

ΑΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ

Πτυχιακή Εργασία

**“ Η Εξαφάνιση των Υπολογιστών ”
Διάχυτος Υπολογισμός**

Αλευράκη Αργυρώ - Ναυσικά
Α.Μ. 1172

Επιβλέπων Καθηγητής:
Αθανάσιος Μαλάμος

Σεπτέμβριος 2010

Πίνακας περιεχομένων

0. Pervasive Computing: Η αφομοίωση των υπολογιστών.....	5
0.1 Εισαγωγή.....	5
0.2 Η “αθέατη” τεχνολογία.....	5
1. Κατανεμημένα Συστήματα.....	7
1.1 Εισαγωγή.....	7
1.2 Παραδείγματα.....	9
1.2.1 Το Διαδίκτυο.....	9
1.2.2 Το Ενδοδίκτυο.....	10
1.2.3 Κινητός και Πανταχού Παρών Υπολογισμός.....	11
2. Κινητός και Πανταχού Παρών Υπολογισμός.....	14
2.1 Ο Κινητός Υπολογισμός.....	14
2.2 Ο Πανταχού Παρών Υπολογισμός.....	15
2.3 Ο Φορητός Υπολογισμός.....	16
2.4 Ο Context-aware Υπολογισμός.....	17
3. Ιστορική Αναδρομή.....	18
3.1 Εισαγωγή.....	18
3.2 Οι πρώτες προσπάθειες.....	19
3.3 Οι εξελίξεις τρέχουν.....	21
3.3.1 “24/7/360”.....	21
3.3.2 Δύο φιλοσοφίες.....	21
3.4 Πρακτικές Εφαρμογές.....	21
3.4.1 AT&T.....	22
3.4.1.1 Λογισμικό VNC.....	22
3.4.1.2 VoiceTone.....	23
3.4.1.3 Active Badges vs Bats.....	23
3.4.1.4 Sentient Computing.....	24
3.4.2 XEROX.....	25
3.4.2.1 eTAGS.....	25
3.4.3 MIT.....	26
3.4.3.1 Project Oxygen.....	26
3.4.3.1.1 H21.....	27
3.4.3.1.2 E21.....	27
3.4.3.1.3 N21.....	28
3.4.4 Microsoft.....	28
3.4.4.1 EasyLiving.....	28
3.4.5 IBM.....	29
3.4.5.1 Ψηφιακοί Βοηθοί.....	29
3.4.6 INTEL.....	30
3.4.6.1 MEMS.....	30
3.5 Υπολογιστές του Μέλλοντος.....	32
4. Πτητικά Συστήματα.....	34
4.1 Έξυπνα Διαστήματα.....	34
4.2 Πρότυπο Συσκευών.....	36
4.2.1 Ζητήματα.....	36
4.2.1a Περιορισμένη ενέργεια.....	36

4.2.1β	Περιορισμοί των πόρων.....	36
4.2.1γ	Αισθητήρες και Ενεργοποιητές.....	36
4.2.2	Παραδείγματα.....	37
4.2.2α	Κόκκοι.....	37
4.2.2β	Τηλέφωνα με κάμερα.....	37
4.3	Πτητική Συνδετικότητα.....	38
4.3.1	Αποσύνδεση.....	38
4.3.2	Μεταβλητές Έυρους ζώνης και Λανθάνουσα κατάσταση	
4.4	Αυθόρμητη Λειτουργικότητα.....	39
4.5	Μειωμένη εμπιστοσύνη και προστασία της ιδιωτικής ζωής	40
5.	Ένωση (Association).....	41
5.1	Υπηρεσίες Ανακάλυψης.....	42
5.1.1	Jini.....	47
5.1.2	Συζήτηση των Υπηρεσιών Ανακάλυψης Δικτύων.....	48
5.2	Φυσική ένωση.....	49
5.2.1	Ανθρώπινη εισαγωγή στην ανακάλυψη πεδίου.....	49
5.2.2	Αντίληψη και φυσικά περιορισμένα κανάλια.....	49
5.2.3	Άμεση ένωση.....	50
5.2.3.1	Διεύθυνση – αντίληψη.....	50
5.2.3.2	Φυσικό ερέθισμα.....	50
5.2.3.3	Χρονικός ή Φυσικός συσχετισμός.....	50
5.3	Περίληψη και Προοπτική.....	51
6.	Λειτουργικότητα (Interoperation).....	52
6.1	Data-oriented programming για πτητικά συστήματα.....	53
6.1.1	Συστήματα Γεγονότος.....	54
6.1.2	Πλειάδα χώρων.....	55
6.1.3	Event systems vs Tuple spaces.....	56
6.1.4	Άμεση λειτουργικότητα συσκευών.....	57
6.1.4.1	JetSend.....	57
6.1.4.2	Speakeasy.....	58
6.2	Έμμεσες ενώσεις και μαλακή κατάσταση.....	58
6.3	Περίληψη και προοπτική.....	59
7.	Αντίληψη και context-aware.....	60
7.1	Αισθητήρες.....	60
7.2	Αρχιτεκτονικές αντίληψης.....	61
7.2.1	Αντίληψη στην υποδομή.....	62
7.2.2	Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων.....	64
7.3	Αντίληψη θέσης.....	69
7.3.1	Αρχιτεκτονικές για την αντίληψη θέσης.....	73
7.4	Συστήματα Συναντίληψης.....	74
7.5	Περίληψη και προοπτική.....	74
8.	Ασφάλεια και ιδιωτικό απόρρητο.....	75
8.1	Υπόβαθρο.....	75
8.1.1	Θέματα υλικού.....	75
8.1.2	Νέοι τύποι κατανομής των πόρων.....	76
8.2	Μερικές λύσεις.....	77
8.2.1	Ασφαλής αυθόρμητη ένωση συσκευών.....	77

8.2.2	Επικύρωση βασισμένη στην τοποθεσία.....	81
8.2.3	Προστασία ιδιωτικής ζωής.....	82
8.3	Περίληψη και προοπτική.....	84
9.	Προσαρμογή (Adaptation).....	85
9.1	Context-aware προσαρμογή του περιεχομένου.....	85
9.2	Προσαρμογή στους μεταβαλλόμενους πόρους του συστήματος	
9.2.1	Λειτουργικό σύστημα στήριξης της προσαρμογής στους	
	πηγικούς πόρους.....	88
9.2.2	Εκμεταλλεούμενοι των πόρων των έξυπνων	
	διαστημάτων.....	89
9.3	Περίληψη και προοπτική.....	90
10.	Περιρρέουσα Νοημοσύνη.....	91
10.1	Τεχνουργήματα: οι Δομικοί Λίθοι.....	92
10.2	Συστήματα Διάχυτου Υπολογισμού.....	93
10.3	Ενοποιώντας τα κομμάτια: το Μεσολογισμικό.....	94
10.3.1	Τα Ασύρματα Δίκτυα.....	95
11.	Πεδία Έρευνα.....	97
11.1	Έξυπνη Σκόνη.....	97
11.2	Πληροφορικές συσκευές.....	97
11.3	Φορητοί Υπολογιστές.....	98
11.4	Περιπτωσιολογική μελέτη Cooltown.....	99
11.4.1	Web presences.....	100
11.4.2	Φυσική υπερσύνδεση.....	101
11.4.3	Λειτουργικότητα και το πρωτόκολλο eSquirt.....	104
11.5	Υποστήριξη της Συνεργασίας σε ένα περιβάλλον Περιρρέουσας	
	Νοημοσύνης.....	105
11.5.1	Το Έξυπνο σπίτι.....	106
11.5.2	Ένα σενάριο.....	106
11.6	Συνεργατική Μάθηση σε περιβάλλον Περιρρέουσας	
	Νοημοσύνης.....	108
11.6.1	Ένα σενάριο.....	108
	Βιβλιογραφία.....	111

Κεφάλαιο 0

Pervasive Computing : Η αφομοίωση των υπολογιστών

Εισαγωγή

Σήμερα, η ζωή αναρίθμητων ανθρώπων είναι μοιρασμένη ανάμεσα στον αναλογικό κόσμο της πραγματικότητας και στον ψηφιακό χώρο των υπολογιστών. Καθένας μας δρα και κινείται κάποιες ώρες, όπως και στην "προ PC" εποχή, ενώ κάποιες άλλες αλληλεπιδρά με τον υπολογιστή που περιέχει τα προσωπικά αρχεία του, προγράμματα και ρυθμίσεις, αφιερώνοντας στην αλληλεπίδραση αυτή όλη την προσοχή του. Συνυπάρχοντας για πολλά χρόνια με τους υπολογιστές με αυτό τον τρόπο, μας είναι δύσκολο ή και αδύνατον να φανταστούμε κάτι διαφορετικό. Και όμως! Σύντομα ο αναλογικός κόσμος της πραγματικότητας και ο ψηφιακός θα συνυπάρξουν και θα αφομοιωθούν. Οι υπολογιστές θα είναι ταυτόχρονα πανταχού παρόντες και... αθέατοι, αφού θα χρησιμοποιούμε τις υπηρεσίες τους, χωρίς να νοιαζόμαστε για την ύπαρξή τους, όπως όταν γράφουμε δεν δίνουμε ιδιαίτερη προσοχή στο χαρτί και το στυλό. Κοινές συσκευές, που μας περιβάλλουν, θα αποκτήσουν σημαντικές δυνατότητες υπολογισμών και επικοινωνίας, ενώ πανταχού παρούσα δικτυακή υποδομή θα είναι όπως συμβαίνει σήμερα με το ηλεκτρικό δίκτυο προσβάσιμη απ' οπουδήποτε, θέτοντας στη διάθεσή μας πληροφορίες και υπηρεσίες. Οι άνθρωποι θα πάψουν να αναλώνουν, όπως σήμερα, σημαντικό χρόνο για τον ίδιο τον υπολογιστή, αλλά θα επικοινωνούν με αυτόν με πολύ πιο φυσικό τρόπο απ' ό,τι τώρα (με προφορικό λόγο ή ακόμα και κινήσεις), προκειμένου να του αναθέσουν τη διεκπεραίωση εργασιών ή να λάβουν απαντήσεις. Τέλος, οι υπολογιστές θα αποκτήσουν αντίληψη του γύρω φυσικού χώρου τους, καθώς και των αντικειμένων και των ατόμων που κινούνται σε αυτόν.

Τα ανωτέρω αντιπροσωπεύουν, όπως μπορεί κανείς εύκολα να αντιληφθεί, μία βαθύτατη αλλαγή της σχέσης της τεχνολογίας με τον άνθρωπο και ταυτόχρονα ένα τεχνολογικό κύμα που οι ειδικοί αποκαλούν "Ubiquitous Computing" ή "Pervasive Computing". **"Πατέρας" του Ubiquitous Computing αναγνωρίζεται ευρέως ο Mark Weiser, επιστήμονας του διάσημου ερευνητικού κέντρου PARC της Xerox.** Ο Weiser εισήγαγε τον όρο το 1988 και περιέγραψε έναν κόσμο στον οποίο κάθε άτομο θα είχε στη διάθεση του χιλιάδες διάσπαρτους επικοινωνούντες υπολογιστές. Επισήμανε, δε, ότι η υπολογιστική ισχύς θα αφομοιωνόταν στο υπόβαθρο, μένοντας κρυμμένη από τις αισθήσεις και την προσοχή του κόσμου. Σε ένα κλασικό άρθρο του, με τίτλο "The Coming Age of Calm Technology" ο Weiser προέβλεπε το 1996 ότι το Ubiquitous Computing θα υπερκεράσει το Personal Computing κάποια στιγμή ανάμεσα στο 2005 και το 2020. Αυτή τη στιγμή, όμως, το Ubiquitous Computing αποτελεί το πιο "hot item" της βιομηχανίας πληροφορικής, γεγονός που στοιχειοθετεί την άποψη ότι οι εξελίξεις θα επιταχυνθούν σημαντικά σε σχέση με τις προαναφερόμενες προβλέψεις.

Η "αθέατη" τεχνολογία

Είναι αδιαμφισβήτητο γεγονός, σχεδόν αυταπόδεικτο, ότι οι σημαντικότερες και πλέον χρήσιμες τεχνολογίες είναι αυτές που θεωρούμε δεδομένες, αυτές δηλαδή που τις χρησιμοποιούμε ευρέως χωρίς να συνειδητοποιούμε καν την ύπαρξή τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιας τεχνολογίας αποτελούν τα γυαλιά μυωπίας: κοιτάζουμε ανάμεσά τους χωρίς να προσέχουμε καν την ύπαρξή τους. Ένα άλλο παράδειγμα αποτελεί η γραφή, η πρώτη τεχνολογία διάδοσης και αποθήκευσης πληροφοριών. Η συνεχής παρουσία της γραφής βρίσκεται στο φόντο της

ανθρώπινης δραστηριότητας και δεν απαιτεί την ενεργό προσοχή μας. Το εντελώς αντίθετο, όμως, συμβαίνει σήμερα με την τεχνολογία της πληροφορίας, που βασίζεται στους υπολογιστές. Κάθε χρήστης έχει με το PC του σχέση άμεση, βαθιά και αποκλειστική και αλληλεπιδρά μαζί του αφιερώνοντας όλη την προσοχή του. Ακόμα χειρότερα, σημαντικό τμήμα της αλληλεπίδρασης αυτής καταλαμβάνει η διεκπεραίωση λειτουργιών που αφορούν στον ίδιο τον υπολογιστή: αναβάθμιση, εγκατάσταση προγραμμάτων και εκμάθηση, εκσφαλμάτωση και βελτιστοποίηση της λειτουργίας. Και όμως, αυτό που θέλει ο χρήστης τις περισσότερες φορές είναι μόνο οι απαντήσεις στα ερωτήματά του!

Ως συνέπεια των ανωτέρω, κερδίζει έδαφος η ιδέα ότι ο ρόλος του υπολογιστή έχει παρεξηγηθεί και κινείται σε λάθος πλαίσια. Ήδη σημαντικές προσπάθειες και επενδύσεις αφιερώνονται από μεγάλες εταιρείες και ερευνητικά ιδρύματα στην ανάπτυξη νέων μορφών υπολογιστών, που θα συνδυάζονται και θα αλληλοεπιδρούν με το φυσικό ανθρώπινο περιβάλλον, σε τέτοιο βαθμό ώστε, τελικά, να αποτελέσουν αναπόσπαστο μέρος του. Η "εξαφάνιση" των υπολογιστών αποτελεί θεμελιώδη συνέπεια όχι της τεχνολογίας αλλά της ανθρώπινης συμπεριφοράς και ψυχολογίας. Έτσι, όποτε οι άνθρωποι εξοικειώνονται επαρκώς με κάτι, παύουν να το αναγνωρίζουν. Για παράδειγμα, όταν κοιτάμε κάποια πινακίδα στο δρόμο, η πληροφορία που αναγράφεται, απορροφάται χωρίς ο άνθρωπος να εκτελεί συνειδητά την πράξη της ανάγνωσής της. **Μόνο όταν οι υπολογιστές "εξαφανιστούν" κατά παρόμοιο τρόπο από την ανθρώπινη συνείδηση, θα έχουμε επιτύχει το στόχο της πλήρους ενσωμάτωσής τους στην καθημερινότητά μας.** Η ιδέα της ενσωμάτωσης των υπολογιστών στο φυσικό κόσμο μας ονομάζεται Ubiquitous ή Pervasive Computing. Σε ελεύθερη απόδοση, ο όρος εκφράζει τον πανταχού παρόντα υπολογιστή που θα προσφέρει τις υπηρεσίες του χωρίς ο χρήστης να γνωρίζει καν την ύπαρξή του.

Κεφάλαιο 1

Κατανεμημένα συστήματα

Ένα κατανεμημένο σύστημα είναι ένα σύστημα του οποίου τα συστατικά που βρίσκονται στους δικτυωμένους υπολογιστές, επικοινωνούν και συντονίζουν τις ενέργειές τους μόνο με τη διάβαση των μηνυμάτων.

Αυτός ο καθορισμός οδηγεί στα ακόλουθα χαρακτηριστικά των κατανεμημένων συστημάτων:

συναγωνισμός των συστατικών (*Concurrency*),
έλλειψη ενός σφαιρικού ρολογιού (*No global clock*) και
ανεξάρτητες αποτυχίες των συστατικών (*Independent failures*).

Δίνουμε τρία παραδείγματα των κατανεμημένων συστημάτων:

- Το Διαδίκτυο,
- Ένα ενδοδίκτυο, το οποίο είναι μια μερίδα του Διαδικτύου διοικούμενου από μια οργάνωση,
- Ο κινητός και διάχυτος υπολογισμός.

Η διανομή των πόρων είναι ένα κύριο κίνητρο για την κατασκευή των κατανεμημένων συστημάτων. Οι πόροι μπορούν να ρυθμιστούν από τους κεντρικούς υπολογιστές και να προσεγγιστούν από τους πελάτες ή μπορούν να τοποθετηθούν ως αντικείμενα και να προσεγγιστούν από άλλα αντικείμενα πελατών. Ο ιστός (Web) θεωρείται ως ένα παράδειγμα διανομής των πόρων και των κύριων χαρακτηριστικών που εισάγονται.

Οι προκλήσεις που προκύπτουν από την κατασκευή των κατανεμημένων συστημάτων είναι

η ετερογένεια των συστατικών του,
η ειλικρίνεια, η οποία επιτρέπει στα συστατικά να προστεθούν ή να αντικατασταθούν,
η ασφάλεια,
η εξέλιξη – η δυνατότητα να εργαστεί καλά όταν αυξάνεται ο αριθμός χρηστών – ο χειρισμός αποτυχίας,
ο συναγωνισμός των συστατικών και
η διαφάνεια.

1.1 Εισαγωγή

Δίκτυα υπολογιστών είναι παντού. Το Διαδίκτυο είναι ένα, όπως είναι τα περισσότερα δίκτυα από τα οποία αποτελείται κιάλας. Κινητά τηλεφωνικά δίκτυα, εταιρικά δίκτυα, δίκτυα εργοστασίων, δίκτυα πανεπιστημιούπολεων, εγχώρια δίκτυα, in-car δίκτυα, όλα αυτά, μαζί, χωριστά και σε συνδυασμό, μοιράζονται τα ουσιαστικά χαρακτηριστικά που τους κάνουν σχετικά θέματα για μελέτη στο πλαίσιο των *κατανεμημένων συστημάτων*. Συγκεκριμένα στοχεύουμε να εξηγήσουμε τα χαρακτηριστικά των δικτυωμένων υπολογιστών που προσκρούουν στους σχεδιαστές και τους εφαρμοστές συστημάτων και να παρουσιάσουμε τις κύριες έννοιες και τις τεχνικές που έχουν αναπτυχθεί για να βοηθήσουν στους στόχους και τα συστήματα που είναι βασισμένα σε αυτές.

Ός κατανεμημένο σύστημα, καθορίζουμε ένα σύστημα του οποίου τα τμήματα υλικού ή λογισμικού, που βρίσκονται στους δικτυωμένους υπολογιστές, επικοινωνούν και συντονίζουν τις ενέργειές τους μόνο με τη διάβαση μηνυμάτων. Αυτός ο απλός καθορισμός καλύπτει την ολόκληρη σειρά των συστημάτων στην οποία οι δικτυωμένοι υπολογιστές μπορούν ωφέλιμα να επεκταθούν.

Οι υπολογιστές που είναι συνδεδεμένοι σε ένα δίκτυο μπορούν να χωριστούν στο χώρο από οποιαδήποτε απόσταση. Μπορεί να είναι σε ξεχωριστές ηπείρους, στο ίδιο κτήριο ή στο ίδιο δωμάτιο. Ο καθορισμός καταναμημένων συστημάτων μας, έχει τις ακόλουθες σημαντικές συνέπειες:

Συναγωνισμός (Concurrency): Σε ένα δίκτυο υπολογιστών, η ταυτόχρονη εκτέλεση προγράμματος είναι ο κανόνας. Μπορώ να κάνω την εργασία μου στον υπολογιστή μου ενώ κάνετε την εργασία σας στους δικούς σας, μοιράζοντας τους πόρους ή τα αρχεία ιστοσελίδας όταν χρειάζεται. Η ικανότητα του συστήματος να αντιμετωπιστούν οι κοινοί πόροι μπορεί να αυξηθεί με την προσθήκη περισσότερων πόρων (παραδείγματος χάριν, υπολογιστές) στο δίκτυο. Θα περιγράψουμε τους τρόπους στους οποίους αυτή η πρόσθετη ικανότητα μπορεί να επεκταθεί ωφέλιμα σε πολλά σημεία. Ο συντονισμός ταυτόχρονης εκτέλεσης προγραμμάτων που μοιράζονται τους πόρους είναι επίσης ένα σημαντικό και επαναλαμβανόμενο θέμα.

Κανένα σφαιρικό ρολόι (No global clock): Όταν τα προγράμματα πρέπει να συνεργαστούν συντονίζουν τις ενέργειες τους με την ανταλλαγή των μηνυμάτων. Η στενή συνεργασία εξαρτάται συχνά από μια κοινή ιδέα του χρόνου στον οποίο οι ενέργειες προγραμμάτων εμφανίζονται. Αλλά αν και βγάζει ότι υπάρχουν όρια στην ακρίβεια με την οποία, οι υπολογιστές σε ένα δίκτυο μπορούν να συγχρονίσουν τα ρολόγια τους – δεν υπάρχει ούτε μια σφαιρική έννοια του σωστού χρόνου. Αυτό είναι μια άμεση συνέπεια του γεγονότος ότι η μόνη επικοινωνία είναι με την αποστολή των μηνυμάτων μέσω ενός δικτύου.

Ανεξάρτητες αποτυχίες (Independent failures): Όλα τα συστήματα υπολογιστών μπορούν να αποτύχουν και είναι ευθύνη των σχεδιαστών συστημάτων να προγραμματίσουν για τις συνέπειες των πιθανών αποτυχιών. Τα καταναμημένα συστήματα μπορούν να αποτύχουν με τους νέους τρόπους. Ελαττώματα στο δίκτυο αποτελεσμάτων των υπολογιστών οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι σε αυτό, χωρίς να σημαίνει ότι σταματούν να τρέχουν. Στην πραγματικότητα τα προγράμματα τους μπορεί να μην είναι σε θέση να ανιχνεύσουν εάν το δίκτυο έχει αποτύχει ή έχει γίνει κατ'ασυνήθιστο τρόπο αργό. Ομοίως, η αποτυχία ενός υπολογιστή, ή η απροσδόκητη λήξη ενός προγράμματος κάπου στο σύστημα (μια συντριβή) δεν γνωστοποιείται αμέσως στα άλλα συστατικά με τα οποία επικοινωνεί. Κάθε συστατικό του συστήματος μπορεί να αποτύχει ανεξάρτητα, αφήνοντας τα άλλα ακόμα να λειτουργούν.

Το κίνητρο για την κατασκευή και τη χρησιμοποίηση των καταναμημένων συστημάτων προέρχεται από μια επιθυμία να μοιράζονται οι πόροι. Ο όρος πόρος 'resource' είναι μάλλον αφηρημένος, αλλά καλύτερα χαρακτηρίζει τη σειρά των πραγμάτων που μπορεί ωφέλιμα να μοιραστεί σε ένα δικτυωμένο συγκρότημα ηλεκτρονικών υπολογιστών. Επεκτείνεται από τα τμήματα υλικού όπως οι δίσκοι και οι εκτυπωτές στις λογισμικό-καθορισμένες οντότητες όπως τα αρχεία, οι βάσεις δεδομένων και τα αντικείμενα, στοιχείων όλων των ειδών. Περιλαμβάνει το ρεύμα των τηλεοπτικών πλαισίων που προκύπτει από μία ψηφιακή video κάμερα και την ακουστική σύνδεση την οποία ένα κινητό τηλέφωνο αντιπροσωπεύει.

Ο σκοπός αυτού του κεφαλαίου είναι να μεταβιβαστεί μια σαφής άποψη της φύσης των καταναμημένων συστημάτων και των προκλήσεων που πρέπει να εξεταστούν προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι είναι επιτυχείς.

Η παράγραφος 1.2 δίνει μερικά βασικά παραδείγματα των καταναμημένων συστημάτων, τα συστατικά από τα οποία κατασκευάζονται και ο σκοπός τους.

1.2 Παραδείγματα των κατακεμημένων συστημάτων

Τα παραδείγματά μας είναι βασισμένα στα γνωστά και ευρέως χρησιμοποιημένα δίκτυα υπολογιστών:

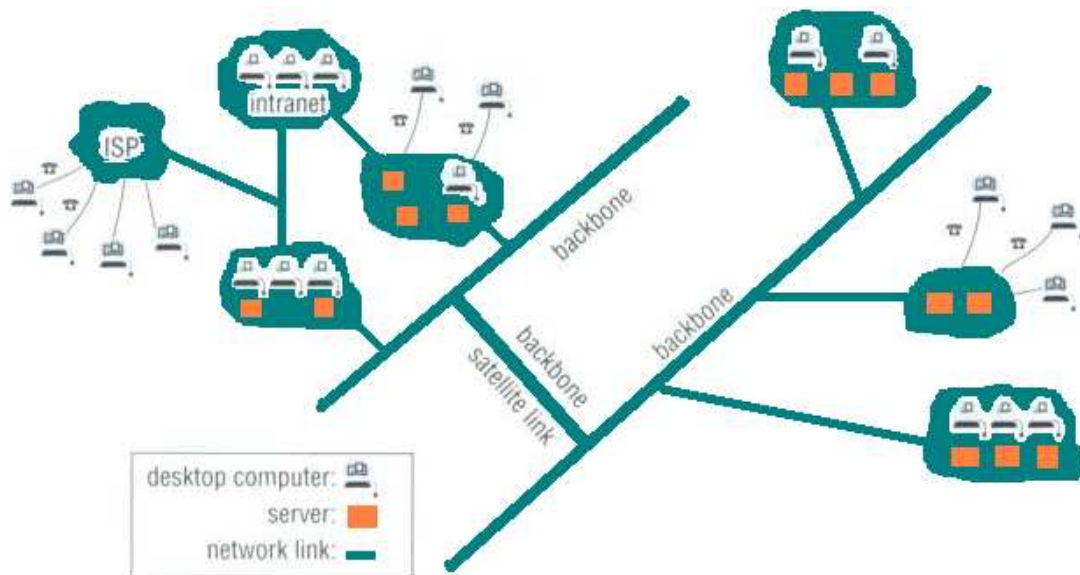
the Internet,
intranets and
the emerging technology of networks based on mobile devices.

Έχουν ως σκοπό να εξηγήσουν το ευρύ φάσμα των υπηρεσιών και των εφαρμογών που υποστηρίζονται από τα δίκτυα υπολογιστών και να αρχίσουν τη συζήτηση των τεχνικών ζητημάτων που κρύβονται κάτω από την εφαρμογή τους.

1.2.1 Το Διαδίκτυο (The Internet)

Το Διαδίκτυο είναι μια απέραντη διασυνδεμένη συλλογή από δίκτυα υπολογιστών πολλών διαφορετικών τύπων.

Το **σχήμα 1.1** επεξηγεί μια χαρακτηριστική μερίδα του Διαδικτύου.



Σχήμα 1.1 Χαρακτηριστικό παράδειγμα του Internet

Προγράμματα που τρέχουν για τους υπολογιστές που είναι συνδεδεμένοι στο διαδίκτυο αλληλεπιδρούν με τη διάβαση των μηνυμάτων, υιοθετώντας έναν κοινό τρόπο επικοινωνίας. Το σχέδιο και η κατασκευή των μηχανισμών επικοινωνίας Διαδικτύου (τα πρωτόκολλα Διαδικτύου) είναι ένα σημαντικό τεχνικό επίτευγμα, που επιτρέπει σε ένα πρόγραμμα να τρέχει οπουδήποτε.

Το Διαδίκτυο είναι επίσης ένα πολύ μεγάλο κατακεμημένο σύστημα. Επιτρέπει στους χρήστες, οπουδήποτε και αν βρίσκονται, να χρησιμοποιήσουν τις υπηρεσίες όπως το World Wide Web, την μεταφορά του ηλεκτρονικού τους ταχυδρομείου και αρχείων. (Πράγματι, ο Ιστός (Web) μερικές φορές ανακριβώς εξισώνεται με το Διαδίκτυο (Internet)). Το σύνολο υπηρεσιών που παρέχεται είναι απέραντο – και επιπλέον επεκτάσιμο με την προσθήκη κεντρικών υπολογιστών και νέων τύπων υπηρεσιών. Το σχήμα παρουσιάζει μια συλλογή των υποδικτύων – intranets που χρησιμοποιούνται από τις επιχειρήσεις και άλλους οργανισμούς. Οι Φορείς παροχής υπηρεσιών Διαδικτύου (Internet Service Providers -ISPs) είναι εταιρείες οι οποίες παρέχουν συνδέσεις με modem και άλλους τύπους συνδέσεων

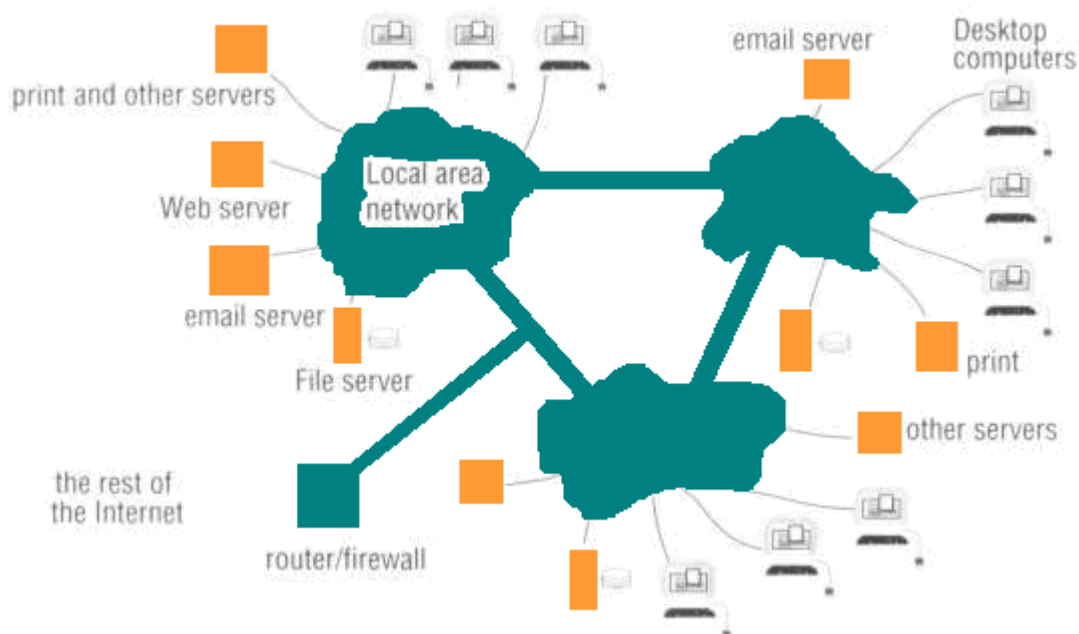
στους μεμονωμένους χρήστες και τις μικρές οργανώσεις, επιτρέποντας τους να έχουν πρόσβαση στις υπηρεσίες οπουδήποτε στο Internet καθώς επίσης και παρέχοντας τοπικές υπηρεσίες όπως είναι το email και το web hosting. Τα intranets συνδέονται μέσω ραχοκοκαλιάς (backbones). Μια σπονδυλική στήλη-ραχοκοκαλιά είναι μια σύνδεση δικτύων με μια υψηλή ικανότητα μετάδοσης, χρησιμοποιώντας τις δορυφορικές συνδέσεις, τα οπτικά καλώδια ινών και άλλα κυκλώματα υψηλού-εύρους ζώνης.

Οι υπηρεσίες πολυμέσων είναι διαθέσιμες στο Διαδίκτυο, επιτρέποντας στους χρήστες να έχουν πρόσβαση στα ακουστικά και τηλεοπτικά στοιχεία συμπεριλαμβανομένων των ράδιο και τηλεοπτικών καναλιών μουσικής. Επιτρέπουν επίσης τους χρήστες να οργανώνουν το τηλέφωνο και τις τηλεοπτικές διασκέψεις τους. Η ικανότητα του Διαδικτύου να χειριστεί τις ειδικές απαιτήσεις επικοινωνίας των στοιχείων πολυμέσων είναι αυτήν την περίοδο αρκετά περιορισμένη επειδή δεν παρέχονται οι απαραίτητες εγκαταστάσεις για να διατηρηθεί η ικανότητα δικτύωσης σε μεμονωμένα ρεύματα των στοιχείων.

Η εφαρμογή του Διαδικτύου και των υπηρεσιών που υποστηρίζει συνεπάγεται στην ανάπτυξη των πρακτικών λύσεων σε πολλά διανεμημένα ζητήματα συστημάτων.

1.2.2 Το Ενδοδίκτυο (Intranet)

Ένα ενδοδίκτυο είναι μια μερίδα του Διαδικτύου που αντιμετωπίζεται χωριστά και έχει ένα όριο που μπορεί να διαμορφωθεί για να επιβάλει τις τοπικές πολιτικές ασφάλειας. Το **σχήμα 1.2** παρουσιάζει ένα χαρακτηριστικό ενδοδίκτυο. Αποτελείται από διάφορα δίκτυα τοπικής περιοχής (LANs) που συνδέονται από τη σύνδεση σπονδυλικών στήλων. Η διαμόρφωση δικτύων ενός ιδιαίτερου ενδοδικτύου είναι ευθύνη της οργάνωσης που την διαχειρίζεται και μπορεί να ποικίλει ευρέως – να κυμανθεί από το τοπικό LAN μιας ενιαίας περιοχής σε ένα συνδεδεμένο σύνολο LANs που ανήκει στους κλάδους μιας επιχείρησης ή άλλης οργάνωσης σε διαφορετικές χώρες.



Σχήμα 1.2 Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα Intranet

Ένα ενδοδίκτυο συνδέεται με το Διαδίκτυο μέσω ενός δρομολογητή, ο οποίος επιτρέπει στους χρήστες μέσα στο ενδοδίκτυο να χρησιμοποιούν τις

υπηρεσίες, παντού, όπως ο Ιστός ή το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο. Επιτρέπει επίσης στους χρήστες σε άλλα intranets να έχουν πρόσβαση στις υπηρεσίες που παρέχει. Πολλοί οργανισμοί πρέπει να προστατεύσουν τις υπηρεσίες τους από αναρμόδια χρήση από τους ενδεχομένως κακόβουλους χρήστες. Παραδείγματος χάριν, μια επιχείρηση δεν θα θελήσει οι ασφαλείς πληροφορίες της να είναι προσιτές σε χρήστες ανταγωνιστικών οργανώσεων, και ένα νοσοκομείο δεν θα θελήσει ευαίσθητα στοιχεία ασθενών να αποκαλυφθούν. Οι επιχειρήσεις θέλουν επίσης να προστατευθούν από τα επιβλαβή προγράμματα όπως οι ιοί που εισάγουν και που επιτίθενται στους υπολογιστές στο ενδοδίκτυο και ενδεχομένως καταστρέφουν πολύτιμα στοιχεία.

Ο ρόλος ενός *firewall* είναι να προστατεύσει ένα ενδοδίκτυο με την παρεμπόδιση των αναρμόδιων μηνυμάτων. Ένα firewall εφαρμόζεται με το να φιλτράρει εισερχόμενα και εξερχόμενα μηνύματα, παραδείγματος χάριν σύμφωνα με την πηγή ή τον προορισμό τους. Για παράδειγμα, ένα firewall μπορεί να επιτρέψει μόνο εκείνα τα μηνύματα που είναι σχετικά με το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και την πρόσβαση Ιστού από το ενδοδίκτυο που προστατεύει.

Μερικοί οργανισμοί δεν επιθυμούν να συνδέσουν τα εσωτερικά δίκτυα τους με το Διαδίκτυο, καθόλου. Παραδείγματος χάριν, η αστυνομία και άλλες αντιπροσωπείες επιβολής νόμου είναι πιθανό να έχουν τουλάχιστον μερικά εσωτερικά δίκτυα που είναι απομονωμένα από τον εξωτερικό κόσμο. Μερικές στρατιωτικές οργανώσεις αποσυνδέουν τα εσωτερικά δίκτυά τους από το Διαδίκτυο κατά περιόδους πολέμου. Αλλά ακόμη και εκείνες οι οργανώσεις θα επιθυμήσουν να ωφεληθούν από την τεράστια κάλυψη του λογισμικού εφαρμογής και συστημάτων που χρησιμοποιούν τα πρωτόκολλα επικοινωνίας Διαδικτύου. Η λύση που υιοθετείται συνήθως από τέτοιους οργανισμούς είναι να ενεργοποιηθεί ένα ενδοδίκτυο όπως περιγράφεται ανωτέρω, αλλά χωρίς τις συνδέσεις στο Διαδίκτυο. Ένα τέτοιο ενδοδίκτυο μπορεί να διανείμει με το firewall, ή για να το πούμε διαφορετικά, έχει το αποτελεσματικότερο firewall που είναι δυνατό – με απουσία οποιονδήποτε φυσικών συνδέσεων στο Διαδίκτυο. Τα κύρια ζητήματα που προκύπτουν στο σχέδιο των συστατικών για τη χρήση στα intranets είναι:

- Οι υπηρεσίες αρχείων απαιτούνται για να επιτρέψουν στους χρήστες να μοιράζονται τα δεδομένα.
- Τα Firewalls τείνουν να εμποδίσουν τη νόμιμη πρόσβαση στις υπηρεσίες – όταν ο πόρος που μοιράζεται μεταξύ των εσωτερικών και εξωτερικών χρηστών απαιτείται, τα firewalls πρέπει να συμπληρωθούν με την χρήση μηχανισμών fine-grained ασφάλειας.
- Το κόστος της εγκατάστασης και της στήριξης λογισμικού είναι ένα σημαντικό ζήτημα. Αυτές οι δαπάνες μπορούν να μειωθούν με την χρήση των αρχιτεκτονικών συστημάτων όπως οι υπολογιστές δικτύων και οι “λεπτοί πελάτες”.

1.2.3 Κινητός και πανταχού παρών υπολογισμός (Mobile and ubiquitous computing)

Η εξέλιξη της τεχνολογίας στη μικρογράφηση συσκευών και την ασύρματη δικτύωση έχουν οδηγήσει όλο και περισσότερο στην ένταξη των μικρών και φορητών συσκευών υπολογισμού στα καταναμεμημένα συστήματα.

Αυτές οι συσκευές περιλαμβάνουν:

- Φορητούς υπολογιστές (Laptop).
- Φορητές συσκευές, συμπεριλαμβανομένων των προσωπικών ψηφιακών βοηθών (PDAs), κινητά τηλέφωνα, μπίπερ, τηλεοπτικές φωτογραφικές μηχανές και ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές.

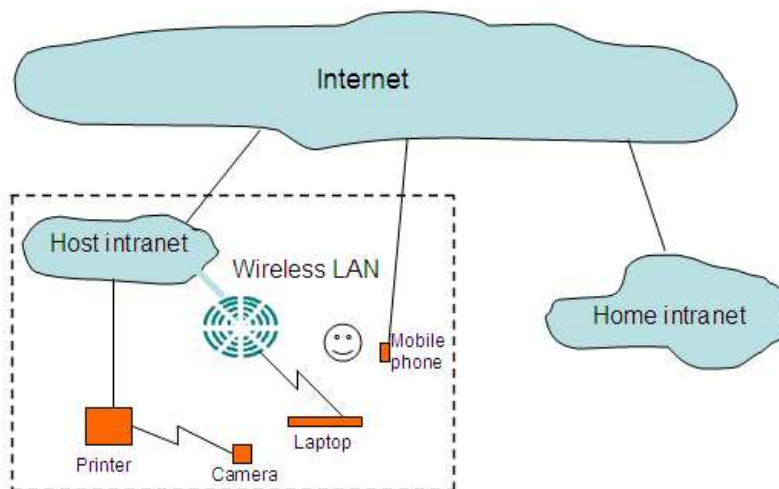
- Φορητές συσκευές, όπως τα έξυπνα ρολόγια με τη λειτουργία παρόμοια με το PDA.
- Συσκευές που ενσωματώνονται στις συσκευές όπως τα πλυντήρια ρούχων, τα υψηλής πιστότητας συστήματα, τα αυτοκίνητα και τα ψυγεία.

Η φορητότητα των περισσότερων συσκευών, μαζί με τη δυνατότητά τους να συνδεθούν με δίκτυα σε διαφορετικά σημεία, καθιστά τον κινητό υπολογισμό πιθανό. Ο κινητός υπολογισμός (επίσης αποκαλούμενος *νομαδικός υπολογισμός* [Kleinrock, 1997]) είναι η απόδοση του υπολογισμού των στόχων ενώ ο χρήστης είναι σε κίνηση, ή σε θέση επίσκεψης εκτός από το συνηθισμένο περιβάλλον του. Στον κινητό υπολογισμό, στους χρήστες που βρίσκονται μακριά από το "δικό" τους ενδοδίκτυο (το ενδοδίκτυο στην εργασία, ή στην κατοικία τους) τους παρέχεται ακόμα η πρόσβαση στους πόρους μέσω των συσκευών που φέρνουν μαζί τους. Μπορούν να συνεχίσουν να έχουν πρόσβαση στο Διαδίκτυο, μπορούν να συνεχίσουν να έχουν πρόσβαση στους πόρους στο εγχώριο ενδοδίκτυό τους και υπάρχει αυξανόμενη παροχή για τους χρήστες να χρησιμοποιήσουν τους πόρους όπως οι εκτυπωτές που είναι κοντινοί καθώς κινούνται γύρω. Το τελευταίο είναι επίσης γνωστό ως *location-aware* ή *context-aware computing*.

Ο Πανταχού παρών υπολογισμός (Ubiquitous computing [Weiser, 1993]) είναι η εκμετάλλευση πολλών μικρών, φτηνών υπολογιστικών συσκευών που είναι παρούσες στα φυσικά περιβάλλοντα των χρηστών, συμπεριλαμβανομένου του σπιτιού, του γραφείου, ακόμη και των φυσικών τοποθετήσεων. Ο όρος 'ubiquitous' προορίζεται να προτείνει ότι οι μικρές συσκευές υπολογισμού θα γίνουν τελικά τόσο κυρίαρχες στα καθημερινά αντικείμενα που παρατηρούνται μόλις και μετά βίας. Δηλαδή η υπολογιστική συμπεριφορά τους διαφανώς και στενά θα σχετιστεί με τη φυσική λειτουργία τους.

Η παρουσία υπολογιστών παντού γίνεται χρήσιμη μόνο όταν μπορούν να επικοινωνήσουν με έναν άλλον. Παραδείγματος χάριν, θα ήταν βολικό για τους χρήστες να ελέγχουν το πλυντήριο ρούχων τους και το hi-fi σύστημα τους από μία 'universal remote control' σύσκευή στο σπίτι. Εξίσου, το πλυντήριο ρούχων θα μπορούσε να ενημερώνει τον χρήστη μέσω ενός έξυπνου διακριτικού ότι τελείωσε η πρώτη πλύση.

Ο πανταχού παρών και ο κινητός υπολογισμός έρχονται στο προσκήνιο δεδομένου ότι ο κινητός χρήστης μπορεί σε γενικές γραμμές να ωφεληθεί από τους υπολογιστές που είναι παντού. Αλλά είναι ευδιάκριτοι, γενικά. Ο πανταχού παρών υπολογισμός θα μπορούσε να ωφελήσει τους χρήστες ενώ παραμένουν σε ένα ενιαίο περιβάλλον όπως είναι το σπίτι ή ένα νοσοκομείο. Ομοίως, ο κινητός υπολογισμός έχει πλεονεκτήματα ακόμα κι αν περιλαμβάνει μόνο συμβατικούς, ιδιαίτερους υπολογιστές και συσκευές όπως laptops και εκτυπωτές.



Σχήμα 1.3 Φορητές συσκευές σε ένα κατακεντρωμένο σύστημα

Το **σχήμα 1.3** παρουσιάζει έναν χρήστη που επισκέπτεται έναν τοπικό οργανισμό. Το σχήμα δείχνει του χρήστη το εγχώριο ενδοδίκτυο και το ενδοδίκτυο οικοδεσποτών το οποίο επισκέπτεται αυτός ο χρήστης. Και τα δύο intranets συνδέονται με το υπόλοιπο του Διαδικτύου.

Ο χρήστης έχει πρόσβαση σε τρεις μορφές ασύρματης σύνδεσης. Το laptop του συνδέεται με το ασύρματο τοπικό LAN του οικοδεσπότη. Αυτό το δίκτυο παρέχει την κάλυψη μερικών εκατοντάδων μέτρων (ένα πάτωμα ενός κτηρίου, για παράδειγμα). Συνδέεται με το υπόλοιπο του ενδοδικτύου οικοδεσποτών μέσω μιας πύλης. Ο χρήστης έχει επίσης ένα κινητό (cellular) τηλέφωνο, το οποίο είναι συνδεδεμένο με το Internet. Το τηλέφωνο έχει πρόσβαση στις σελίδες απλών πληροφοριών, το οποίο παρουσιάζεται σε μία μικρή οθόνη. Τέλος, ο χρήστης έχει μια ψηφιακή camera, ή οποία μπορεί να επικοινωνήσει πέρα από ένα προσωπικό ασύρματο δίκτυο περιοχής (με κάλυψη μέχρι περίπου 10 μ) με μια συσκευή όπως ένας εκτυπωτής.

Με μια κατάλληλη υποδομή συστημάτων, ο χρήστης μπορεί να εκτελέσει μερικούς απλούς στόχους στην περιοχή χρησιμοποιώντας τις συσκευές που φέρει. Ταξιδεύοντας στην περιοχή, ο χρήστης μπορεί να προσκομίσει τις πιο πρόσφατες τιμές αποθεμάτων από έναν κεντρικό υπολογιστή δικτύου χρησιμοποιώντας το κινητό τηλέφωνο. Κατά τη διάρκεια της συνεδρίασης με τους οικοδεσπότες τους, ο χρήστης μπορεί να τους παρουσιάσει πρόσφατη φωτογραφία με το να στείλει από την ψηφιακή φωτογραφική μηχανή άμεσα σε έναν κατάλληλο εκτυπωτή στην αίθουσα συνεδριάσεων. Αυτό απαιτεί μόνο την ασύρματη σύνδεση μεταξύ της φωτογραφικής μηχανής και του εκτυπωτή. Και μπορεί σε γενικές γραμμές να στείλει ένα έγγραφο από το lap-top του στον ίδιο εκτυπωτή, που χρησιμοποιεί το ασύρματο τοπικό LAN και τις συνδεδεμένες με καλώδιο συνδέσεις Ethernet με τον εκτυπωτή.

Ο κινητός και πανταχού παρών υπολογισμός είναι ένας ζωηρός τομέας της έρευνας και αποτελεί το αντικείμενο του επόμενου κεφαλαίου.

Κεφάλαιο 2

Mobile and ubiquitous computing

Ο κινητός και πανταχού παρών υπολογισμός (mobile and ubiquitous computing) έχει βγει στο προσκύνειο λόγω της μικρογράφησης συσκευών και της ασύρματης συνδετικότητας. Μιλώντας γενικά, ο κινητός υπολογισμός ενδιαφέρεται για την εκμετάλλευση της συνεκτικότητας των συσκευών που κινούνται γύρω στον καθημερινό φυσικό κόσμο και ο πανταχού παρών υπολογισμός αναφέρεται στην εκμετάλλευση της αυξανόμενης ολοκλήρωσης των συσκευών υπολογισμού με τον καθημερινό φυσικό κόσμο μας. Δεδομένου ότι οι συσκευές γίνονται μικρότερες, είμαστε ικανότεροι στο να τις φέρουμε γύρω μας ή να τις φορέσουμε, και γενικά μπορούμε να τις ενσωματώσουμε σε πολλά μέρη του φυσικού κόσμου – όχι μόνο στον εξοικειωμένο υπολογιστή γραφείου ή σε ένα ράφι κεντρικών υπολογιστών. Και καθώς η ασύρματη συνδετικότητα γίνεται πió επικρατέστερη, είμαστε περισσότερο ικανοί να συνδέσουμε αυτές τις κανουργιές, μικρές συσκευές μεταξύ τους και με τους συμβατικούς προσωπικούς υπολογιστές και τους υπολογιστές κεντρικών υπολογιστών. Αυτό το κεφάλαιο ερευνά τις πτυχές του κινητού υπολογισμού και του πανταχού παρών υπολογισμού. Το κεφάλαιο επικεντρώνεται στις κοινές ιδιότητές τους, και στις διαφορές που μοιράζονται από τα συμβατικότερα καταναμημένα συστήματα.

2.1 Κινητός υπολογισμός (Mobile computing)

Ο κινητός υπολογισμός προέκυψε ως παράδειγμα στο οποίο οι χρήστες θα μπορούσαν να φέρουν τους προσωπικούς υπολογιστές τους και να διατηρήσουν κάποια συνδετικότητα με άλλες μηχανές. Περίπου το 1980 έγινε δυνατό να δημιουργηθούν οι προσωπικοί υπολογιστές, οι οποίοι ίσα που ήταν ελαφριοί για να μεταφέρονται και οι οποίοι μπορούσαν να συνδεθούν με άλλους υπολογιστές μέσω τηλεφωνικών γραμμών με το κατάλληλο μόντεμ. Η Τεχνολογική εξέλιξη έχει οδηγηθεί λίγο πολύ στην ίδια ιδέα αλλά με μακράν καλύτερη λειτουργία και απόδοση:

το παρόν αντίτιμο είναι ένα laptop ή ένας μικρότερος υπολογιστής τύπου notebook, με συνδυασμούς από ασύρματη σύνδεση συμπεριλαμβανομένων των υπέρυθρων ακτίνων, WiFi, Bluetooth και GPRS ή 3G τεχνολογίες τηλεπικοινωνιών.

Μια διαφορετική πορεία της τεχνολογικής εξέλιξης έχει οδηγήσει στο φορητό υπολογισμό (handheld computing): η χρήση των συσκευών που ταιριάζουν στο χέρι, συμπεριλαμβανομένων των προσωπικών ψηφιακών βοηθών (PDAs), τα κινητά τηλέφωνα και άλλες πιο εξειδικευμένες συσκευές "χεριού". Τα PDAs είναι γενικής χρήσης υπολογιστές ικανοί για πολλούς διαφορετικούς τύπους εφαρμογών, αλλά συγκρινόμενα με τα laptops και τα notebooks, έχουν το μικρότερο μέγεθος και δύναμη μπαταριών όπως επίσης και περιορισμένη δύναμη επεξεργασίας, μια μικρότερη οθόνη και άλλους περιορισμούς στους πόρους. Όμως, οι κατασκευαστές εξοπλίζουν όλο και περισσότερα PDAs με την ίδια κάλυψη της ασύρματης συνδετικότητας με τα laptops και τα notebooks.

Μια ενδιαφέρουσα τάση στο φορητό υπολογισμό είναι το θόλωμα των διακρίσεων μεταξύ των PDAs, των κινητών τηλεφώνων και των κατασκευασμένων επί τούτου φορητών συσκευών όπως οι κάμερες. Διάφοροι τύποι κινητών τηλεφώνων έχουν την λειτουργικότητα των PDA δουλεύοντας με Linux, Symbian ή της Microsoft Smartphone λειτουργικά συστήματα. Τα PDAs και τα κινητά τηλέφωνα μπορούν να εξοπλιστούν με κάμερες, barcode-readers και άλλου τύπου εξειδικευμένων συνδέσεων, κάνοντας τα μια εναλλακτική λύση για την δημιουργία φορητών συσκευών. Παραδείγματος χάριν, ένας χρήστης που θέλει να πάρει ψηφιακές φωτογραφίες μπορεί να χρησιμοποιήσει για τον λόγο αυτό μία κάμερα,

ένα PDA με μια σύνδεση κάμερας, ή ένα τηλέφωνο με κάμερα. Όλα τα παραπάνω μπορούν να διεκπεραιωθούν με τύπους ασύρματης σύνδεσης.

Ο [Stojmenovic, 2002] καλύπτει τις αρχές και τα πρωτόκολλα για την ασύρματη επικοινωνία, συμπεριλαμβανομένης της κάλυψης δύο σημαντικών προβλημάτων (δίκτυου-στρώματος) που πρέπει να λυθούν για τα συστήματα που μελετώνται σε μετέπειτα κεφάλαιο.

Το πρώτο πρόβλημα είναι πώς να παρέχει συνεχής συνδετικότητα για τις κινητές συσκευές που περνούν μέσα και έξω από τη κάλυψη των σταθμών βάσεων, οι οποίοι είναι τμήματα υποδομής που παρέχουν τις περιοχές της ασύρματης κάλυψης.

Το δεύτερο πρόβλημα είναι πώς να επιτρέψει στις συλλογές των συσκευών να επικοινωνήσουν ασύρματα η μία με την άλλη σε ισχύ όπου δεν υπάρχει καμία υποδομή (βλ. τη συνοπτική επεξεργασία των ειδικών δικτύων (adhoc networks) στην παράγραφο 7.2)

Και τα δύο προβλήματα προκύπτουν επειδή η άμεση ασύρματη συνδετικότητα δεν είναι συχνά διαθέσιμη μεταξύ δύο δεδομένων συσκευών. Η επικοινωνία πρέπει έπειτα να επιτευχθεί πέρα από διάφορα ασύρματα ή συνδεδεμένα με καλώδιο τμήματα δικτύων. Δύο κύριοι παράγοντες οδηγούν σε αυτήν την υποδιαιρεμένη ασύρματη κάλυψη.

Κατ' αρχάς, όσο μεγαλύτερη η κάλυψη ενός ασύρματου δικτύου, τόσο περισσότερες συσκευές θα ανταγωνιστούν για το περιορισμένο εύρος ζώνης του.

Δεύτερον, οι ενεργειακές εκτιμήσεις που ισχύουν είναι: η ενέργεια που απαιτείται για να διαβιβαστεί ένα ασύρματο σήμα είναι ανάλογη προς το τετράγωνο της κάλυψης του αλλά πολλές από τις συσκευές θα εξετάσουμε ότι έχουν περιορισμένη ενεργειακή ικανότητα.

2.2 Ο Πανταχού παρών υπολογισμός (Ubiquitous computing)

Ο Μαρκ Weiser έπλασε τον όρο του πανταχού παρόντα υπολογισμού το 1988 [Weiser, 1991]. Ο πανταχού παρών υπολογισμός είναι επίσης μερικές φορές γνωστός και ως διάχυτος υπολογισμός (pervasive computing) και οι δύο όροι συνήθως θεωρούνται συνώνυμοι. 'Ubiquitous' σημαίνει 'να βρίσκεται παντού'. Ο Weiser είδε την αυξανόμενη επικράτηση των συσκευών υπολογισμού καθώς οραματιζόταν τις επαναστατικές αλλαγές του τρόπου που θα χρησιμοποιούσαμε τους υπολογιστές.

Κατ' αρχάς, κάθε άνθρωπος στον κόσμο θα χρησιμοποιούσε πολλούς υπολογιστές. Μπορούμε αυτό να το συγκρίνουμε με την προσωπική επανάσταση υπολογισμού πριν, τότε που είδαμε ότι αντιστοιχούσε ένας υπολογιστής σε έναν άνθρωπο. Αν και ηχεί απλό, εκείνη η αλλαγή είχε μια δραματική επίδραση στον τρόπο που χρησιμοποιούμε τους υπολογιστές τώρα έναντι της εποχής κεντρικών υπολογιστών που ήταν πριν, την εποχή δηλαδή που υπήρξε η αντιστοιχία ενός υπολογιστή σε πολλούς ανθρώπους. Του Weiser η ιδέα "ένα άτομο, πολλοί υπολογιστές", σημαίνει κάτι πολύ διαφορετικό από την κοινή κατάσταση στην οποία ο καθένας έχει περισσότερους από έναν υπολογιστές λιγότερο ή περισσότερο-ένα στον χώρο εργασίας, ένα στο σπίτι, έναν φορητό υπολογιστή και ίσως ένα PDA που κουβαλάμε μαζί μας. Αντιθέτως, στον πανταχού παρόν υπολογισμό, οι υπολογιστές πολλαπλασιάζονται σε μορφή και λειτουργία, όχι μόνο σε αριθμό, για να ταιριάζουν σε διάφορες εργασίες.

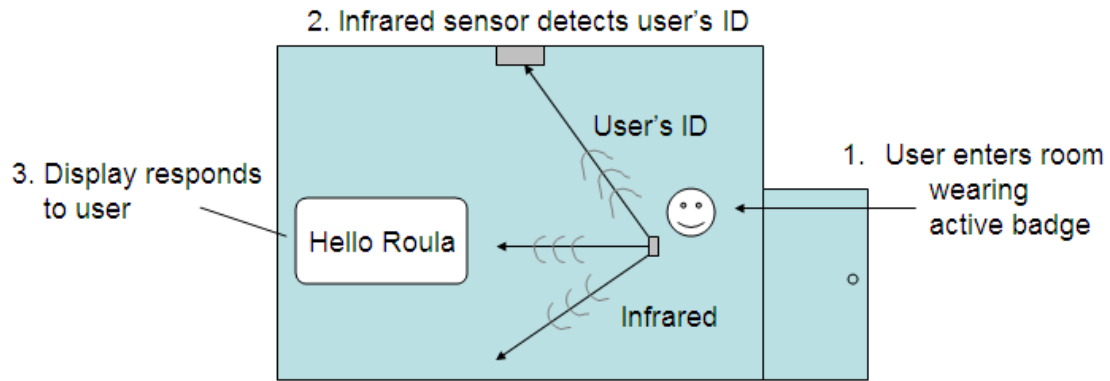
Για παράδειγμα, αν υποθέσουμε ότι όλες οι αδρανείς επιφάνειες επίδειξης και γραψίματος- whiteboards, βιβλία, χαρτιά, post-it σημειώσεις, κλπ.- σε ένα δωμάτιο αντικαταστάθηκαν από τις δεκάδες ή τις εκατοντάδες των μεμονωμένων υπολογιστών με τις ηλεκτρονικές οθόνες. Τα Whiteboards θα μπορούσαν να βοηθήσουν τους ανθρώπους στο σχέδιο, την οργάνωση και την αρχειοθέτηση των ιδεών τους, τα βιβλία θα μπορούσαν να γίνουν συσκευές που να επιτρέπουν στους αναγνώστες να ψάξουν το κείμενό τους, να ανατρέξουν στην έννοια των λέξεων, να αναζητήσουν για παρόμοιες ιδέες σχετικά με το διαδίκτυο και να δουν το περιεχόμενο πολυμέσων που συνδέονται. Τώρα ενσωματώνεται η λειτουργία πληροφορικής σε όλα τα μέσα γραψίματος. Για παράδειγμα, στυλό και μαρκαδόροι να έρθουν σε θέση να αποθηκεύουν ό, τι ο χρήστης έχει γράψει ή ζωγραφίσει, θα μπορεί κανείς να συλλέξει, να αντιγράψει και να μετακινήσει το περιεχόμενο πολυμέσων μεταξύ των πολλών υπολογιστών που βρίσκονται κοντά. Αυτό το σενάριο δημιουργεί χρηστικότητα και οικονομικά ζητήματα, και μάλιστα κατάφερε να αγγίξει μόνο ένα μικρό μέρος της ζωής μας. Αλλά μας δίνει μια ιδέα για το τι "οι υπολογιστές παντού" μπορεί να σημαίνει.

Η δεύτερη πρόβλεψη του Weiser ήταν ότι οι υπολογιστές "**θα εξαφανίζονταν**" - ότι δηλαδή θα υφαίνονταν στο ύφασμα της καθημερινής ζωής έως ότου γίνουν όμοιοι με αυτό. Αυτό είναι κατά ένα μεγάλο μέρος μια ψυχολογική έννοια, συγκρίσιμη με το πώς οι άνθρωποι παίρνουν, για παράδειγμα έπιπλα και μόλις που το παρατηρούν. Αυτό απεικονίζει την ιδέα ότι ο υπολογισμός θα γίνει ενσωματωμένος σε αυτό που σκεφτόμαστε ως καθημερινό στοιχείο - ένα στοιχείο το οποίο εμείς δεν σκεφτόμαστε κανονικά έχοντας τις υπολογιστικές ικανότητες, αλλά όπως σκεφτόμαστε τα πλυντήρια ρούχων ή τα οχήματα, όπως τις υπολογιστικές συσκευές 'computing devices', ακόμα κι αν τις ελέγχουν ενσωματωμένοι μικροεπεξεργαστές- περίπου 100 μικροεπεξεργαστές στην περίπτωση μερικών οχημάτων.

Ενώ το να είναι "αόρατες" ορισμένες συσκευές είναι σκόπιμο σε περιπτώσεις όπως τα ενσωματωμένα συστήματα υπολογιστών σε ένα αυτοκίνητο... αυτό, δεν ισχύει για όλες τις συσκευές που θα εξετάσουμε, ιδιαίτερα για συσκευές που οι κινητοί χρήστες κουβαλάνε. Παραδείγματος χάριν, τα κινητά τηλέφωνα είναι μερικές από τις πιο κυρίαρχες συσκευές κατά την διάρκεια του γραψίματος αλλά η υπολογιστική δυνατότητά τους είναι μετά βίας αόρατη.

2.3 Φορητός υπολογισμός (Wearable computing)

Οι χρήστες κουβαλάνε συσκευές φορητού υπολογισμού (wearable computing devices) πάνω τους, είτε συνημμένες σε αυτούς είτε μέσα στο ύφασμα των ενδυμάτων τους, είτε φορεμένα όπως τα ρολόγια, τα κοσμήματα ή θεάματα στο σώμα τους. Αντίθετα από τις φορητές συσκευές που αναφέραμε παραπάνω, αυτές οι συσκευές λειτουργούν συχνά χωρίς ο χρήστης να πρέπει να τις χειριστεί. Έχουν χαρακτηριστικά ειδικευμένη λειτουργία. Ένα πρώιμο παράδειγμα είναι η '**active badge**', μια μικρή συσκευή υπολογισμού που έχει ο χρήστης που τακτικά μεταδίδει την ταυτότητα του διακριτικού του (συνδεδεμένη με έναν χρήστη) μέσω μιας υπέρυθρης συσκευής αποστολής σημάτων [Want et al.1992 / Harter and Hopper, 1994]. Το σημείο του διακριτικού είναι για τις συσκευές στο περιβάλλον για να ανταποκριθούν σε αυτό με τις μεταδόσεις του διακριτικού του, και να αποκρίνεται έτσι στην παρουσία ενός χρήστη, οι υπέρυθρες μεταδόσεις έχουν μια περιορισμένη κάλυψη και έτσι θα παρθούν μόνο εάν ο χρήστης είναι σε κοντινά σημεία. Παραδείγματος χάριν, μια ηλεκτρονική οθόνη θα μπορούσε να προσαρμοστεί στην παρουσία ενός χρήστη με την προσαρμογή της συμπεριφοράς της σύμφωνα με τις προτιμήσεις εκείνου του χρήστη, όπως είναι το χρώμα σχεδίων προεπιλογής και το πάχος των γραμμών.



Σχήμα 2.1

Ένα δωμάτιο ανταποκρίνεται σε έναν χρήστη που φορά ένα ενεργό διακριτικό

Ένα δωμάτιο θα μπορούσε να προσαρμόσει τις ρυθμίσεις κλιματισμού και φωτισμού σύμφωνα με το πρόσωπο μέσα σε αυτό.

2.4 Πλαίσιο-ενήμερος υπολογισμός (Context-aware computing)

Η active badge – ή μάλλον, αντιδράσεις άλλων συσκευών στην παρουσία αυτής της συσκευής – εξηγεί τον context-aware υπολογισμό, ο οποίος είναι σημαντικό πεδίο του κινητού και πανταχού παρόντος υπολογισμού. Εδώ είναι όπου τα συστήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών προσαρμόζουν αυτόματα τη συμπεριφορά τους σύμφωνα με τις φυσικές περιστάσεις. Εκείνες οι περιστάσεις μπορούν σε γενικές γραμμές να είναι οτιδήποτε φυσικά μετρήσιμο ή ανιχνεύσιμο, όπως η παρουσία ενός χρήστη, η ώρα της ημέρας, ή ατμοσφαιρικές συνθήκες. Μερικοί από τους εξαρτώμενους όρους είναι σχετικά απλοί για να καθοριστούν, όπως για παράδειγμα εάν είναι νύχτα (από την ώρα, την ημέρα του έτους και την γεωγραφική θέση). Αλλά άλλοι όροι απαιτούν την περίπλοκη επεξεργασία τους για να τους ανιχνεύσουν. Παραδείγματος χάριν, εξετάζουμε ένα context-aware κινητό τηλέφωνο, το οποίο είναι να χτυπήσει μόνο όταν είναι αρμόζον. Ειδικότερα, πρέπει αυτόματα να μεταστραφεί σε 'δόνηση' ('vibrate') αντι του 'χτυπήματος' ('ring') όταν είναι στον κινηματογράφο. Αλλά η ανίχνευση ότι ο χρήστης προσέχει μια ταινία μέσα σε έναν κινηματογράφο, σε αντιδιαστολή με τη στάση στο λόμπι κινηματογράφων, είναι μη - τετριμμένη λαμβάνοντας υπόψη τις ανακρίβειες στις μετρήσεις των αισθητήρων θέσης. Το κεφάλαιο 7 εξετάζει τον όρο πλαίσιο με λεπτομέρεια.

Κεφάλαιο 3 Ιστορική αναδρομή

3.1 Εισαγωγή

Ένα βασικό χαρακτηριστικό της εποχής του Ubiquitous Computing είναι το γεγονός ότι κάθε άνθρωπος θα έχει στη διάθεσή του πολλούς υπολογιστές. Μερικοί από αυτούς θα μας εξυπηρετούν, όπως και σήμερα, κατά τις περιπλανήσεις μας στο Internet, χωρίς να απασχολούν την προσοχή μας. Άλλοι θα είναι ενσωματωμένοι σε τοίχους, καρέκλες, ρούχα, διακόπτες του ηλεκτρικού, αυτοκίνητα, με λίγα λόγια σχεδόν σε οτιδήποτε. Αυτά τα "έξυπνα" αντικείμενα θα συνδέονται σε δίκτυα. Οι κοινωνικές επιπτώσεις της ενσωμάτωσης υπολογιστών σε κοινά αντικείμενα θα είναι ανάλογες με αυτές άλλων τεχνολογιών που είναι πανταχού παρούσες, όπως αυτή του ηλεκτρικού ρεύματος, το οποίο χρησιμοποιούμε κάθε στιγμή χωρίς, εντούτοις, να σημειώνουμε την παρουσία του.

Ως πρώτα βήματα προς την κατεύθυνση του Ubiquitous Computing μπορούμε να αναγνωρίσουμε τα PDA που συνδέονται ασύρματα με εταιρικούς υπολογιστές, εφαρμογές και βάσεις δεδομένων, προσφέροντας οπουδήποτε τις υπηρεσίες και τις πληροφορίες των τελευταίων. Η IBM, για παράδειγμα, έχει αναπτύξει τέτοιες εφαρμογές για παροχή επιτόπιας υποστήριξης, πραγματοποίηση ασφαλών online αγορών, διαχείριση μετοχών, αγοράς αεροπορικών εισιτηρίων, ανταλλαγή μηνυμάτων μέσω Internet. Προάγγελοι του Ubiquitous Computing είναι οι ενσωματωμένοι σε κοινές συσκευές μικροεπεξεργαστές και το Internet.

Υπολογίζεται πως σήμερα μπορεί να βρεθούν 40 μικροεπεξεργαστές σε ένα μεσοαστικό σπίτι στις ΗΠΑ. Επεξεργαστές υπάρχουν σε ξυπνητήρια, φούρνους μικροκυμάτων, τηλεοράσεις, στερεοφωνικά, χειριστήρια, παιδικά παιχνίδια κ.λπ.

Αυτοί οι ενσωματωμένοι επεξεργαστές, όμως, δεν καθιστούν τις αντίστοιχες συσκευές κατάλληλες για Ubiquitous Computing, διότι δεν είναι δικτυωμένες. Νέας γενιάς συσκευές, που θα συνδέονται στο Internet, θα αποκτήσουν πρωτόγνωρη λειτουργικότητα. Τα ρολόγια θα παίρνουν τη σωστή ώρα ύστερα από μία διακοπή ρεύματος, οι φούρνοι μικροκυμάτων θα "κατεβάζουν" νέες συνταγές, τα παιδικά παιχνίδια θα ανανεώνουν το λεξιλόγιο ή και τη συμπεριφορά τους με downloads, τα κάδρα από τους πίνακες ζωγραφικής θα σας ειδοποιούν αν υπάρχουν παρείσακτοι.

Το Ubiquitous Computing θα οδηγήσει την τεχνολογία των πληροφοριών πέρα από χώρους, όπως η λογιστική, το CAD ή η επεξεργασία κειμένου, παρέχοντας απαντήσεις σε μικρά καθημερινά προβλήματα, όπως τα "πού είναι τα κλειδιά του αυτοκινήτου;" ή "υπάρχει, άραγε, ελεύθερο πάρκινγκ;". Πολλά ερευνητικά προγράμματα mobile και wearable computing ή τεχνητής νοημοσύνης, όπως το Things That Think του MIT, οδηγούν προς αυτή την κατεύθυνση, ενώ εταιρείες, όπως οι Mattel και Disney, ενσωματώνουν υπολογιστικές δυνατότητες σε καθημερινά αντικείμενα. Το Ubiquitous Computing θα απλοποιήσει τη ζωή μας, συνδέοντας εφαρμογές που βασίζονται σε ανοικτή αρχιτεκτονική με τις καθημερινές δραστηριότητές μας. Θα απομακρύνει την πολυπλοκότητα που χαρακτηρίζει τις υπάρχουσες τεχνολογίες και θα μας επιτρέψει να εργαζόμαστε αποδοτικότερα, εξασφαλίζοντάς μας παράλληλα περισσότερο ελεύθερο χρόνο. Το hardware (προσωπικοί υπολογιστές, PDAs, ηλεκτρονικά organizers, routers, switches και καταναλωτικές ηλεκτρονικές συσκευές), το software (λειτουργικά συστήματα, εφαρμογές και διαχείριση δικτύων), το Internet, οι φορείς υπηρεσιών, η καλωδιακή τηλεόραση και πολλά άλλα, δείχνουν προς την ίδια κατεύθυνση: αυτή της συγκέντρωσης, ενοποίησης και αλληλεπίδρασης όλων των υπηρεσιών, εφαρμογών και πληροφοριών.

Σε αντίθεση με τη σημερινή πρακτική και στρατηγική, οι υπολογιστές του μέλλοντος δεν θα είναι ακόμη περισσότερο φορητοί, αλλά αντίθετα οι πληροφορίες θα είναι "φορητές", δηλαδή προσβάσιμες από παντού. Δεν θα χρειάζεται να κουβαλάμε μαζί μας ηλεκτρονικές συσκευές που θα περιέχουν τα δεδομένα που χρειαζόμαστε, αλλά, αντίθετα, οι συσκευές θα αναγνωρίζουν ποιο είμαστε και θα "θυμούνται" τα δεδομένα που έχουμε αποθηκεύσει σε κάποιο απόμακρο σημείο του ευρύτερου δικτύου. Οι συσκευές αυτές θα πρέπει να είναι εύκολες στη χρήση τους και για το λόγο αυτόν μεγάλη σημασία έχει ο σχεδιασμός που θα επιλεγεί για το user interface που θα ενσωματώνουν. Παράλληλα, θα είναι περισσότερο "ενήμερες" για το χρήστη τους και το περιβάλλον στο οποίο βρίσκονται. Θα μπορούν να "αισθάνονται" την παρουσία ή απουσία του χρήστη και κατά κάποιον τρόπο να προβλέπουν τις ανάγκες και τις επιδιώξεις του. Τέλος, θα μπορούν να γνωρίζουν την ακριβή θέση τους και το χώρο στον οποίο βρίσκονται, ώστε να λαμβάνουν τις κατάλληλες ανά περίπτωση αποφάσεις.

Η τεχνολογία biosensing θα αναδειχθεί κυρίαρχη σε όλους τους τομείς, αφού θα αποδειχθεί σημαντική όχι μόνο για ιατρικούς και ψυχαγωγικούς λόγους, αλλά και για τη βελτίωση και τον εμπλουτισμό της διαπροσωπικής επικοινωνίας μεταξύ των χρηστών. Η διάνθιση των συσκευών αυτών με τους κατάλληλους αισθητήρες θα δημιουργήσει μία νέα γενιά 'έξυπνων' συσκευών, στις οποίες θα μπορούμε να στηριζόμαστε. Οι υπολογιστές θα αποκτήσουν "αισθήσεις" ανάλογες με αυτές των ανθρώπων, όπως ομιλία, ακοή, αφή, όραση ακόμα και όσφρηση. Ίσως ο μόνος τρόπος για να μπορέσουν οι υπολογιστές να βοηθήσουν τους ανθρώπους στην καθημερινή ζωή τους, είναι να αποτελέσουν και αυτοί μέρος του φυσικού κόσμου που μας περιβάλλει.

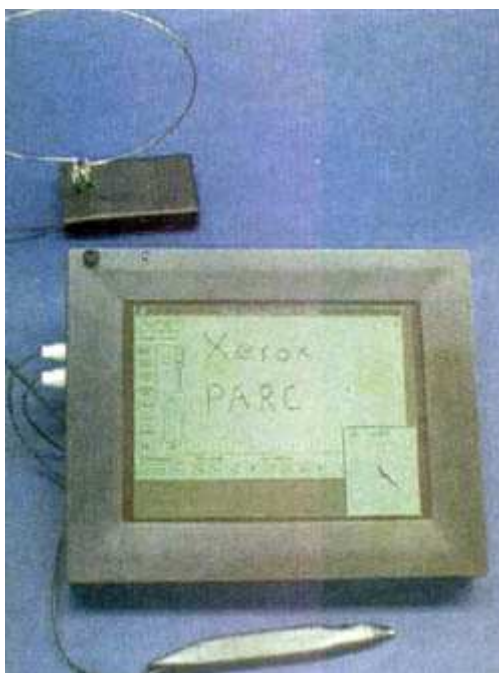


3.2 Οι πρώτες προσπάθειες

(σχήμα.α)

Στα τέλη του 1987, το τμήμα Έρευνας της εταιρείας Xerox ήταν απασχολημένο με την ανάπτυξη μίας νέας και πρωτοποριακής τεχνολογίας. Στο περίφημο **Palo Alto Research Center (PARC) και Electronics and Imaging Laboratory (EIL)** το προσωπικό πρότεινε την κατασκευή επίπεδων οθονών, μεγάλων διαστάσεων, που θα τοποθετούνταν σε τοίχους. Την εποχή εκείνη πίστευαν ότι η τεχνολογία θα επέτρεπε την αμφίδρομη επικοινωνία μέσω των οθονών αυτών, που θα χρησιμοποιούνταν τόσο για την προβολή υλικού όσο και για την εισαγωγή στοιχείων με ηλεκτρονικές γραφίδες αλλά και τη σάρωση εγγράφων, τοποθετώντας τα απλώς πάνω στην επιφάνεια της οθόνης. Πολύ σύντομα, τεχνικοί και επιστήμονες από πολλά άλλα εργαστήρια εκδήλωσαν την πρόθεσή τους να σχεδιάσουν το απαραίτητο hardware και software για το νέο αυτό σύστημα. Η καινοτομία του επικεντρωνόταν στο ότι προσέφερε την ευχρηστία του παραδοσιακού μαυροπίνακα, εμπλουτίζοντάς την με τις διευρυμένες δυνατότητες των υπολογιστών, ιδιαίτερα όταν συνδυαζόταν σε δίκτυο με άλλες συσκευές. Το νέο αυτό όραμα ήταν εντελώς διαφορετικό από τη μέχρι τότε πρακτική και φιλοσοφία που βασιζόταν σε έναν προσωπικό υπολογιστή για κάθε χρήστη. Η ιδέα αυτή οδήγησε σύντομα τους ερευνητές του PARC στη νέα φιλοσοφία του

Ubiquitous Computing, όπου οι υπολογιστές βρίσκονται "αόρατοι" και "δισεπαρμένοι" σε όλο το περιβάλλον.



(σχήμα.β)

Την ίδια στιγμή, ανθρωπολόγοι που εργάζονταν στον τομέα **Work Practices and Technology του PARC**, παρατηρούσαν τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν την τεχνολογία. Δεν περιορίζονταν στους ισχυρισμούς των ανθρώπων αυτών, αλλά διεξήγαγαν σχετικά πειράματα και παρατηρήσεις. Σκοπός τους ήταν να εξακριβώσουν πώς οι υπολογιστές εντάσσονταν στο περίπλοκο κοινωνικό πλαίσιο και τις καθημερινές δραστηριότητες και πώς αλληλοεπιδρούσαν με τον υπόλοιπο φυσικό κόσμο μας. Οι δύο αυτές συγκλίνουσες δραστηριότητες οδήγησαν στην ανάπτυξη του προγράμματος Ubiquitous Computing στο Computer Science Laboratory (CSL) στις αρχές του 1988. Το πρόγραμμα αυτό αποτέλεσε μία δραματικά διαφορετική εναλλακτική πρόταση για το ρόλο των υπολογιστών και τη φιλοσοφία που θα έπρεπε να τους διέπει. Αποδείχθηκε ότι οι υπολογιστές ήταν υπερβολικά περίπλοκοι, απαιτούσαν την αφιέρωση σημαντικού χρόνου για λειτουργίες που δεν εξυπηρετούσαν το χρήστη αλλά τον ίδιο τον υπολογιστή και ήταν ιδιαίτερα ξεκομμένοι από τις καθημερινές ανθρώπινες δραστηριότητες. Σκοπός του προγράμματος ήταν να επανατοποθετήσει τους υπολογιστές στο κοινωνικό και φυσικό περιβάλλον και να επικεντρωθεί περισσότερο στην επικοινωνία μεταξύ ανθρώπων και λιγότερο στην επικοινωνία μεταξύ ανθρώπων και μηχανών.

Προς το τέλος του 1988 αναπτύχθηκαν τρεις διαφορετικές τεχνολογίες από το πρόγραμμα Ubiquitous Computing.

1. Οι προαναφερθείσες οθόνες, που ονομάστηκαν LivoBoard, και δύο διαφορετικές φορητές συσκευές,
2. το **ParcPad**, που είχε μέγεθος βιβλίου, και
3. το **ParcTab**, που είχε το μέγεθος ενός palm.

Χρειάστηκε να περάσουν ακόμη τέσσερα χρόνια, για να συνειδητοποιήσουν οι ερευνητές το 1992 ότι στην πραγματικότητα επαναπροσδιόριζαν ολόκληρη τη σχέση μεταξύ των ανθρώπων, της εργασίας τους και της τεχνολογίας.

3.3 Οι εξελίξεις τρέχουν

3.3.1 "24/7/360"

Οι αρχικές προσπάθειες στο ερευνητικό κέντρο PARC τροφοδότησαν έναν χείμαρρο παρόμοιων προγραμμάτων από τα τμήματα Έρευνας και Ανάπτυξης πολλών εταιρειών και τεχνολογικών ιδρυμάτων. Σήμερα, έχει γίνει ευρέως αποδεκτό σχεδόν αξίωμα ότι η τεχνολογία Ubiquitous Computing θα πρέπει να προσφέρει την επεξεργαστική ισχύ και τις υπηρεσίες της συνεχώς, δηλαδή 24 ώρες το 24ωρο και επτά ημέρες την εβδομάδα. Το σχέδιο αυτό χαρακτηρίζεται με τη συντομογραφία **24/7** και θα πρέπει να συμπληρωθεί με την απαίτηση για πρόσβαση από οποιοδήποτε σημείο του πλανήτη και όχι μόνο από συγκεκριμένα κτήρια ή γεωγραφικές περιοχές. Η ανάγκη αυτή επεκτείνει το αρχικό σχέδιο σε **24/7/360**, συμβολίζοντας την πρόσβαση από 360 μοίρες πάνω στην επιφάνεια του πλανήτη.

3.3.2 Δύο φιλοσοφίες

Παρά την πολύ συγκεκριμένη φύση της τεχνολογίας Ubiquitous Computing, υπάρχουν δύο αντιμαχόμενες και πολύ διαφορετικές φιλοσοφίες για τον τρόπο υλοποίησής της.

- Η μία υποστηρίζει την αυξανόμενη επεξεργαστική ισχύ σε ολοένα μικρότερο όγκο συσκευές, όπως φορητούς υπολογιστές, handhelds και wearables.
- Στην αντίπερα όχθη βρίσκεται η άποψη ότι η αυριανή επεξεργαστική ισχύς δεν θα πρέπει να βρίσκεται σε συγκεκριμένες φορητές συσκευές, αλλά αντίθετα θα πρέπει να είναι ενσωματωμένη στα μελλοντικά υπερδίκτυα. Η θεώρηση αυτή παρουσιάζει σημαντικές ομοιότητες με το σημερινό κόσμο των ηλεκτρικών οικιακών συσκευών, όπου η απλή τοποθέτησή τους στην υποδοχή ηλεκτρικού ρεύματος αρκεί για τη λειτουργία τους.

Κατά παρόμοιο τρόπο, οι συσκευές του μέλλοντος, ανεξαρτήτως είδους αυτοκίνητα, σπίτια, γραφεία, ξενοδοχεία κ.λπ., θα πρέπει να μπορούν να συνδέονται και να παρέχουν πρόσβαση σε εφαρμογές και αρχεία που βρίσκονται αποθηκευμένα στο ευρύτερο δίκτυο. Στην περίπτωση αυτή, το ίδιο το δίκτυο θα είναι ο υπολογιστής.

3.4 Πρακτικές Εφαρμογές

Το δεύτερο μοντέλο εξέλιξης του Ubiquitous Computing φαίνεται να κερδίζει συνεχώς έδαφος και πολλές εταιρείες που ασχολούνται με την υποδομή του σημερινού Internet και αυριανού υπερδικτύου επενδύουν τεράστια ποσά για την ανάπτυξή του.

Πραγματικά, η **IBM** ανακοίνωσε πρόσφατα την πρόθεσή της να διαθέσει περισσότερα από 500 εκατομμύρια δολάρια στην τεχνολογία αυτή, από τα οποία περίπου 300 εκατομμύρια θα διατεθούν για την κατασκευή της κατάλληλης, "έξυπνης" διαδικτυακής υποδομής, στην οποία θα περιλαμβάνονται *chíps*, *mainframes*, *servers*, *databases* και πρωτόκολλα, που θα υποστηρίζουν τον πλούσιο σε πληροφορίες δικτυωμένο κόσμο του μέλλοντος. Η τεχνολογία αυτή θα μπορούσε μεταξύ άλλων να επιτρέψει την αποθήκευση, αναζήτηση και πρόσβαση σε εξειδικευμένες υπηρεσίες, όπως βάσεις δεδομένων και υποστήριξη πελατών και προμηθευτών. Η διαφορά σε σχέση με το παρελθόν είναι ότι οι εταιρείες που χρειάζονται τις υπηρεσίες αυτές δεν θα απαιτείται να τις αγοράσουν ή να τις αναπτύξουν, αλλά θα μπορούν να τις ενοικιάζουν, πληρώνοντας το ανάλογο τίμημα. Το μεγαλύτερο πρόβλημα στην περίπτωση αυτή είναι η εξασφάλιση υψηλού επιπέδου ασφαλείας.

3.4.1 AT&T

3.4.1.1 Λογισμικό VNC

AT&T: Η προαναφερόμενη προσέγγιση ακόμη και με τα σημερινά δεδομένα κρίνεται αρκετά μελλοντολογική, ενώ αντίθετα πολλές εταιρείες θέτουν πιο άμεσους στόχους. Από το 1998 το AT&T Laboratories Cambridge διαθέτει online το λογισμικό **Virtual Network Computing (VNC)** που έχει κατασκευάσει. Το συγκεκριμένο software, το οποίο μπορεί ο καθένας να προμηθευτεί ελεύθερα, αποτελεί ένα σύστημα απομακρυσμένης απεικόνισης, που λειτουργεί μέσω Internet και επιτρέπει στους χρήστες να παρατηρούν το desktop υπολογιστών από οποιοδήποτε σημείο του κόσμου. Πέρα από την εκτελέσιμη μορφή της εφαρμογής αυτής, υπάρχει και μία έκδοσή της που βασίζεται σε Java και παρέχει την ίδια δυνατότητα σε οποιοδήποτε browser μπορεί να εκτελέσει Java προγράμματα.

Χαρακτηριστικά του VNC

Το κυριότερο χαρακτηριστικό του συστήματος είναι η cross platform αρχιτεκτονική του, που επιτρέπει τη σύνδεση υπολογιστών και συσκευών που βασίζονται σε διαφορετικές πλατφόρμες. Το αποτέλεσμα είναι εξαιρετικά ικανοποιητικό και ευοίωνο, αφού χρήστες σε υπολογιστές με Windows ή Unix να μπορούν να συνδεθούν σε Macintosh και Palm.

Εξίσου σημαντικό χαρακτηριστικό είναι ότι λειτουργεί μέσω μίας απλής τηλεφωνικής γραμμής ενσύρματης ή ασύρματης, για σταθερό ή κινητό τηλέφωνο αντίστοιχα και με μεγάλη ταχύτητα, αφού μεταδίδει μόνο τις πληροφορίες που αλλάζουν και όχι τη συνολική εικόνα. Σύμφωνα με τους υπευθύνους του προγράμματος, οι ογκώδεις φορητοί υπολογιστές, που αναγκάζονται συχνά να μεταφέρουν οι χρήστες, δεν εξυπηρετούν στη συνεχή και άμεση πρόσβαση στα προσωπικά έγγραφά τους και στα λοιπά δεδομένα. Αντίθετα, στην πραγματικότητα αυτό που χρειάζονται είναι να μεταφέρουν το περιβάλλον τους, δηλαδή τις ρυθμίσεις που τους εξυπηρετούν.

Μειονεκτήματα λογισμικού

Το σύστημα VNC δεν προσφέρει ακόμη ασφαλή επικοινωνία, γεγονός που περιορίζει σε μεγάλο βαθμό τη χρησιμότητά του, ενώ ταυτόχρονα δεν υποστηρίζει λειτουργίες file sharing.

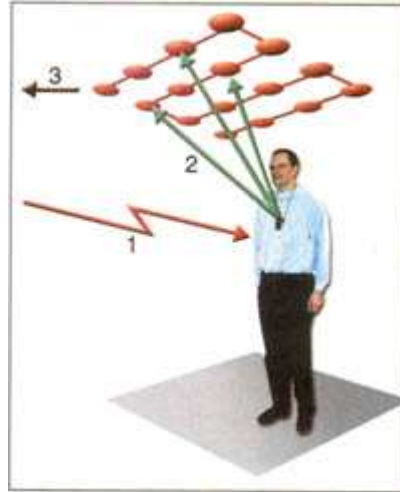
Παρ' όλα αυτά, περισσότερα από 10.000 αντίγραφα του λογισμικού διατίθενται καθημερινά μέσω Internet και έχει εγκατασταθεί σε περίπου ένα εκατομμύριο

συσκευές συνολικά. Το λογισμικό Virtual Network Computing αποτελεί την αρχική, σχεδόν εμβρυακή, μορφή του Pervasive Computing.

Άλλες εφαρμογές της AT&T

3.4.1.2 VoiceTone

Ακόμη μία περισσότερο εξελιγμένη ιδέα της ίδιας εταιρείας αναμένεται να υλοποιηθεί στο πρόγραμμα VoiceTone, που σκοπό έχει την αντικατάσταση του σημερινού συστήματος υποβολής ερωτήσεων σε τηλεφωνικές υπηρεσίες, με πίεση πλήκτρων της τηλεφωνικής συσκευής. Το VoiceTone θα χρησιμοποιεί αναγνώριση και επεξεργασία φωνής, επιτρέποντας στους χρήστες τη διατύπωση ερωτήσεων σε φυσική γλώσσα.



(σχήμα.γ)

Την επιβλητική σκιά του στα προαναφερθέντα προγράμματα ρίχνει ένα υπολογιστικό σύστημα, που έχει υλοποιήσει σε ευρεία κλίμακα η AT&T. Το σύστημα αυτό αποτελείται από ένα πλέγμα αισθητήρων και μικρού μεγέθους πομποδεκτών, που ονομάζονται "bats", δηλαδή νυκτερίδες, και έχει εγκατασταθεί σε ένα από τα κτήρια γραφείων που διαθέτει η εταιρεία. **Σκοπός του προγράμματος είναι η αναγνώριση της ακριβούς θέσεως του προσωπικού που χρησιμοποιεί τους ασύρματους αυτούς πομποδέκτες και η παροχή των ανάλογων υπηρεσιών.** Περίπου πενήντα υπάλληλοι έχουν εφοδιαστεί με τέτοιες συσκευές και συμμετέχουν στο πρόγραμμα, δοκιμάζοντας τις αντιδράσεις του συστήματος κάτω από διαφορετικές συνθήκες και με ποικιλία εφαρμογών. Η ονομασία "bats" είναι ενδεικτική του τρόπου λειτουργίας των πομποδεκτών, αφού, όπως και οι νυκτερίδες, χρησιμοποιούν υπερήχους για τον ακριβή εντοπισμό της θέσεώς τους μέσα στο χώρο. Για το σκοπό αυτόν έχει κατασκευαστεί ένα πυκνό πλέγμα αισθητήρων, που δέχεται διαρκώς τους υπερηχητικούς παλμούς που αποστέλλονται από τις συσκευές. Μετρώντας το χρόνο που απαιτείται για να παραληφθούν οι παλμοί από τους διάφορους αισθητήρες, υπολογίζεται η ακριβής θέση των "νυκτερίδων" και κατά συνέπεια των ανθρώπων που τις χειρίζονται. Για να απλοποιηθεί η συντήρηση και ο έλεγχος του πολύπλοκου αυτού συστήματος, οι συσκευές "bats" αποστέλλουν επίσης μία σειρά χρήσιμων στοιχείων, όπως το δείκτη φόρτισης της μπαταρίας που διαθέτουν και την έκδοση του λογισμικού (firmware) που φέρουν.

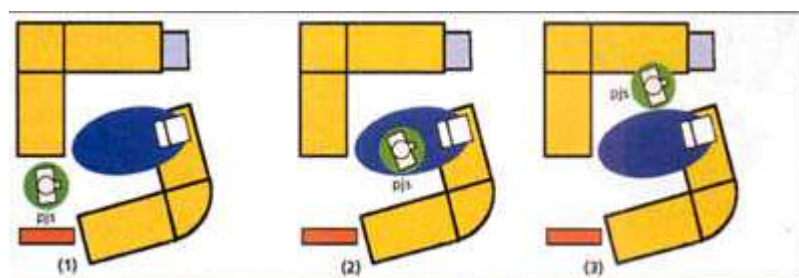
3.4.1.3 Active Badges vs Bats

Το πρόγραμμα αυτό αποτελεί εξέλιξη της τεχνολογίας Active Badge που είχε αναπτύξει παλαιότερα η Olivetti. Η κύρια διαφοροποίησή του εστιάζεται στο διαφορετικό τρόπο λειτουργίας των πομποδεκτών, που στην περίπτωση της Olivetti ονομάζονταν Active Badges και στηρίζονταν στην αποστολή και λήψη υπέρυθρων ακτίνων αντί υπερήχων. Τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της νέας μεθόδου είναι ότι εξασφαλίζει μεγαλύτερη ακρίβεια κατά τον εντοπισμό της θέσεως

των πομποδεκτών, καθώς και η αυξημένη ακτίνα δράσης και η αξιοπιστία που παρέχει. Παράλληλα, οι "νυκτερίδες κάνουν εφικτή την κατασκευή ενός υπολογιστικού συστήματος, που θα παρακολουθεί τους ανθρώπους και τον εξοπλισμό, δημιουργώντας όποτε απαιτείται μία σχέση αλληλεπίδρασης μεταξύ τους". Για παράδειγμα, οι πομποδέκτες που είναι τοποθετημένοι τόσο σε ανθρώπους όσο και σε αντικείμενα, θα μπορούν να δημιουργήσουν μία περιοχή ενεργοποίησης, που θα αποτελείται από έναν κύκλο μικρής ακτίνας. Όταν ένας άνθρωπος και κάποια συσκευή (π.χ. υπολογιστής, φωτοτυπικό, PDA κ.λπ.) βρεθούν αρκετά κοντά, το σύστημα μπορεί να του παραδίδει τον έλεγχο της, ρυθίζοντάς την παράλληλα σύμφωνα με τις προσωπικές προτιμήσεις του. Η εφαρμογή αυτή μπορεί να συνδυαστεί με το λογισμικό Virtual Network Computing, επιτρέποντας στους χρήστες να αλλάζουν θέσεις και να μεταφέρουν παράλληλα την εργασία τους αυτόματα από τον έναν υπολογιστή στον άλλο.

3.4.1.4 Sentient Computing

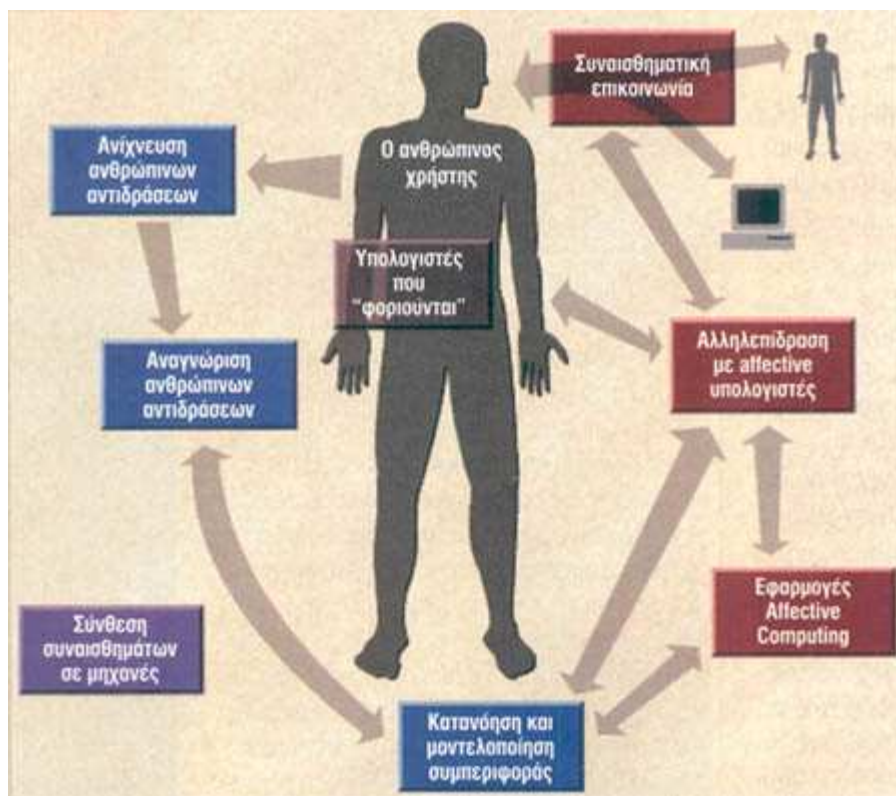
Παρ' όλο που συσκευές, όπως bats και active badges, επεκτείνουν σημαντικά τα όρια των υπολογιστών, δεν προσφέρουν λύση για μία από τις κυριότερες φιλοδοξίες του Ubiquitous Computing: το ότι αισθητήρες παντός είδους, ενσωματωμένοι σε συσκευές, θα μπορούν όχι μόνο να επεξεργάζονται πληροφορίες αλλά και να αντιδρούν σε αυτές. Στον τομέα αυτό έχει διοχετευθεί το μεγαλύτερο μέρος του προϋπολογισμού της AT&T, που ασχολείται με την ανάπτυξη του λεγόμενου **Sentient Computing (αισθητική πληροφορική)**. Η γενική παρατήρηση, που έχει οδηγήσει στην έρευνα της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι ότι οι χρήστες υπολογιστών συνηθίζουν ολοένα περισσότερο να κινούνται, ενώ οι συσκευές που χρησιμοποιούν διακρίνονται για την αυξανόμενη ποικιλομορφία τους. Οι δύο αυτοί παράγοντες προκαλούν σημαντικά προβλήματα στη ρύθμιση των συσκευών, αφού οι χρήστες θα πρέπει να αφιερώνουν σημαντικό μέρος του ελεύθερου χρόνου τους για τη δημιουργία του κατάλληλου περιβάλλοντος ρυθμίσεων για καθεμία από αυτές. Παράλληλα, τυχόν αλλαγές σε κάποια ρύθμιση θα πρέπει να μεταφερθούν "χειρωνακτικά" και σε όλες τις υπόλοιπες, περιορίζοντας τη συνολική ευχρηστία. Μία φυσιολογική λύση στο συγκεκριμένο πρόβλημα θα υπαγόρευε τη δημιουργία συσκευών και εφαρμογών που θα ήταν αυτορυθμιζόμενες, αφού θα μπορούσαν να αλληλεπιδρούν με το χρήστη τους και να αντιδρούν ανάλογα με τις συνθήκες κάτω από τις οποίες χρησιμοποιούνται.



(σχήμα.δ)

Στα AT&T Laboratories Cambridge έχει κατασκευαστεί ένα σύστημα, που χρησιμοποιεί αισθητήρες για να δημιουργεί και να ανανεώνει συνεχώς ένα ψηφιακό - εικονικό μοντέλο του φυσικού περιβάλλοντος. **Η ορολογία του μοντέλου αυτού παραπέμπει αυτόματα στη φυσική ανθρώπινη γλώσσα, αφού οι όροι "θέση αντικειμένων" (object positions), "περιγραφές" (descriptions) και "κατάσταση" (state) είναι άμεσα αντιληπτοί από τους ανθρώπους.** Το μοντέλο, λοιπόν, περιγράφει το φυσικό κόσμο με τρόπο παρόμοιο προς τις ανάλογες ανθρώπινες διεργασίες και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη προγραμμάτων που θα αντιδρούν στις αλλαγές του περιβάλλοντος,

ανάλογα με τις προτιμήσεις των χρηστών. Η ίδια η ονομασία του Sentient Computing έχει επιλεγεί βασιζόμενη σε αυτήν ακριβώς τη φιλοσοφία, αφού το πρόγραμμα φαίνεται σαν να "μοιράζεται" την αντίληψη του χρήστη για το περιβάλλον. Χρησιμοποιώντας την τρέχουσα κατάσταση του περιβάλλοντος με κοινό τρόπο, τόσο για τους υπολογιστές όσο και για τους χρήστες, παρέχει νέους τρόπους αλληλεπίδρασης με τα συστήματα πληροφορικής. Για παράδειγμα, αν υποθέσουμε ότι ο χρήστης θα κρατήσει στα χέρια του μία ασύρματη συσκευή, το σύστημα θα πρέπει να μπορεί να αντιληφθεί το γεγονός αυτό και να ρυθμίσει αυτόματα τη συσκευή, σύμφωνα με τις προτιμήσεις του συγκεκριμένου χρήστη. Επομένως, ένα υπολογιστικό σύστημα που βασίζεται στην τεχνολογία Sentient δεν χρειάζεται να είναι "έξυπνο". Το μόνο που απαιτείται είναι να μπορεί να χρησιμοποιεί τους αισθητήρες με τους οποίους είναι εξοπλισμένο για να αντιλαμβάνεται το περιβάλλον.



(σχήμα.ε)

3.4.2 XEROX

3.4.2.1 eTAGS

XEROX eTAGS: Η Xerox, μέσω του ερευνητικού κέντρου της PARC, αποτελεί ακόμη μία εταιρεία που έχει προχωρήσει στην ανάπτυξη συστημάτων που θα προωθήσουν την τεχνολογία Ubiquitous Computing. Η υλοποίησή της βασίζεται σε μία παραλλαγή της τεχνολογίας που έχει χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή των Active badge και Bat, που βασίζεται στα ραδιοκύματα για την αποστολή και λήψη των απαραίτητων σημάτων. Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα των eTags, όπως ονομάζονται οι αντίστοιχοι πομποδέκτες, είναι ότι μπορούν να τοποθετηθούν στην πλειονότητα των συσκευών που χρησιμοποιούμε καθημερινά. Το χαρακτηριστικό αυτό εξασφαλίζεται από τις εξαιρετικά μικρές διαστάσεις τους, που ξεκινούν από το μέγεθος κόκκου ρυζιού και φθάνουν έως αρκετά μεγαλύτερα μεγέθη. Η δημιουργία πομποδεκτών με τόσο μεγάλο εύρος μεγεθών, κατέστη

δυνατή με την απομάκρυνση της εσωτερικής πηγής ενέργειας που περιλάμβαναν οι συσκευές Active Badges και Bats. Για το σκοπό αυτόν αναπτύχθηκε ένα σύστημα που βασίζεται σε πηνία και πυκνωτές, με σκοπό τη λήψη, μετατροπή σε ενέργεια και αποθήκευση ειδικών σημάτων που αποστέλλουν οι αισθητήρες, οι οποίοι είναι διεσπαρμένοι στο φυσικό περιβάλλον. Η ενσωμάτωση του συστήματος αυτού στα eTags οδήγησε τόσο στη μείωση των διαστάσεων όσο και στην εξάλειψή της ανάγκης ελέγχου, επαναφόρτισης και αντικατάστασης των μπαταριών. Τέλος, η επικοινωνία των πομποδεκτών βασίζεται σε έναν μοναδικό κωδικό αναγνώρισης (identifier), που διαθέτει και αποστέλλει κάθε eTag. Ο κωδικός αυτός παραλαμβάνεται από τους αισθητήρες και λειτουργεί ως ταυτότητα που αναλαμβάνει τη σωστή, ασύρματη αναμετάδοση των δεδομένων προς το Internet ή το εταιρικό intranet.

Πρόσφατα, οι ερευνητές του εργαστηρίου PARC ενσωμάτωσαν eTags σε κάθε είδους αντικείμενα, από απλά χαρτιά και βιβλία, σε φωτοτυπικά μηχανήματα και υπολογιστές. Με τον τρόπο αυτό, οποιοσδήποτε κρατά ένα tablet PC μπορεί να αποκτήσει πρόσβαση σε επιπλέον πληροφορίες και υπηρεσίες που προσφέρονται από τα αντικείμενα αυτά. Για παράδειγμα, ένα άτομο που πλησιάζει σε μικρή απόσταση από κάποιο έντυπο που ανακοινώνει μία διάλεξη, θα μπορεί να τοποθετήσει το tablet PC κοντά στον τίτλο του εντύπου και να καταγράψει το θέμα της διάλεξης. Σε περίπτωση που κάποιο διαφορετικό eTag έχει τοποθετηθεί στην ημερομηνία του εγγράφου, θα μπορούσε επίσης να δημιουργήσει μία υπενθύμιση για τη διάλεξη, που θα ενσωματωνόταν αυτόματα στο ηλεκτρονικό organizer του χρήστη και θα περιλάμβανε το θέμα και τις ημερομηνίες και ώρες διεξαγωγής της.

Ακόμη μεγαλύτερα πλεονεκτήματα παρουσιάζει η περίπτωση συσκευών με eTags που ενεργοποιούν υπηρεσίες σχετικές με τη φυσική μορφή τους. Για παράδειγμα, ένας χρήστης θα μπορούσε, κρατώντας ένα αγγλικό λεξικό κοντά στον υπολογιστή του, να παραλάβει αυτόματα μία μεταφρασμένη έκδοση του εγγράφου του. Το παράδειγμα αυτό είναι πραγματικό και αποτελούσε μέρος σχετικής επίδειξης από τη Xerox. Στην προκειμένη περίπτωση, τα eTags λειτουργούν ως μία βελτιωμένη και πολλά υποσχόμενη μορφή barcode. Στο μέλλον, η πιθανότητα ενσωμάτωσης παρόμοιας τεχνολογίας σε κάθε αντικείμενο που κατασκευάζεται, προβάλλει ως εξαιρετικά πιθανή. Τα eTags θα μπορούν να συνδέονται με το Internet, προσφέροντας χρήσιμες πληροφορίες για τον τρόπο κατασκευής, τη χώρα προέλευσης και τον ιδιοκτήτη του προϊόντος.

3.4.3 MIT

3.4.3.1 Project Oxygen

MIT Project Oxygen : Ανάμεσα στους ερευνητικούς οργανισμούς που ασχολούνται με το παρόν και το μέλλον του Ubiquitous Computing συγκαταλέγεται και το περίφημο τεχνολογικό ίδρυμα MIT (Massachusetts Institute of Technology). Το σχετικό πρόγραμμα του MIT ονομάστηκε Oxygen, αφού οι ερευνητές που ασχολούνται με την υλοποίησή του θεωρούν ότι οι υπολογιστές του μέλλοντος θα προσφέρουν τις υπηρεσίες τους από οποιαδήποτε τοποθεσία, όπως το ηλεκτρικό ρεύμα και το οξυγόνο στον αέρα που αναπνέουμε. Στόχος του συγκεκριμένου προγράμματος είναι η δημιουργία ενός υπολογιστικού συστήματος που θα συνδυάζει ποικιλία χαρακτηριστικών: **θα πρέπει να βρίσκεται παντού (pervasive), να έχει ενσωματωθεί στο περιβάλλον αλληλεπιδρώντας με αυτό (embedded), οι χρήστες να μπορούν να το χρησιμοποιούν και να το εκμεταλλεύονται εν κινήσει (nomadic) και, τέλος, θα πρέπει να λειτουργεί αιώνια, χωρίς την ανάγκη για επανεκκινήσεις ή συντήρηση (eternal)**. Η διαδικασία ανάπτυξης της απαραίτητης υποδομής οδήγησε στην κατασκευή κυρίως τριών υποσυστημάτων: των σταθερών τερματικών E21, των κινητών τερματικών H21 και

των αυτορυθμιζόμενων δικτύων N21, στα οποία θα συνδέονται τα δύο προαναφερθέντα είδη τερματικών.

3.4.3.1.1 H21

Σημαντικό ρόλο στα σχέδια του MIT διαδραματίζει η κατασκευή του Handy 21, που θα αναλάβει την ενοποίηση όλων των λειτουργιών των σημερινών gadgets σε μία μόνο φορητή συσκευή. Τα οφέλη μιας τέτοιας κίνησης είναι προφανή, αφού οι καταναλωτές δεν θα χρειάζεται να κουβαλούν πλήθος μηχανημάτων με αλληλοκαλυπτόμενες σε μεγάλο βαθμό λειτουργίες. Στόχος του Handy 21 είναι η αντικατάσταση μίας μεγάλης ποικιλίας ετερόκλητων συσκευών, αφού προσφέρει υπηρεσίες τηλεόρασης, ραδιοφώνου, pager, κινητού τηλεφώνου και ασύρματης πρόσβασης στο Internet. Είναι εξοπλισμένο με μία κεραία, που θα αποστέλλει και θα παραλαμβάνει σήματα, των οποίων την επεξεργασία θα αναλαμβάνει ένας "γενικών καθηκόντων" μικροεπεξεργαστής, ο οποίος θα επιτρέπει ταυτόχρονα στους χρήστες να εκτελούν πολλές εφαρμογές. Με μία πρώτη ματιά, η κατασκευή της συσκευής αυτής αντιμετωπίζει ένα μεγάλο πρόβλημα: Πώς είναι δυνατόν να ενσωματωθούν όλες αυτές οι λειτουργίες χωρίς το Handy 21 να μετατραπεί σε μία ογκώδη και δύσχρηστη συσκευή; Η αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού αποτέλεσε τον κύριο στόχο του προγράμματος M.I.T. Lab SpectrumWare.

Στο πλαίσιο του προγράμματος αυτού αναπτύχθηκε ένα επικοινωνιακό σύστημα πολλαπλών ρόλων, που μπορεί να προγραμματιστεί ώστε να λαμβάνει και να αποστέλλει πολλούς διαφορετικούς τύπους σημάτων. Το σύστημα ονομάστηκε Communications Chameleons, επειδή τα σήματα που μεταδίδει μπορούν να αλλάζουν, ώστε να καλύπτουν τις εκάστοτε ανάγκες του χρήστη. Για παράδειγμα, εάν ο χρήστης θελήσει να πραγματοποιήσει κάποιο τηλεφώνημα, το ενσωματωμένο σύστημα θα αρχίσει την αποστολή σημάτων κινητού τηλεφώνου. Αν αργότερα ο χρήστης θελήσει να αναζητήσει κάποιες πληροφορίες από το Internet, το σύστημα θα μεταβάλει τα σήματα που μεταδίδει, ώστε να αποκτήσει πρόσβαση στο Internet. Το κλειδί για την προσαρμοστικότητα του συστήματος είναι το λογισμικό.

Σήμερα, έχει πλέον αναπτυχθεί software, που επιτρέπει σε οποιονδήποτε υπολογιστή να λαμβάνει ραδιοφωνικά σήματα μετατρέποντάς τον έτσι σε ραδιόφωνο με μοναδικό προαπαιτούμενο τον εξοπλισμό του με μία μικρή κεραία. Η επεξεργασία, λοιπόν, των εισερχόμενων σημάτων γίνεται από τον κεντρικό επεξεργαστή του υπολογιστή και στην ίδια βασική μνήμη που χρησιμοποιούν και οι υπόλοιπες εφαρμογές. Το γεγονός αυτό επιτρέπει την κατασκευή μίας ποικιλίας επικοινωνιακών συσκευών, όπως κινητά τηλέφωνα και συσκευές ασύρματου πρόσβασης στο Διαδίκτυο, που θα μοιράζονται τους ίδιους πόρους. Παράλληλα, ελάχιστο μέρος του hardware που χρησιμοποιεί το σύστημα είναι αφιερωμένο σε κάποια εξειδικευμένη λειτουργία, γεγονός που μειώνει δραστικά τον συνολικό όγκο και βελτιώνει τον τρόπο αναβάθμισης των δυνατοτήτων του. Πραγματικά, αν ο χρήστης θέλει να βελτιώσει την απόδοση του ραδιοφώνου του, δεν έχει παρά να φορτώσει μία βελτιωμένη έκδοση του λογισμικού.

3.4.3.1.2 E21

Τα τερματικά Environmental Devices (E21) είναι συνεχώς συνδεδεμένα με γειτονικούς αισθητήρες και άλλες συσκευές. Επικοινωνούν μεταξύ τους αλλά και με τα φορητά τερματικά Handy 21, μέσω των δυναμικά αυτορυθμιζόμενων δικτύων N21, προσφέροντας σε ολόκληρο το περιβάλλον επεξεργαστική ισχύ, ικανή για την επικοινωνία των ανθρώπων μέσω φυσικής φωνής και οπτικών ερεθισμάτων. Παράλληλα, χρησιμοποιούν το ίδιο software που εκτελείται στα τερματικά H21, ενώ η κυριότερη διαφορά τους εστιάζει στον τρόπο σύνδεσης με το

φυσικό κόσμο, την επεξεργαστική ισχύ που προσφέρουν και την πολιτική που υιοθετεί το λογισμικό που εκτελούν. Πιο συγκεκριμένα, τα τερματικά E21 συνδέονται άμεσα με μεγαλύτερο αριθμό και ποικιλία αισθητήρων από ό,τι τα H21. Το γεγονός αυτό επιτρέπει στις εφαρμογές που εκτελούνται, να παρακολουθούν και να ελέγχουν το περιβάλλον του χρήστη. Για παράδειγμα, θα μπορούν να ελέγχουν ένα σύνολο μικροφώνων και να βελτιώνουν την ηχητική απόδοσή τους, απομακρύνοντας το θόρυβο που προξενεί το περιβάλλον.

Σημαντική είναι και η αύξηση στην επεξεργαστική ισχύ που προσφέρουν, αφού σε αντίθεση με τα H21 δεν περιορίζονται από παράγοντες, όπως οι μικρές φυσικές διαστάσεις, το βάρος και η χρήση μπαταριών για ενέργεια. Η ισχύς αυτή αυξάνει στο περιβάλλον του συστήματος Oxygen, αφού τα τερματικά αυτά θα μπορούν να συνδυάζουν και να καθοδηγούν τον υφιστάμενο εξοπλισμό προς την ίδια κατεύθυνση. Σε περίπτωση, λοιπόν, που απαιτείται η παρακολούθηση μίας συζήτησης, τα E21 μπορούν να εστιάσουν το σύνολο από μικρόφωνα και κάμερες που διαθέτει ο χώρος προς τη συζήτηση αυτή. Τέλος, θα μπορούν να διαθέτουν χώρο τον οποίο οι συσκευές H21 θα χρησιμοποιούν για την αποθήκευση λογισμικού και ρυθμίσεων του χρήστη.

3.4.3.1.3 N21

Τα νέα δίκτυα Networks (N21) που αναπτύσσει το MIT επιτρέπουν στις εφαρμογές να χρησιμοποιούν κατά την επικοινωνία τους ονόματα που θα περιγράφουν τις πληροφορίες και τις λειτουργίες που αναζητούν. Παράλληλα, θα επιτρέπουν στις συσκευές να χρησιμοποιούν πολλαπλά πρωτόκολλα επικοινωνίας και με τον τρόπο αυτό θα είναι δυνατή η προσαρμογή τους σε μεταβαλλόμενες συνθήκες επικοινωνίας, όπως υπερφορτωμένα ή κακής ποιότητας δίκτυα.

3.4.4 Microsoft

3.4.4.1 EasyLiving

Microsoft EasyLiving: Το πρόγραμμα EasyLiving αποτελεί μέρος της έρευνας για την τεχνολογία Ubiquitous Computing από τη Microsoft. Στόχος του είναι η ανάπτυξη μίας πρότυπης αρχιτεκτονικής και των κατάλληλων τεχνολογιών για τη δημιουργία ενός "έξυπνου" περιβάλλοντος. Επικεντρώνεται στις εφαρμογές εκείνες όπου η αλληλεπίδραση μεταξύ υπολογιστή και ανθρώπου ξεφεύγει από τα στενά όρια του desktop. Παράλληλα και η επικοινωνία μεταξύ των συσκευών θα βελτιωθεί, αφού θα μπορούν να δηλώνουν όχι μόνο την ύπαρξή τους αλλά και τη λειτουργία που επιτελούν. Για παράδειγμα, τρεις συσκευές θα μπορούν να "συστήνονται" μεταξύ τους μέσω ασύρματου δικτύου ως "DVD player", "οθόνη" και "μεγάφωνο". Εφόσον οι δυνατότητες αυτές γνωστοποιηθούν, θα ενεργοποιηθεί και θα προσφερθεί στο χρήστη η δυνατότητα να παρακολουθήσει κάποια ταινία. Αν ένα ζευγάρι ακουστικών βρίσκεται επίσης στην περιοχή, θα μπορέσει να γνωστοποιήσει την ύπαρξή του, ενεργοποιώντας παράλληλα τη δυνατότητα παρακολούθησης της ταινίας μέσω ακουστικών. Για να επιτευχθεί τέτοιας μορφής επικοινωνία, θα πρέπει πρώτα να αναπτυχθεί το κατάλληλο πρωτόκολλο επικοινωνίας.

Η Microsoft φαίνεται να απορρίπτει το μοντέλο λειτουργίας μέσω συσκευών που θα μεταφέρει ο χρήστης, ενώ αντίθετα ο υπολογιστής που θα εξυπηρετεί τον άνθρωπο θα είναι συνεχώς προσβάσιμος από συσκευές που θα βρίσκονται στο περιβάλλον, όπως κάμερες, μικρόφωνα και άλλοι αισθητήρες. Ταυτόχρονα, ο υπολογιστής θα μπορεί συνεχώς να επικοινωνεί με το χρήστη, στέλνοντας

ακουστικά ή οπικά μηνύματα μέσω των ίδιων συσκευών. Στο περιβάλλον αυτό, η εισαγωγή νέων συσκευών, όπως μίας οθόνης CRT, είναι απλούστατη, αφού η συσκευή θα αναλάβει να ειδοποιήσει το σύστημα για την παρουσία της και η αξιοποίησή της θα είναι δυνατή από την πρώτη κιάλας στιγμή. Η δυνατότητα αυτή ονομάζεται Extensible Computing και συμβολίζει την άμεση και εύκολη εισαγωγή νέων πόρων με τη μορφή νέων συσκευών στο υπολογιστικό περιβάλλον.

Κλειδί στο μοντέλο αυτό είναι για ακόμη μία φορά η δυνατότητα εντοπισμού της θέσης τόσο του χρήστη όσο και των συσκευών. Διαφορετικά ο υπολογιστής δεν θα μπορεί να ειδοποιήσει το χρήστη, αφού η οθόνη που θα περιέχει το μήνυμα μπορεί να βρίσκεται εκτός του οπτικού πεδίου του ή το μεγάφωνο εκτός του ακουστικού πεδίου του. Για το λόγο αυτόν, συσκευές ελαχίστων διαστάσεων, που θα επιτρέπουν τον εντοπισμό τους όπως αυτές που έχουμε ήδη αναφέρει, θεωρούνται αναπόσπαστο στοιχείο της τεχνολογίας EasyLiving.

3.4.5 IBM

3.4.5.1 Ψηφιακοί Βοηθοί

IBM: Σύμφωνα με την IBM, η βασική ιδέα πίσω από την τεχνολογία Pervasive Computing είναι ότι η επεξεργαστική ισχύς γίνεται συνεχώς φθηνότερη, ενώ ταυτόχρονα το απαιτούμενο hardware καταλαμβάνει ολοένα μικρότερο όγκο. Αποτέλεσμα της διαπίστωσης αυτής είναι ότι οι ογκώδεις και πολύπλοκοι προσωπικοί υπολογιστές, που είναι επιφορτισμένοι με μία μεγάλη ποικιλία καθηκόντων, θα παραχωρήσουν σιγά - σιγά τη θέση τους σε μία νέα γενιά "έξυπνων" συσκευών, όπως προσωπικοί ψηφιακοί βοηθοί (Personal Digital Assistants - PDA), εικονοτηλέφωνα, σταθμοί πληροφοριών (Kiosks), κινητά τηλέφωνα εμπλουτισμένα με περισσότερες δυνατότητες και αρμοδιότητες, ακόμη και "έξυπνες" πιστωτικές κάρτες. Η κατάσταση αυτή θα μας απελευθερώσει από τους σταθερούς προσωπικούς υπολογιστές που καταλαμβάνουν σημαντικό χώρο στο γραφείο μας, ενώ παράλληλα θα αποτελέσουν τη λογική προέκταση του δικτυωμένου κόσμου μας.

Οι αμέτρητες συσκευές που θα κατακλύσουν την αγορά και θα λειτουργούν εντός του ψηφιακού κόσμου του Pervasive Computing, θα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους, όπως και οι άνθρωποι που θα τις χειρίζονται. Το PalmPilot, για παράδειγμα, είναι ένα PDA μικρού μεγέθους, που διαθέτει μία περιορισμένων διαστάσεων οθόνη και μπορεί να απεικονίσει μερικές αποχρώσεις του γκρι, αλλά καθόλου χρώματα. Άλλες φορητές συσκευές, όπως οι pagers που χρησιμοποιούνται για την ειδοποίηση του χρήστη τους, έχουν ακόμη μικρότερες δυνατότητες. Τέλος, συσκευές που θα είναι ενσωματωμένες σε αυτοκίνητα ή άλλο εξοπλισμό, δεν θα διαθέτουν καμία οθόνη. Το εύρος των δυνατοτήτων δεν επικεντρώνεται στην ύπαρξη ή μη κάποιου συστήματος απεικόνισης, αλλά επεκτείνεται στην ταχύτητα σύνδεσης με το ευρύτερο δίκτυο, την επεξεργαστική ισχύ, την ενσωματωμένη μνήμη και πολλά άλλα χαρακτηριστικά.

Η IBM έχει σχηματοποιήσει την παροχή online multimedia υλικού με τη βοήθεια μίας πυραμίδας που ονομάζει Infopyramid. Ο ένας άξονας αυτής της πυραμίδας αναφέρεται στο είδος της πληροφορίας, αν αυτή δηλαδή είναι κείμενο, εικόνα, ήχοι ή βίντεο και ο άλλος στην πιστότητα αναπαραγωγής της πληροφορίας. Η θεώρηση αυτή επιτρέπει κατά την αναπαραγωγή του multimedia υλικού να λαμβάνονται υπόψη παράγοντες, όπως οι προτιμήσεις των χρηστών, οι δυνατότητες της συσκευής αναπαραγωγής του και το εύρος διαμεταγωγής του δικτύου. Επιπροσθέτως, η αναπαραγωγή του υλικού δεν χρειάζεται να παραμένει σταθερή, αλλά αντίθετα όταν, για παράδειγμα, οι μπαταρίες της συσκευής έχουν σχεδόν αποφορτιστεί, θα μπορεί να λαμβάνει και να αναπαραγάγει τις πληροφορίες με μικρότερη ποιότητα προς εξοικονόμηση ενέργειας. Η διαδικασία

προσδιορισμού της ποιότητας αποστολής και αναπαραγωγής της πληροφορίας, ανάλογα με τη συσκευή που χρησιμοποιείται, ονομάζεται transcoding.

Η μετατροπή της πληροφορίας για διάφορους τύπους συσκευών γίνεται ευκολότερη όταν οι φορείς του περιεχομένου θέτουν κάποιες προτεραιότητες. Για παράδειγμα, στην περίπτωση που η συσκευή του χρήστη δεν μπορεί να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις υψηλής ανάλυσης εικόνων ή βίντεο, θα ήταν χρήσιμο να έχουν τεθεί προτεραιότητες ώστε να μεταδίδεται τουλάχιστον κάποια χαμηλότερης ποιότητας εικόνα ή μόνο ο ήχος. Τα εργαλεία που αναπτύσσει η IBM δίνουν την απάντηση στο πρόβλημα αυτό, επιτρέποντας, για παράδειγμα, σε ειδησεογραφικά sites να αποστέλλουν μόνο τις βασικές επικεφαλίδες, όταν η συσκευή του χρήστη αδυνατεί να παρουσιάσει το υπόλοιπο υλικό που περιλαμβάνεται στις ιστοσελίδες τους.

Άλλοι επιστήμονες στο Ερευνητικό Εργαστήριο της IBM στο Τόκιο εργάζονται πάνω σε μία διαφορετική προσέγγιση του προβλήματος. Προσπαθούν να αναπτύξουν τρόπους δημιουργίας ιστοσελίδων δυναμικά, ανάλογα με τη συσκευή που έχει πρόσβαση. Το πρόγραμμα ονομάζεται **Dharma (Dynamic generation of HTML Documents with Adaptive Rendering for MicroAgents)** και επιτρέπει την αναπροσαρμογή των ιστοσελίδων, ανάλογα με την ταχύτητα επικοινωνίας, το μέγεθος οθόνης και άλλες παραμέτρους. Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται ήδη από την ιαπωνική τράπεζα Sakura Bank, επιτρέποντας σε χρήστες ορισμένων κινητών τηλεφώνων να έχουν πρόσβαση στους λογαριασμούς τους και να κάνουν τραπεζικές εργασίες.

3.4.6 INTEL

3.4.6.1 MEMS

INTEL MEMS: Ο ηγέτης στην αγορά επεξεργαστών σήμερα, επενδύει όλο και μεγαλύτερα ποσά στην ανάπτυξη της τεχνολογίας "Proactive Computing", δηλαδή τη δημιουργία μικροϋπολογιστών που θα είναι ενσωματωμένοι σε διάφορες συσκευές. Οι υπολογιστές αυτοί θα συγκεντρώνουν στοιχεία του φυσικού κόσμου από αισθητήρες και θα τα διαβιβάζουν μέσω δικτύων. Στον πυρήνα των δικτύων αυτών βρίσκονται τα λεγόμενα μικροηλεκτρομηχανικά συστήματα (microelectromechanical systems - MEMS), δηλαδή υπολογιστές ελαχίστων διαστάσεων που, μεταξύ άλλων, θα ενσωματώνουν χώρο αποθήκευσης δεδομένων. Τα συστήματα αυτά έχουν ήδη αναπτυχθεί και χρησιμοποιούνται μεταξύ άλλων σε μηχανισμούς αντιμπλοκαρίσματος τροχών (ABS) και συστήματα αερόσακων. Ωστόσο, το μέλλον προμηνύεται περισσότερο λαμπρό, αφού θα ενσωματωθούν ακόμη και σε ανθρώπους, με σκοπό την παρακολούθηση τραυματισμών του δέρματος ή την παροχή οδηγιών σε περίπτωση που αυτοί χαθούν. Το πρόγραμμα αυτό δεν αποτελεί μία απλή εσωτερική προσπάθεια της εταιρείας, αλλά αντίθετα σχεδιάζεται η δημιουργία κλάδων του τμήματος Έρευνας και Ανάπτυξής της σε συνεργασία με τεχνολογικά πανεπιστήμια.

Σύμφωνα με την Intel, η δύναμη που οδηγεί τις εξελίξεις αυτές είναι η υπερπληθώρα πληροφοριών που αναμένεται να αντιμετωπίσουμε στο μέλλον. Με απλά λόγια, η ποσότητα δεδομένων, που ακόμη και σήμερα μας βομβαρδίζει, ξεπερνά κατά πολύ τις δυνατότητές μας για διαχείρισή τους. Τα συστήματα MEMS θα κυριαρχήσουν στη διαχείριση πληροφοριών, αφού θα μπορούν να συγκεντρώνουν αυτόματα τα απαραίτητα και μόνο στοιχεία, χωρίς την καθοδήγηση των ανθρώπων. Θεωρητικά, τα συστήματα αυτά θα μπορούν να τοποθετούνται και στο περιβάλλον. Για παράδειγμα, το Πανεπιστήμιο της Washington τοποθετεί δικτυωμένους αισθητήρες στην τεκτονική πλάκα του Ειρηνικού Ωκεανού, με σκοπό την παρακολούθηση της κίνησης της επιφάνειας του πλανήτη. Ένα εξίσου χρήσιμο χαρακτηριστικό της προσέγγισης αυτής είναι ότι οι

αισθητήρες δεν χρειάζεται να είναι συνεχώς ενεργοποιημένοι, κάτι που θα οδηγούσε σε πλημμυρίδα πληροφοριών. Αντίθετα, στο προηγούμενο παράδειγμα οι αισθητήρες θα μπορούσαν να ενεργοποιηθούν μόνο κατά τη διάρκεια ενός σεισμού.

Ψηφιακοί Βοηθοί: Παρά την υπόσχεσή τους για παροχή άμεσης και συνεχούς βοήθειας, οι προαναφερόμενες τεχνολογίες εξαρτώνται κατά ένα μεγάλο βαθμό από την άμεση επικοινωνία μεταξύ ανθρώπων και γνωστών σε αυτούς συσκευών. Στην πραγματικότητα, είτε οι άνθρωποι βρίσκονται στο σπίτι είτε στο δρόμο, θα είναι συνεχής η ανάγκη για επικοινωνία και λειτουργία με υπηρεσίες που αγνοούν και με τις οποίες δεν θα θέλουν να επικοινωνούν απευθείας. Η κατάσταση αυτή αποτελεί ακόμη μία πλευρά του Ubiquitous Computing. **Προγράμματα λογισμικού (software agents ή bots) θα πρέπει να ενεργούν συνεχώς στο παρασκήνιο, αναζητώντας υπηρεσίες και εκτελώντας ενέργειες χωρίς να απασχολούν τους ανθρώπους με περιττές λεπτομέρειες.** Πολλά bots κυκλοφορούν ήδη στην αγορά, αναζητώντας και δημιουργώντας αυτόματα καταλόγους με sites στο Internet ή παρακολουθώντας τις προτιμήσεις των χρηστών για εμπορικούς λόγους.

Μία νέα γενιά παρόμοιων συσκευών, όμως, αναμένεται να παρουσιαστεί στο εγγύς μέλλον. Ορισμένα από αυτά τα μελλοντικά bots θα απευθύνονται σε συγκεκριμένες συσκευές ή εφαρμογές. Αλλά πάλι θα προσομοιάζουν διευθύνοντα στελέχη, ψάχνοντας για ευκαιρίες, κάνοντας διαπραγματεύσεις και ομαδοποιώντας ή συντονίζοντας υπηρεσίες. Τα πρώτα είδη bots που θα αναπτυχθούν και θα κυκλοφορήσουν, θα έχουν ως σκοπό το φιλτράρισμα των άχρηστων πληροφοριών, με τελικό αποτέλεσμα την αποφόρτιση του χρήστη. Η διαδικασία αυτή είναι επαρκώς διαδεδομένη για email ακόμη και σήμερα, αλλά, όπως είναι φυσικό, θα επεκταθεί και στο χώρο της τηλεφωνίας, καθώς και σε άλλες μορφές επικοινωνίας που θα αναπτυχθούν εν τω μεταξύ. Ως προς τα emails, πολλές εταιρείες εργάζονται ήδη για την προστασία του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου μας με κανόνες που βασίζονται στη σχέση (αν υπάρχει) μεταξύ του αποστολέα και του αποδέκτη, στο περιεχόμενο του μηνύματος, στις λέξεις που περιλαμβάνει και πολλά άλλα. Η ανάλυση των δεδομένων αυτών οδηγεί το λογισμικό στην κατάλληλη απόφαση για τον καθολικό χειρισμό των μηνυμάτων, χωρίς ο χρήστης να αντιλαμβάνεται το παραμικρό από την πολύπλοκη αυτή διαδικασία. Μελλοντικά, διάφοροι agents θα μπορούν να καθορίσουν τις αποφάσεις που λαμβάνουν ανάλογα με το αν ο χρήστης είναι απασχολημένος ή όχι, αν βρίσκεται στο γραφείο του ή αν απουσιάζει. Για το σκοπό αυτόν, οι υπολογιστές θα πρέπει να εξοπλιστούν με αισθητήρες, δηλαδή μικρόφωνα και μικροκάμερες που θα παρατηρούν τη συμπεριφορά του χρήστη.

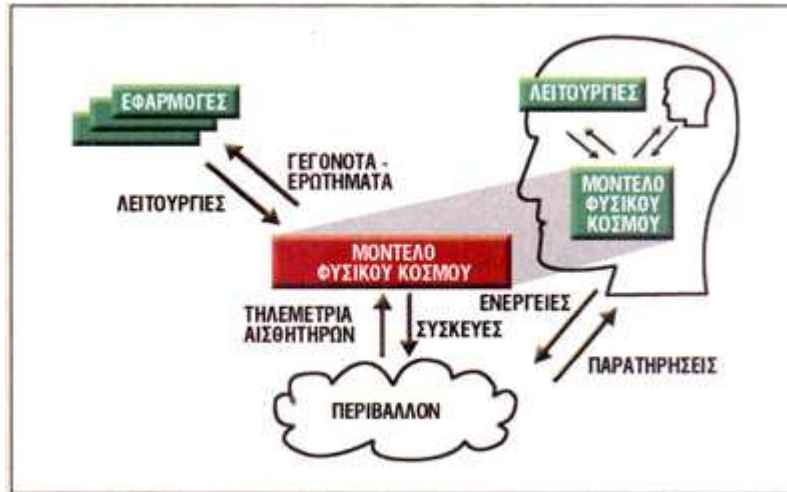
Ο μελλοντολογικός χαρακτήρας της τεχνολογίας αυτής επικεντρώνεται στις διαδικασίες ανάλυσης των δεδομένων, που θα βασίζονται σε στατιστικά μοντέλα λογικής, ώστε να αντλούν συμπεράσματα από την εκάστοτε συμπεριφορά του χρήστη. Οι ίδιες τεχνικές επιτρέπουν στο σύστημα να διδάσκεται από τις εμπειρίες του παρελθόντος και να βελτιώνει την απόδοσή του. Το σύστημα Open Agent Architecture (OAA) απελευθερώνει τους ανθρώπους από την ανάγκη για άμεσο έλεγχο των ψηφιακών βοηθών τους. Το μόνο που έχουν να κάνουν είναι να εκφράσουν τις επιθυμίες τους μέσω μικροφώνου, πληκτρολογίου ή με οποιονδήποτε άλλο τρόπο και οι απαραίτητες ενέργειες προς ικανοποίηση της επιθυμίας θα δρομολογηθούν αυτόματα. Ακόμη, όμως, και αυτή η προοπτική δεν αποτελεί τίποτα περισσότερο από ένα απλό... ορεκτικό. Η πραγματική πρόκληση βρίσκεται στην κατασκευή agents, που θα μεταβάλλουν τη συμπεριφορά τους, προσαρμοζόμενοι κάθε φορά στις ανάγκες του ιδιοκτήτη ή χρήστη τους.

Προσπατούμενο για την εξέλιξη αυτή είναι το ζεύγος ανθρώπου και agent να παραμένει για μεγάλο χρονικό διάστημα μαζί, ώστε το δεύτερο να μπορεί να σχηματίσει μία "αντίληψη" για τον τρόπο συμπεριφοράς, τις επιδιώξεις και τις ανάγκες του πρώτου. Το μοντέλο αυτό προσομοιάζει την περίπτωση μίας ψηφιακής γραμματέως, που μέσα από τη συνεχή επαφή και ενασχόληση με τις υποθέσεις του "προϊστάμενου" της, μαθαίνει να μεταβάλλει τις αντιδράσεις και τον τρόπο με τον οποίο του παρέχει βοήθεια.

Το όραμα του Ubiquitous Computing παραμένει εν πολλοίς ακριβώς αυτό: ένα όραμα. Πέρα από την τεράστια τεχνολογική πρόκληση για την κατασκευή των απαραίτητων συσκευών και της απαιτούμενης υποδομής, αναδύεται ένα πλήθος περίπλοκων θεμάτων, με προφανείς συνέπειες για τους ανθρώπους. Η κατασκευή του απόλυτα συνδεδεμένου κόσμου θα έχει σημαντικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη δραστηριότητα, υλοποιώντας σε μεγάλο βαθμό την υπόθεση που κατέγραψε ο George Orwell στο βιβλίο του "1984". Απαντήσεις στα σχετικά ερωτήματα δεν έχουν δοθεί, κάτι που σημαίνει ότι η τεχνολογία Ubiquitous Computing στις πραγματικές διαστάσεις της απέχει πολύ από την ολοκληρωμένη υλοποίησή της. Παρ' όλα αυτά, τα κομμάτια του παζλ σταδιακά ενώνονται, για να σχηματίσουν τον καινούριο κόσμο.

3.5 Υπολογιστές του Μέλλοντος

Θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι η εξελικτική πορεία των υπολογιστών είναι στην πραγματικότητα προδιαγεγραμμένη, εξαιρετικά απλή και σαφώς καθορισμένη. Αρχικά δεν υπήρχαν καθόλου υπολογιστές, έπειτα εφευρέθηκαν και οι υπηρεσίες που προσέφεραν αξιοποιήθηκαν πλήρως, ενώ, τελικά, θα σταματήσουν και πάλι να υπάρχουν. Μεταξύ του δεύτερου και τρίτου σταδίου, οι υπολογιστές απλώς θα "εξαφανιστούν". Δεν θα σταματήσουν να υπάρχουν εντελώς, απλώς θα ξεθωριάσουν στο φόντο της ανθρώπινης δραστηριότητας και, τελικά, θα ενσωματωθούν πλήρως σε αυτήν. Τα διαφορετικά αυτά στάδια μπορούμε να ονοματίσουμε σύμφωνα με την κεντρική ιδέα που τα χαρακτηρίζει. Σε πρώτη φάση, οι υπολογιστές ξέφυγαν από τα στενά πλαίσια των ερευνητικών κέντρων, μεγάλων εταιρειών και κυβερνητικών οργανισμών και διαδόθηκαν στο καταναλωτικό κοινό ολόκληρου του κόσμου. Η περίοδος αυτή εκτείνεται από τη δεκαετία του 1980 μέχρι τη δεκαετία του 1990 και σηματοδοτεί την εποχή των προσωπικών υπολογιστών. Με την επέλαση του Internet και του παγκόσμιου ιστού (World Wide Web), η εποχή αυτή άρχισε, αργά αλλά σταθερά, να μετατρέπεται σε μία νέα μορφή, που χαρακτηρίζεται ως Ubiquitous ή Pervasive Computing και ξεκίνησε από τα μέσα της δεκαετίας του 1990, συνεχίζεται μέχρι σήμερα και αναμένεται να διαρκέσει πολλά χρόνια ακόμη. Ως κεντρική ιδέα και κύριο χαρακτηριστικό έχει τους εκατομμύρια υπολογιστές και φορητές συσκευές, που είναι ενωμένες σε ένα καθολικό δίκτυο, το οποίο προσφέρει παντός είδους πληροφορία σε κάθε σημείο του πλανήτη, καθ' όλο το εικοσιτετράωρο.



(σχήμα.ζ)

Οι εξελίξεις, όμως, δεν σταματούν εδώ, αφού και αυτή η εποχή θα παραδώσει τα σκήπτρα της ή απλώς θα μεταλλαχθεί προς την επόμενη. Ως προς τη μορφή των εξελίξεων, μοναχά υποθέσεις μπορούμε να κάνουμε και μάλιστα εξαιρετικά παρακινδυνευμένες. Θεωρητικά, η επεξεργαστική ισχύς θα υποστεί την απόλυτη αποκέντρωση, αφού θα είναι μοιρασμένη μεταξύ δισεκατομμυρίων συσκευών που θα επικοινωνούν και θα αλληλεπιδρούν. Παράλληλα, αμέτρητοι ανιχνευτές (sensors), κατασκευασμένοι από οργανική ή ανόργανη ύλη, θα προβλέπουν τις κινήσεις, τη διάθεση και τις ενέργειές μας, ώστε να μας προλαμβάνουν και να μας εξυπηρετούν πριν ακόμη να εκφράσουμε την όποια επιθυμία μας. Η δικτύωσή τους θα βασιστεί σε ασύρματα δίκτυα και τεχνολογίες peer-to-peer, δημιουργώντας ένα πυκνό πλέγμα αισθητήρων που θα λειτουργεί για εμάς, χωρίς τη μεσολάβησή μας και χωρίς εμείς να το γνωρίζουμε συνειδητά. Είναι αυτή ακριβώς η εποχή όπου οι υπολογιστές θα περάσουν στο τελικό(;) στάδιο της εξέλιξής τους, εξαφανιζόμενοι από την άμεση παρατήρησή μας. Τη θέση τους θα καταλάβουν αμέτρητες συσκευές, οι οποίες θα περιλαμβάνουν κάποιου είδους μικροεπεξεργαστή που θα τις βοηθά να αναγνωρίζουν πού βρίσκονται, ποιος τις χειρίζεται και τι βρίσκεται κοντά τους.

Θα πλησιάσουν αρκετά κοντά σε αυτό που ονομάζουμε συνείδηση και με τον τρόπο αυτό ο ψηφιακός κόσμος, που βασίζεται σε ανόργανη ύλη, θα αποκτήσει οργανικές ιδιότητες και χρησιμοποιώντας την επεξεργαστική δύναμή του, θα μπορεί να αλληλεπιδρά με το περιβάλλον του. Σε γενικές γραμμές, αυτές οι εξωπραγματικές ακόμη εξελίξεις αποτελούν προϊόν μίας φυσικής διαδικασίας. Οι άνθρωποι εκ φύσεως απαιτούν μία τεχνολογία που θα τους επιτρέπει να παραμένουν συνεχώς σε επικοινωνία μεταξύ τους και ταυτόχρονα θα τους επιτρέπει να εκμεταλλεύονται πλήρως το περιβάλλον στο οποίο βρίσκονται. Δεν θέλουν να ασχολούνται με κάθε μικρολεπτομέρεια, αλλά αντίθετα η βοήθεια αυτή θα πρέπει να παρέχεται αδιαφανώς, χωρίς οι ίδιοι να αντιλαμβάνονται την παρουσία του προσωπικού ψηφιακού βοηθού τους. Το πώς ακριβώς θα πραγματοποιηθεί αυτό το όραμα αποτελεί προσφιλές αντικείμενο βιβλίων επιστημονικής φαντασίας, αλλά εσχάτως και επιστημόνων πολλών εταιρειών και οργανισμών.

Κεφάλαιο 4

Πτητικά συστήματα (Volatile systems)

Από την άποψη των διανεμημένων συστημάτων, δεν υπάρχει καμία ουσιαστική διαφορά μεταξύ του κινητού και πανταχού παρόντος υπολογισμού ή των πεδίων που έχουμε εισάγει (ή των πεδίων που έχουμε αφήσει, όπως ο απτός υπολογισμός (tangible computing) [Ishii and Ullmer, 1997], και η αυξημένη πραγματικότητα όπως εξηγείται στο ψηφιακό γραφείο του Wellner [Wellner, 1991]. Σε αυτήν την υποενότητα δίνουμε ένα πρότυπο των πτητικών συστημάτων που καλύπτει τα ουσιαστικά διανεμημένα χαρακτηριστικά γνωρίσματα συστημάτων όλων αυτών.

Καλούμε τα συστήματα που περιγράφονται σε αυτό το κεφάλαιο **πτητικά** (volatile). Το σύνολο των χρηστών, του υλικού και του λογισμικού στα κινητά και πανταχού παρόντα συστήματα είναι ιδιαίτερα δυναμικό και αλλάζει απρόβλεπτα. Μια άλλη λέξη που θα χρησιμοποιήσουμε μερικές φορές για αυτά τα συστήματα είναι **αυθόρμητα** (spontaneous), η οποία εμφανίζεται στη λογοτεχνία στην φράση: αυθόρμητη δικτύωση (spontaneous networking).

Οι σχετικές μορφές της μεταβλητότητας / volatility περιλαμβάνουν:

- Αποτυχίες των συσκευών και των συνδέσεων επικοινωνίας,
- Αλλαγές στα χαρακτηριστικά της επικοινωνίας όπως το εύρος ζώνης,
- Δημιουργία και καταστροφή των ενώσεων – λογικές σχέσεις επικοινωνίας – μεταξύ των τμημάτων λογισμικού στις συσκευές

Εδώ ο όρος 'συστατικό' (component) καλύπτει οποιαδήποτε μονάδα λογισμικού όπως τα αντικείμενα ή τις διαδικασίες, ανεξάρτητα από εάν επικοινωνεί ως πελάτης ή κεντρικός υπολογιστής ή peer.

Η αστάθεια δεν είναι μια ιδιοκτησία καθορισμού των κινητών και πανταχού παρόντων συστημάτων: υπάρχουν άλλοι τύποι συστημάτων που καταδεικνύουν μια ή περισσότερες μορφές αστάθειας αλλά που δεν είναι ούτε κινητά ούτε πανταχού παρόντα συστήματα. Ένα καλό παράδειγμα είναι ο peer-to-peer υπολογισμός όπως οι εφαρμογές file-sharing, στις οποίες το σύνολο συμμετέχουσων διαδικασιών και οι συσχετίσεις μεταξύ τους υπόκειται στα υψηλά ποσοστά αλλαγής. Αυτό που είναι το διαφορετικό για τον κινητό και πανταχού παρόντα υπολογισμό είναι το έκθεμα όλων των παραπάνω μορφών αστάθειας, λόγω του τρόπου που είναι ενσωματωμένοι στο φυσικό κόσμο. Έχουμε πολλά να πούμε για αυτήν την φυσική ολοκλήρωση και πώς προκαλεί την αστάθεια. Αλλά η φυσική ολοκλήρωση δεν είναι η ίδια μια διανεμημένη ιδιοκτησία συστημάτων ενώ η αστάθεια είναι. Ως εκ τούτου αυτός είναι ο όρος που υιοθετούμε.

Στο υπόλοιπο αυτού του τμήματος θα περιγράψουμε τα έξυπνα διαστήματα, τα όποια είναι περιβάλλοντα μέσα στα οποία τα πτητικά συστήματα υπάρχουν. Κατόπιν θα χαρακτηρίσουμε τις κινητές και πανταχού παρούσες συσκευές, τη φυσική και λογική συνδετικότητα τους, και τις συνέπειες στην μειωμένη εμπιστοσύνη (lowered trust) και στη προστασία της ιδιωτικής ζωής (privacy).

4.1 Έξυπνα διαστήματα (Smart spaces)

Τα φυσικά διαστήματα είναι σημαντικά δεδομένου ότι διαμορφώνουν το υπόβαθρο στον κινητό και πανταχού παρόντα υπολογισμό. Η κινητικότητα πραγματοποιείται μεταξύ των φυσικών διαστημάτων, και ο πανταχού παρών υπολογισμός ενσωματώνεται στα φυσικά διαστήματα. Ένα έξυπνο διάστημα είναι οποιαδήποτε φυσική θέση με τις ενσωματωμένες υπηρεσίες – δηλαδή υπηρεσίες που παρέχονται μόνο ή κυρίως μέσα σε εκείνο το φυσικό διάστημα. Είναι δυνατό να

εισαχθούν οι συσκευές υπολογισμού στον κόσμο, όπου καμία υποδομή δεν υπάρχει, για να εκτελέσουν μια εφαρμογή όπως ο περιβαλλοντικός έλεγχος. Αλλά πιο χαρακτηριστικά οι κινητές συσκευές και τα πανταχού παρόντα συστήματα υπάρχουν σε οποιοδήποτε χρόνο σε ένα υπολογιστικά ενισχυμένο μέρος του χτισμένου ή τροχιαίου περιβάλλοντος όπως ένα δωμάτιο, ένα κτήριο, μία πλατεία χωριού ή ένα τρένο μεταφοράς. Σε εκείνες τις περιπτώσεις, το έξυπνο διάστημα περιέχει χαρακτηριστικά μιας σχετικά σταθερής υποδομής υπολογισμούς, οι οποίοι μπορεί να περιλάβουν τους συμβατικούς υπολογιστές κεντρικών υπολογιστών, συσκευές όπως οι εκτυπωτές και οι οθόνες, αισθητήρες και μια ασύρματη υποδομή δικτύωσης, συμπεριλαμβανομένης και μιας σύνδεσης στο Διαδίκτυο.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι κίνησης η " εμφάνιση και εξαφάνιση " που μπορούν να εμφανιστούν στα έξυπνα διαστήματα.

(-) Κατ' αρχάς, υπάρχει φυσική κινητικότητα. Τα έξυπνα διαστήματα ενεργούν ως περιβάλλοντα για τις συσκευές που τα επισκέπτονται. Οι χρήστες έρχονται και αναχωρούν με τις συσκευές που φέρνουν ή φορούν, οι ρομποτικές συσκευές μπορούν ακόμη και να κινηθούν μέσα και έξω από το διάστημα.

(-) Δεύτερον, υπάρχει λογική κινητικότητα. Μια κινητή διαδικασία ή ένας πράκτορας μπορεί να κινηθεί προς ή από ένα έξυπνο διάστημα από μια προσωπική συσκευή χρηστών. Επίσης, μια φυσική μετακίνηση συσκευής μπορεί να προκαλέσει τη λογική μετακίνηση των συστατικών της. Εντούτοις, εάν ένα συστατικό κινείται ή όχι λόγω της φυσικής μετακίνησης της συσκευής του, η λογική κινητικότητα δεν έχει εμφανιστεί υπό οποιαδήποτε ενδιαφέρουσα έννοια εκτός αν το συστατικό αλλάζει μερικές από τις ενώσεις του με άλλα συστατικά.

(-) Τρίτον, οι χρήστες μπορούν να προσθέσουν τις σχετικά στατικές συσκευές όπως τα media player ως πιο μακροπρόθεσμες προσθήκες στο διάστημα, και να αποσύρουν αντίστοιχα τις παλαιότερες συσκευές. Εξετάστε, παραδείγματος χάριν, την εξέλιξη ενός *smart home* του οποίου οι κάτοχοι ποικίλλουν το σύνολο των συσκευών μέσα σε αυτό [Edwards and Grinter, 2001] με έναν σχετικά μη σχεδιασμένο τρόπο κατά τη διάρκεια του χρόνου.

(-) Τέταρτον και τελευταίο, οι συσκευές μπορούν να αποτύχουν και έτσι να εξαφανιστούν 'disappear' από ένα διάστημα.

Μερικά από εκείνα τα φαινόμενα φαίνονται παρόμοια με τη κατανομημένη προοπτική συστημάτων. Σε κάθε περίπτωση, αν ένα τμήμα λογισμικού εμφανίζεται σε ένα προϋπάρχον έξυπνο διάστημα και, εάν δεν οδηγεί σε τίποτα ενδιαφέρον, γίνεται ενσωματωμένο, τουλάχιστον προσωρινά, σε εκείνο το διάστημα. Αν τώρα ένα τμήμα λογισμικού εξαφανίζεται από το διάστημα μέσω της κινητικότητας είναι είτε επειδή είναι απλά σβησμένο ή είτε επειδή απέτυχε. Μπορεί ή και δεν μπορεί να είναι δυνατόν για οποιοδήποτε ιδιαίτερο συστατικό να διακρίνει 'infrastructure' συσκευές από 'visiting' συσκευές.

Εντούτοις, υπάρχουν σημαντικές διακρίσεις που γίνονται κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος. Μια σημαντική διαφορά που μπορεί να προκύψει μεταξύ των πτητικών συστημάτων είναι ο ρυθμός αλλαγής. Οι αλγόριθμοι που πρέπει να αντιμετωπίσουν μια χούφτα εμφανιζόμενων ή εξαφανιζόμενων συστατικών ημερησίως (π.χ. σε ένα έξυπνο σπίτι) μπορεί να είναι διαφορετικά σχεδιασμένοι σε σχέση με αυτούς που έχουν τουλάχιστον μία αλλαγή εμφάνισης την φορά (π.χ. ένα σύστημα που εφαρμόζεται χρησιμοποιώντας την επικοινωνία Bluetooth μεταξύ των κινητών τηλεφώνων σε μια υπερπληθυσμένη πόλη). Επιπλέον, ενώ όλα τα ανωτέρω φαινόμενα εμφάνισης και εξαφάνισης εμφανίζονται παρόμοια με μια πρώτη προσέγγιση, υπάρχουν φυσικά σημαντικές διαφορές. Παραδείγματος χάριν, από την άποψη ασφάλειας, είναι ένα πράγμα για τη συσκευή ενός χρήστη να

εισάγει ένα έξυπνο διάστημα και άλλο πράγμα για ένα εξωτερικό τμήμα λογισμικού να κινηθεί προς μια συσκευή υποδομής που ανήκει στο διάστημα.

4.2 Πρότυπο συσκευών (Device model)

Με την άνοδο του κινητού και πανταχού παρόντος υπολογισμού, μια νέα κατηγορία συσκευής υπολογισμού γίνεται ένα μέρος των κατανεμημένων συστημάτων. Αυτή η συσκευή είναι περιορισμένη στους πόρους ενεργειακού ανεφοδιασμού και υπολογισμού της και μπορεί να έχει τους τρόπους της αλληλεπίδρασης με το φυσικό κόσμο: αισθητήρες όπως οι φωτεινοί ανιχνευτές (light detectors), ή/και ενεργοποιητές όπως προγραμματιστικά μέσα κίνησης.

4.2.1 Ζητήματα

4.2.1α Περιορισμένη ενέργεια (Limited energy): Μια συσκευή που είναι φορητή ή ενσωματωμένη στο φυσικό κόσμο πρέπει χαρακτηριστικά να δουλεύει με μπαταρίες, και όσο μικρότερη και ελαφρύτερη είναι η συσκευή, τόσο χαμηλότερη θα είναι και η ικανότητα της μπαταρίας της. Το να αντικαταστήσεις ή να επαναφορτίσεις αυτές τις μπαταρίες εκτίθεται σε κάτι ενοχλητικό όσον αφορά την άποψη του χρόνου (μπορούν να υπάρξουν εκατοντάδες τέτοιες συσκευές ανά χρήστη) και τη φυσική πρόσβαση. Ο υπολογισμός, η πρόσβαση στη μνήμη και άλλες μορφές αποθήκευσης καταναλώνουν πολύτιμη ενέργεια. Η ασύρματη επικοινωνία είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρα (energy-intensive). Επιπλέον, η ενέργεια που καταναλώνεται με την λήψη ενός μηνύματος μπορεί να ανέλθει σε ουσιαστικό μέρος από το οποίο απαιτείται για να το διαβιβάσει, ακόμη και ο εφεδρικός τρόπος (standby mode), στον οποίο μια διεπαφή δικτύων είναι έτοιμη να λάβει ένα μήνυμα, μπορεί να απαιτήσει την αξιόλογη κατανάλωση ισχύος [Shih et al.2002]. Έτσι, εάν μια συσκευή πρόκειται να διαρκέσει καθ' όσο είναι δυνατό σε ένα δεδομένο επίπεδο αλλαγής μπαταριών, οι αλγόριθμοι πρέπει να είναι ευαίσθητοι στην ενέργεια που καταναλώνουν, ειδικά από την άποψη της πολυπλοκότητας μηνυμάτων τους. Αλλά τελικά, η πιθανότητα της αποτυχίας συσκευών αυξάνεται λόγω της αποφόρτισης μπαταριών.

4.2.1β Περιορισμοί των πόρων (Resource constraints): Οι κινητές και πανταχού παρούσες συσκευές έχουν περιορίσει τους υπολογιστικούς πόρους τους από την άποψη της ταχύτητας επεξεργαστών, της ικανότητας αποθήκευσης και το εύρος ζώνης δικτύων. Αυτό αφορά ένα μέρος επειδή η κατανάλωση ενέργειας αυξάνεται δεδομένου ότι βελτιώνουμε εκείνα τα χαρακτηριστικά. Αλλά και, καθιστώντας τις συσκευές φορητές ή ενσωματώνοντας τις στα καθημερινά φυσικά αντικείμενα καταλήγουμε να τις κάνουμε φυσικά μικρές, οι οποίες, λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς που επιβάλλονται με τις διαδικασίες κατασκευής, περιορίζεται ο αριθμός των τρανζίστορ στους κόμβους. Δύο ζητήματα ανοίγονται εδώ: πώς να σχεδιάσει κανείς τους αλγόριθμους που μπορούν να εκτελέσουν στον κόμβο στο λογικό χρόνο παρά τους περιορισμούς των πόρων; και πώς να αυξήσει τους πενιχρούς πόρους των κόμβων που χρησιμοποιούν τους πόρους μέσα το περιβάλλον του.

4.2.1γ Αισθητήρες και ενεργοποιητές (Sensors and actuators): Για να επιτρέψει την ολοκλήρωσή τους με το φυσικό κόσμο – ειδικότερα, για να τους κάνει context-aware – οι συσκευές είναι εξοπλισμένες με *αισθητήρες* και *ενεργοποιητές*. Οι αισθητήρες είναι συσκευές που μετρούν τις φυσικές παραμέτρους και παρέχουν τις τιμές τους στο λογισμικό. Αντιθέτως, οι ενεργοποιητές είναι λογισμικά-ελεγχόμενες συσκευές που

έχουν επιπτώσεις στο φυσικό κόσμο. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία κάθε τύπου συστατικού. Από την πλευρά αισθητήρων, παραδείγματος χάριν, υπάρχουν αισθητήρες που μετρούν τη θέση, τον προσανατολισμό, την φόρτωση, και τα επίπεδα φωτός και ήχου. Οι ενεργοποιητές περιλαμβάνουν προγραμματισμένους ελεγκτές air-conditioning και μηχανές. Ένα σημαντικό ζήτημα για τους αισθητήρες είναι η ακρίβεια, η οποία είναι αρκετά περιορισμένη και μπορεί έτσι να οδηγήσει στην λανθασμένη συμπεριφορά, όπως μια ακατάλληλη απάντηση στο ποιά αποδεικνύεται η λανθασμένη θέση. Η ανακρίβεια είναι πιθανό να παραμείνει ένα χαρακτηριστικό των συσκευών που είναι αρκετά φτηνές στο εμπόριο, αυτές δεν είναι σωστά-με ακρίβεια ρυθμισμένες.

4.2.2 Παραδείγματα

Οι συσκευές που περιγράφονται παραπάνω ακούγονται εξωπραγματικές. Εντούτοις, όχι μόνο είναι εμπορικά διαθέσιμες αλλά παράγονται και μαζικά. Δύο παραδείγματα είναι οι κόκοι (motest) και τα τηλέφωνα με κάμερα (camera phones).

4.2.2a Κόκοι (Motes): Οι Κόκοι [Hill et al.2000 / www.xbow.com] είναι συσκευές προοριζόμενες για αυτόνομη λειτουργία στις εφαρμογές όπως η περιβαλλοντική αντίληψη. Σχεδιαστήκαν για να ενσωματωθούν σε ένα περιβάλλον, προγραμματίστηκαν έτσι ώστε να ανακαλύπτουν ασύρματα το ένα το άλλο και μεταφέρουν αισθητήριες αξίες μεταξύ τους. Εάν, παραδείγματος χάριν, υπάρχει μια δασική πυρκαγιά, ένας ή περισσότεροι κόκοι που διασκορπίστηκαν γύρω από το δάσος θα μπορούσαν να αισθανθούν τις ανώμαλα υψηλές θερμοκρασίες και να επικοινωνήσουν, μέσω των διόδων τους, με μία υψηλότερο - τροφοδοτημένη συσκευή ικανή για την ενημέρωση της κατάστασης της υπηρεσίας έκτακτης ανάγκης. Η πιο βασική μορφή κόκων έχει έναν χαμηλής ισχύος επεξεργαστή, έναν μικροελεγκτή (a microcontroller) ο οποίος τρέχει το λειτουργικό σύστημα TinyOS [Culler et al. 2001] σε εσωτερική flash μνήμη, μνήμη για την αναγραφή - στοιχείων και μία μικρή κάλυψη, διπλής κατεύθυνσης 'Industrial, Scientific and Medical' (ISM) band radio πομποδέκτη. Ποικίλα μοντέλα αισθητήρων μπορούν να προστεθούν. Οι κόκοι είναι επίσης γνωστοί ως "έξυπνη σκόνη" (smart dust), απεικονίζοντας το μικροσκοπικό μέγεθος προοριζόμενο για αυτές τις συσκευές, αν και το μέγεθός τους αυτή την στιγμή είναι γύρω στο 6*3*1 εκατοστά, χωρίς τις μπαταρίες και τους αισθητήρες. Τα Smart-its παρέχουν παρόμοια λειτουργικότητα με τους κόκους που βρίσκονται σε παρόμοια μορφή-παράγοντα [www.smart-its.org]. Η παράγραφος 7.2 συζητά τις χρήσεις των κόκων, όπως και συσκευές στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων.

4.2.2β Τηλέφωνα με κάμερες (Camera phones): Τα τηλέφωνα με κάμερες είναι ένα αρκετά διαφορετικό παράδειγμα μιας συσκευής στα συστήματα που εξετάζουμε. Η κύρια λειτουργία τους είναι ανθρώπινη επικοινωνία και η απεικόνιση. Αλλά, τρέχοντας ένα λειτουργικό σύστημα όπως το Symbian, είναι προγραμματισμένα για αρκετά μια ευρεία ποικιλία των εφαρμογών. Εκτός από την ευρεία περιοχή δεδομένων για την συνδεσιμότητα τους, συχνά διαθέτουν υπέρυθρες (IrDA) ή Bluetooth μικρής εμβέλειας ασύρματου δικτύου διεπαφές που θα τους επιτρέπουν να συνδέονται μεταξύ τους, σε PCs, και σε αισθητήριες συσκευές, όπως τα GPS ή άλλες δορυφορικές μονάδες πλοήγησης για τον καθορισμό της θέσης τους. Επιπλέον, μπορούν να τρέξουν λογισμικό για να αναγνωρίσουν τα σύμβολα όπως οι γραμμωτοί κώδικες (barcodes) από τις εικόνες

φωτογραφικών μηχανών τους, κάνοντας τους αισθητήρες των κωδικοποιημένων τιμών 'coded-values' σε φυσικά αντικείμενα όπως είναι τα προϊόντα και το οποίο λογισμικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να έχουμε πρόσβαση σε σχετικές υπηρεσίες. Για παράδειγμα, ένας χρήστης θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει την κάμερα από το τηλέφωνο του για να ανακαλύψει τις προδιαγραφές ενός προϊόντος σε ένα κατάστημα, από το barcode στο κουτί του προϊόντος. [Kindberg, 2002].

4.3 Πτητική συνδετικότητα (Volatile connectivity)

Οι συσκευές ενδιαφέροντος για αυτό το κεφάλαιο, όλες έχουν κάποια μορφή ασύρματης συνδετικότητας, και μπορούν να έχουν αρκετές. Οι τεχνολογίες σύνδεσης (είτε Bluetooth, WiFi, GPRS, κτλ.) ποικίλουν στο ονομαστικό εύρος και στην λανθάνουσα κατάσταση τους, στις ενεργειακές δαπάνες τους και, εάν υπάρχουν, στις οικονομικές δαπάνες στην επικοινωνία. Αλλά η αστάθεια της συνδετικότητας – η μεταβλητότητα στο χρόνο εκτέλεσης της κατάστασης της σύνδεσης ή της αποσύνδεσης μεταξύ των συσκευών και η ποιότητα της υπηρεσίας μεταξύ τους – ασκεί επίσης ισχυρή επίδραση στις ιδιότητες συστημάτων.

4.3.1 Αποσύνδεση (Disconnection): Οι ασύρματες αποσυνδέσεις είναι λίγο πολύ όπως τις ενσύρματες αποσυνδέσεις. Πολλές από τις συσκευές που έχουμε περιγράψει είναι κινητές, και μπορεί έτσι να υπερβούν τη λειτουργούσα απόστασή τους από άλλες συσκευές ή να αντιμετωπίσουν τα ραδιο occlusions μεταξύ τους, π.χ. από τα κτήρια. Ακόμα και όταν οι συσκευές είναι στατικές, μπορεί να υπάρχει μετακίνηση των χρηστών και των οχημάτων που προκαλούν αποσύνδεση. Υπάρχει επίσης το θέμα της ασύρματης δρομολόγησης multi-hop μεταξύ των συσκευών. Σε *ad hoc* δρομολόγηση, μια συλλογή από συσκευές επικοινωνούν μεταξύ τους χωρίς τη εξάρτηση από κάποια άλλη συσκευή: συνεργάζονται για να δρομολογήσουν όλα τα πακέτα μεταξύ τους. Μιλώντας για το παράδειγμα των κόκκων σε ένα δάσος, ένας κόκκος θα μπορούσε να συνεχίσει να είναι σε θέση να επικοινωνεί με όλους τους άλλους κόκκους στο άμεσο φάσμα ραδιοσυχνοτήτων, αλλά θα αποτύγχανε να είναι σε θέση να διαβιβάσει την υψηλή θερμοκρασία στις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης, λόγω της αποτυχίας των πιό απόμακρων κόκκων μέσω των οποίων όλα τα πακέτα έπρεπε να περάσουν.

4.3.2 Μεταβλητές εύρους ζώνης και λανθάνουσα κατάσταση (Variable bandwidth and latency): Οι παράγοντες που μπορούν να οδηγήσουν στην πλήρη αποσύνδεση μπορούν επίσης να οδηγήσουν στο ιδιαίτερα ποικίλες εύρος ζώνης και τη λανθάνουσα κατάσταση, επειδή συνεπάγονται τα ποσοστά λάθους. Καθώς αυξάνεται ο ρυθμός λάθους, όλο και περισσότερα πακέτα πέφτουν. Αυτό οδηγεί πραγματικά στα χαμηλά ποσοστά απόδοσης ρυθμού. Αλλά η κατάσταση μπορεί να επιδεινωθεί από τα διαλείμματα στα πρωτόκολλα υψηλού-στρώματος. Οι τιμές διαλείμματος είναι δύσκολο να προσαρμοστούν στους εντυπωσιακά μεταβαλλόμενους όρους. Εάν είναι πάρα πολύ μεγάλες έναντι των τρεχόντων όρων λάθους, η λανθάνουσα κατάσταση και η απόδοση ρυθμού υποφέρουν. Εάν είναι πάρα πολύ μικρές, μπορούν να αυξήσουν τη συμφόρηση και την σπατάλη ενέργειας.

4.4 Αυθόρμητη λειτουργικότητα (Spontaneous interoperation)

Σε ένα πτητικό σύστημα, τα συστατικά αλλάζουν συνήθως το σύνολο συστατικών με τα οποία επικοινωνούν, καθώς κινούνται ή καθώς άλλα συστατικά εμφανίζονται στο περιβάλλον τους. Χρησιμοποιούμε τον όρο **ένωση** (*association*) για τη λογική σχέση που διαμορφώνεται όταν τουλάχιστον ένα από το δεδομένο ζευγάρι συστατικών επικοινωνήσει με το άλλο κατά τη διάρκεια κάποιας καθορισμένης με σαφήνεια χρονικής περιόδου, και **λειτουργικότητα** (*interoperation*) για τις αλληλεπιδράσεις τους κατά τη διάρκεια της ένωσής τους. Σημειώστε ότι η ένωση είναι ευδιάκριτη από τη συνδετικότητα: δύο συστατικά (π.χ. ένας πελάτης ηλεκτρονικού ταχυδρομείου σε ένα lap-top και έναν κεντρικό υπολογιστή ηλεκτρονικού ταχυδρομείου) μπορεί να αποσυνδεθούν αυτήν την περίοδο ενώ παραμένουν συνδεδεμένοι.

Σε ένα έξυπνο διάστημα, οι ενώσεις αλλάζουν επειδή τα συστατικά εκμεταλλεύονται τις ευκαιρίες να αλληλεπιδράσουν με τα τοπικά συστατικά. Ένα απλό παράδειγμα μιας τέτοιας ευκαιρίας είναι για μια συσκευή να χρησιμοποιεί έναν τοπικό εκτυπωτή οπουδήποτε η συσκευή μπορεί να βρísκεται. Ομοίως, μια συσκευή μπορεί να θελήσει να προσφέρει τις υπηρεσίες της σε πελάτες στο τοπικό περιβάλλον της – όπως ένας προσωπικός κεντρικός υπολογιστής [Want et al.2002] τον οποίο ο χρήστης φοράει (παραδείγματος χάριν, στη ζώνη του), η οποία προμηθεύει ανώνυμα χαρακτηριστικά σχετικά με τον χρήστη σε μια μονάδα κλιματισμού. Εκείνη η μονάδα είναι έπειτα ικανή να ρυθμίσει τους όρους δωματίων σύμφωνα με τις προτιμήσεις του χρήστη. Φυσικά, ορισμένες στατικές ενώσεις έχουν ακόμα νόημα ακόμη και σε ένα πτητικό σύστημα, έχουμε δώσει το παράδειγμα ενός υπολογιστή laptop, ο οποίος ταξιδεύει με τον ιδιοκτήτη του σε όλο τον κόσμο, αλλά επικοινωνεί μόνο με ένα σταθερό e-mail server.

Για να τοποθετήσουμε αυτόν τον τύπο ένωσης σε μια μεγαλύτερη εικόνα των υπηρεσιών στο διαδίκτυο, το **σχήμα 4.1** παρουσιάζει παραδείγματα τριών τύπων αυθόρμητων ενώσεων (στα δεξιά), τα οποία συγκρίνονται με προ-διαμορφωμένες ενώσεις (στο αριστερά).

Pre-configured	Spontaneous
	Human-driven: <i>web browser and web servers</i>
Service-driven: <i>email client and server</i>	Data-driven: <i>P2P file-sharing applications</i>
	Physically-driven: <i>mobile and ubiquitous systems</i>

Σχήμα 4.1 Παραδείγματα προ-διαμορφωμένης εναντίον της αυθόρμητης ένωσης

Οι προ-διαμορφωμένες ενώσεις είναι οδηγούμενες από την υπηρεσία (service-driven): δηλαδή, οι πελάτες έχουν μια μακροπρόθεσμη ανάγκη να χρησιμοποιήσουν μια συγκεκριμένη υπηρεσία, και γι 'αυτό είναι προ-ρυθμισμένοι να συνδέονται με αυτή. Η προσπάθεια της διαμόρφωσης των πελατών (συμπεριλαμβανομένης της σύστασής τους με τη διεύθυνση της υπηρεσίας που απαιτείται) είναι μικρή έναντι της μακροπρόθεσμης αξίας της χρησιμοποίησης της ιδιαίτερης υπηρεσίας.

Στη δεξιά πλευρά του σχήματος είναι τύποι ενώσεων που ποικίλλουν συνήθως, οδηγημένοι από έναν ανθρώπινο χειριστή, από την ανάγκη για τα συγκεκριμένα δεδομένα, ή με την αλλαγή των φυσικών περιστάσεων. Μπορούμε

να θεωρήσουμε τις σχέσεις μεταξύ ενός web browser και των web services αυθόρμητες και *human-driven*: ο χρήστης κάνει δυναμικές (από την άποψη του συστήματος) μη προβλέψιμες επιλογές του συνδέσμου που θα επιλέξει και συνεπώς, στις υπηρεσίες που θα έχει πρόσβαση. Ο Ιστός είναι ένα αληθινά πτητικό σύστημα και σημαντικό στην επιτυχία του είναι το γεγονός ότι η αλλαγή των ενώσεων περιλαμβάνει χαρακτηριστικά την αμελητέα προσπάθεια – οι συντάκτες ιστοσελίδων έχουν κάνει την εργασία διαμόρφωσης. Peer-to-peer εφαρμογές στο Internet όπως προγράμματα file-sharing είναι επίσης πτητικά συστήματα, αλλά είναι κατά κύριο λόγο *data-driven*.

Τα κινητά και πανταχού παρόντα συστήματα σε αυτό το κεφάλαιο διακρίνονται με το να εκθέσουν κατά ένα μεγάλο μέρος *το φυσικά οδηγημένο* αυθορμητισμό των ενώσεων. Οι σχέσεις φτιάχνονται και χαλάνε – μερικές φορές από τους ανθρώπους – σύμφωνα με τις τρέχουσες φυσικές περιστάσεις των συστατικών, ειδικότερα η εγγύτητά τους.

4.5 Μειωμένη εμπιστοσύνη και προστασία της ιδιωτικής ζωής (Lowered trust and privacy)

Η ασφάλεια στα διανεμημένα συστήματα είναι τελικά βασισμένη στην εμπιστοσύνη υλικού και λογισμικού– η εμπιστευμένη βάση υπολογισμού. Αλλά η εμπιστοσύνη στα πτητικά συστήματα είναι προβληματική λόγω της αυθόρμητης λειτουργικότητας: ποιά βάση της εμπιστοσύνης μπορεί να υπάρξει μεταξύ των συστατικών που είναι σε θέση να ενωθούν αυθόρμητα; Συστατικά που κινούνται μεταξύ των έξυπνων διαστημάτων μπορούν να ανήκουν σε διαφορετικά άτομα ή οργανώσεις και να έχουν μικρή γνώση ή να μην γνωρίζουν εκ των προτέρων το ένα το άλλο

Η προστασία ιδιωτικής ζωής είναι ένα σημαντικό ζήτημα για τους χρήστες, οι οποίοι μπορεί να δυσπιστήσουν ως προς τα συστήματα λόγω των ικανοτήτων αντίληψής τους. Η παρουσία αισθητήρων στα έξυπνα διαστήματα σημαίνει ότι είναι δυνατό να ακολουθηθούν οι χρήστες ηλεκτρονικά σε μια ενδεχομένως ογκώδη κλίμακα που πριν δεν φαινόταν. Να ωφεληθεί από τις υπηρεσίες context-aware – όπως στο παράδειγμα με τα δωμάτια που ορίζουν τον κλιματισμό σύμφωνα με τις προτιμήσεις των χρηστών τους - Οι χρήστες μπορούν να επιτρέψουν σε άλλους να μάθουν πού και τι έκαναν εκεί. Για να κάνουμε τα πράγματα χειρότερα, δεν μπορούν πάντα να γνωρίζουν ότι αυτά ανιχνεύονται. Ακόμη και αν ο χρήστης δεν αποκαλύπτει την ταυτότητά του, μπορεί να είναι δυνατό για άλλους να τη μάθουν και να βρουν τι κάνει ένα συγκεκριμένο άτομο -παραδείγματος χάριν, με την παρατήρηση των κανονικών ταξιδιών μεταξύ ενός σπιτιού και μιας θέσης εργασίας, και συσχετίζοντας εκείνα με τη χρήση μιας πιστωτικής κάρτας κάπου ενδιάμεσα.

Κεφάλαιο 5 Ένωση (Association)

Όπως εξηγείται παραπάνω, οι συσκευές είναι ικανές να εμφανιστούν και να εξαφανιστούν από τα έξυπνα διαστήματα απρόβλεπτα. Παρά το γεγονός αυτό, τα πτητικά συστατικά πρέπει να επικοινωνήσουν – κατά προτίμηση χωρίς την επέμβαση χρηστών. Με άλλα λόγια, μια συσκευή που εμφανίζεται σε ένα έξυπνο διάστημα πρέπει να είναι σε θέση να κάνει bootstrap στο τοπικό δίκτυο που εξασφαλίζει την επικοινωνία με άλλες συσκευές, και να ενωθεί κατάλληλα στο έξυπνο διάστημα:

- Έναρξη δικτύων (Network bootstrapping). Χαρακτηριστικά, η επικοινωνία πραγματοποιείται πέρα από ένα τοπικό δίκτυο. Η συσκευή πρέπει πρώτα να αποκτήσει μια διεύθυνση στο τοπικό δίκτυο (ή να καταχωρήσει μια προϋπάρχουσα διεύθυνση όπως μια κινητή διεύθυνση IP); μπορεί επίσης να αποκτήσει ή να καταχωρήσει ένα όνομα.
- Ένωση (Association). τα συστατικά στη συσκευή είτε ενώνονται για τις υπηρεσίες στο έξυπνο διάστημα ή παρέχουν υπηρεσίες σε συστατικά σε άλλα σημεία του έξυπνου διαστήματος, ή και τα δύο.

Η έναρξη δικτύων (Network bootstrapping) Υπάρχουν καθιερωμένες λύσεις για το πρόβλημα της ενσωμάτωσης μιας συσκευής στο δίκτυο. Μερικές από εκείνες τις λύσεις στηρίζονται στην προσιτότητα των κεντρικών υπολογιστών μέσα στο έξυπνο διάστημα. Παραδείγματος χάριν, ένας DHCP κεντρικός υπολογιστής μπορεί να παρέχει μια διεύθυνση IP και άλλες παραμέτρους δικτύωσης και DNS, που λαμβάνει το βοήθημα, εκδίδοντας μια ερώτηση σε μια γνωστή διεύθυνση μετάδοσης. Οι Διακομιστές (servers) στο έξυπνο διάστημα μπορούν επίσης να αναθέσουν ένα μοναδικό domain όνομα στη συσκευή, ή εάν υπάρχει πρόσβαση στο ανοικτό Διαδίκτυο τότε η συσκευή μπορεί να χρησιμοποιήσει μια δυναμική DNS υπηρεσία ενημέρωσης για να εγγραφεί νέα διεύθυνση IP σε ένα στατικό domain name.

Μια πιο ενδιαφέρουσα περίπτωση είναι η εκχώρηση παραμέτρων δικτύωσης ελλείψει υποδομών υπηρεσιών στο έξυπνο διάστημα ή εκτός αυτής. Ότι είναι σκόπιμο αφενός να απλοποιηθεί το έξυπνο διάστημα και να αποφευχθούν οι εξαρτήσεις από τις υπηρεσίες που θα μπορούσαν να αποτύχουν. Το πρότυπο IPv6 περιλαμβάνει ένα πρωτόκολλο για την serverless ανάθεση διευθύνσεων. Η Zero Configuration Networking ομάδα εργασίας του IETF (www.zeroconf.org) αναπτύσσει πρότυπα για serverless εκχώρηση διευθύνσεων, domain name lookup, εκχώρηση διεύθυνση πολλαπλής διανομής, και την ανακάλυψη των υπηρεσιών (βλέπε επόμενο τμήμα).

Η Apple's Rendezvous [www.apple.com] είναι μια εμπορική εφαρμογή μεγάλου μέρους της εν λόγω λειτουργίας. Όπως και με την πρόσβαση DHCP, όλες αυτές οι μέθοδοι χρησιμοποιούν εκπομπές πολλαπλής διανομής μέσω του τοπικού δικτύου με την χρήση μιας γνωστής διεύθυνσης. Οποιαδήποτε συσκευή μπορεί να ακούσει επάνω ή να διαβιβάσει σε μια τέτοια διεύθυνση, και μόνο οι διεπαφές δικτύων των συσκευών περιλαμβάνονται.

Το πρόβλημα ένωσης και η αρχή ορίου The association problem and the boundary principle

Μόλις μπορεί μια συσκευή να επικοινωνήσει στο έξυπνο διάστημα, βρίσκεται αντιμέτωπη με το *πρόβλημα ένωσης (association problem)*: με το πώς να συνδεθεί κατάλληλα μέσα του. Οι λύσεις στο πρόβλημα ένωσης πρέπει να εξετάσουν δύο κύριες πτυχές: την κλίμακα (scale) και το πεδίο (scope). Κατ' αρχάς, μπορούν να υπάρξουν δεκάδες ή ακόμα και εκατοντάδες των συσκευών ανά κυβικό μέτρο μέσα στο έξυπνο διάστημα, και ίσως μεγέθη με περισσότερα τμήματα λογισμικού σε εκείνες τις συσκευές. Με τις οποίες από αυτές, εάν υπάρχουν, πρέπει τα συστατικά μέρη στην εμφανιζόμενη συσκευή να

διαλειτουργήσουν, και το ερώτημα που προκύπτει είναι "πώς μπορεί η επιλογή να γίνεται αποτελεσματικά;"

Δεύτερον, πώς μπορεί εμείς να περιορίσουμε το πεδίο κατά την επίλυση εκείνου του προβλήματος, ώστε να εξεταστούν μόνο τα συστατικά από το έξυπνο διάστημα παρά το δυναμικό τρισεκατομμύρια των στοιχείων που βρίσκονται; Το Scoring είναι εν μέρει αλλά όχι μόνο ένας τύπος λύσης του ζητήματος. Ένα έξυπνο διάστημα έχει χαρακτηριστικά τα διοικητικά και εδαφικά όρια, τα οποία μπορεί να κάνουν μια μεγάλη διαφορά στους χρήστες και τους διοικητές. Παραδείγματος χάριν, εάν μια συσκευή πρόκειται να ανακαλύψει μια υπηρεσία όπως ένας εκτυπωτής σε ένα δωμάτιο ξενοδοχείων, πρέπει να ανακαλύψει έναν εκτυπωτή στο χρήστη το δωμάτιο και όχι στο απέναντι δωμάτιο. Εξίσου, εάν υπάρχει ένας κατάλληλος εκτυπωτής στο δωμάτιο του χρήστη, τότε μία λύση θα πρέπει να συμπεριληφθεί ως υποψήφια για τη σύνδεση.

Η αρχή ορίου είναι ότι τα έξυπνα διαστήματα πρέπει να έχουν όρια του συστήματος που να αντιστοιχούν επακριβώς με νόημα σε χώρους που ορίζονται συνήθως εδαφικά και διοικητικά [Kindberg and Fox, 2001]. Τα εν λόγω «όρια» συστήματος είναι κριτήρια καθορισμένων συστημάτων τα οποία εφαρμόζονται, αλλά δεν περιορίζουν απαραίτητως την σύνδεση/ένωση.

Μια προσπάθεια σε μια λύση στο πρόβλημα ένωσης είναι να χρησιμοποιηθεί μια υπηρεσία ανακαλύψεων, που περιγράφεται έπειτα, με ένα λογαριασμό της Jini υπηρεσίας ανακάλυψης. Οι υπηρεσίες ανακαλύψεων είναι κανονικά βασισμένες στο υποδίκτυο πολλαπλής διανομής, το οποίο έχει το μειονέκτημα ότι η προσιτότητα του υποδικτύου μπορεί να μην συμπέσει με τις υπηρεσίες που είναι διαθέσιμες σε ένα έξυπνο διάστημα –ότι θα σπάσει το όριο της αρχής – όπως θα εξηγήσουμε. Η παράγραφος 5.2 έπειτα περιγράφει μερικές λύσεις που παρέχουν ακρίβεια οι ενώσεις με τη στήριξη στις φυσικές παραμέτρους και την ανθρώπινη εισαγωγή.

5.1 Υπηρεσίες ανακάλυψης (Discovery services)

Οι πελάτες ανακαλύπτουν για τις υπηρεσίες που παρέχονται σε ένα έξυπνο διάστημα χρησιμοποιώντας μια **υπηρεσία discovery**. Μια υπηρεσία ανακαλύψεων είναι μια υπηρεσία καταλόγου κατά την οποία οι υπηρεσίες σε ένα έξυπνο διάστημα έχουν καταχωρηθεί και κοιταχθεί από τα χαρακτηριστικά τους, αλλά η εφαρμογή των οποίων θα λαμβάνεται υπόψη των πτητικών ιδιοτήτων συστήματος.

(-)Κατ' αρχάς, τα στοιχεία καταλόγου απαιτούνται από έναν ιδιαίτερο πελάτη – δηλ., το σύνολο ιδιοτήτων υπηρεσιών το οποίο οι ερωτήσεις πρόκειται να αντιστεθούν – καθορίζεται στο χρόνο τρεξιματος. Το στοιχείο καταλόγου καθορίζεται δυναμικά ως λειτουργία του πλαισίου του πελάτη – στην περίπτωση αυτή, το συγκεκριμένο έξυπνο διάστημα όπου τα ερωτήματα λαμβάνουν χώρα.

(-)Δεύτερον, δεν μπορεί να υπάρξει καμία υποδομή στο έξυπνο διάστημα για να φιλοξενήσει έναν κεντρικό υπολογιστή καταλόγου.

(-)Τρίτον, οι υπηρεσίες που εγγράφονται στον κατάλογο μπορούν αυθόρμητα να εξαφανιστούν.

(-)Τέταρτο, τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για την πρόσβαση του καταλόγου πρέπει να είναι ευαίσθητα στην ενέργεια και το εύρος ζώνης που καταναλώνουν.

Και οι δύο υπηρεσίες *device discovery* και *service discovery* υπάρχουν. Τα Bluetooth περιλαμβάνουν και τις δύο. Με την υπηρεσία *device discovery*, οι πελάτες ανακαλύπτουν τα ονόματα και τις διευθύνσεις των co-present συσκευών. Συνήθως, επιλέγουν στη συνέχεια μία ατομική συσκευή με βάση την out-of-band πληροφορία (όπως την επιλογή από έναν άνθρωπο) και το ερώτημα είναι για τις υπηρεσίες που προσφέρει. Αφ' ετέρου, μια υπηρεσία ανακάλυψης υπηρεσιών χρησιμοποιείται όταν οι πελάτες δεν ενδιαφέρονται για τη συσκευή που παρέχει την υπηρεσία που χρειάζονται, αλλά για τα χαρακτηριστικά των υπηρεσιών και

μόνο. Αυτή η περιγραφή θα επικεντρωθεί στην υπηρεσία *discovery services* και, εκτός αν ορίζεται διαφορετικά, ότι εφεξής είναι αυτό που εννοούμε με τον όρο υπηρεσίες ανακάλυψης.

Μια υπηρεσία ανακαλύψεων έχει μια διεπαφή για την αυτόματη εγγραφή και τη διαγραφή από την εγγραφή στις υπηρεσίες που είναι διαθέσιμες για συνεργασία, καθώς και ως σημείο επαφής για τους πελάτες για να αναζητήσουμε υπηρεσίες από αυτές που είναι διαθέσιμες σήμερα, έτσι ώστε να συνεχίσουμε να ενώνουμε με την κατάλληλη υπηρεσία. Το [σχήμα 4.2](#) δίνει ένα εικονικό, απλουστευμένο παράδειγμα αυτών των διεπαφών.

Methods for service de/registration	Explanation
<i>lease:= register(address, attributes)</i>	Register the service at the given address with the given attributes; a lease is returned
<i>Refresh(lease)</i>	Refresh the lease returned at registration
<i>Deregister(lease)</i>	Remove the service record registered under the given lease
Methods invoked to look up a service	
<i>serviceSet= Query(attributesSpecification)</i>	Return a set of registered services whose attributes match the given specification

Σχήμα 4.2 Η διεπαφή μιας υπηρεσίας ανακάλυψης

Πρώτον, υπάρχουν κλήσεις για να εγγραφούμε στην διαθεσιμότητα μιας υπηρεσίας με συγκεκριμένη διεύθυνση και χαρακτηριστικά, καθώς και να διαχειριστούμε την καταχώρισή μας. Στη συνέχεια, υπάρχει μια κλήση για να αναζητήσουμε τις υπηρεσίες που ταιριάζουν με τις προδιαγραφές των απαιτούμενων χαρακτηριστικών. Καμία ή περισσότερες υπηρεσίες μπορούν να ευθυγραμμιστούν με τις προδιαγραφές. Κάθε μία επιστρέφεται με τη διεύθυνση και τα χαρακτηριστικά της. Σημειώστε ότι μια υπηρεσία ανακάλυψης δεν επιτρέπει τη σύνδεση με τον εαυτό της: *επιλογή υπηρεσιών (service selection)* – η επιλογή μιας υπηρεσίας από το επιστρεφόμενο σύνολο - απαιτείται επίσης. Αυτό μπορεί να συμβεί μέσω προγραμματισμού, είτε με την καταγραφή των υπηρεσιών αντιστοίχισης για ένα χρήστη.

Οι εξελίξεις στις υπηρεσίες ανακαλύψεων περιλαμβάνουν την Jini *discovery service* (θα δούμε παρακάτω), την υπηρεσία *location protocol* [Guttman, 1999], το *Intentional Naming System* [Adjie-Winoto et al.1999], το απλό πρωτόκολλο ανακαλύψεων υπηρεσιών, η οποία βρίσκεται στο επίκεντρο της *Universal Plug and Play* πρωτοβουλίας [www.upnp.org] και του *Secure Service Discovery Service* [Czerwinski et al. 1999]. Υπάρχουν, επίσης, *link-layer* υπηρεσίες ανακάλυψης, όπως αυτή του *Bluetooth*.

Τα ζητήματα που εξετάζονται στο σχέδιο μιας υπηρεσίας ανακαλύψεων είναι τα ακόλουθα:

- Χαμηλή-προσπάθεια, κατάλληλη ένωση (Low-effort, appropriate association). Ιδανικά, οι κατάλληλες ενώσεις θα γίνονταν χωρίς οποιαδήποτε ανθρώπινη προσπάθεια. Κατ' αρχάς, το σύνολο υπηρεσιών που θα επιστρέφεται από τη λειτουργία *ερώτησης* (σχήμα 4.2) θα ήταν κατάλληλο – θα είναι ακριβώς οι υπηρεσίες που υπάρχουν στο έξυπνο διάστημα που ταιριάζουν στην αναζήτηση.. Δεύτερον, η επιλογή υπηρεσιών θα μπορούσε να γίνει με προγραμματισμό ή με ελάχιστη ανθρώπινη εισροή, έτσι ώστε να ανταποκρίνεται στις ανάγκες των χρηστών.
- Περιγραφή υπηρεσιών και γλώσσα διατύπωσης ερωτήσεων (Service description and query language). Ο γενικός στόχος είναι να ταιριάζει τις υπηρεσίες με τα αιτήματα των πελατών για τις υπηρεσίες. Αυτό προϋποθέτει μια γλώσσα για την περιγραφή των διαθέσιμων υπηρεσιών, και μία για την έκφραση των απαιτήσεων υπηρεσιών. Η γλώσσα διατύπωσης ερωτήσεων και περιγραφής πρέπει να συμφωνούν (ή να είναι μεταφράσιμη) και εκφραστικότητα τους πρέπει να συμβαδίζει με την ανάπτυξη νέων συσκευών και υπηρεσιών.
- Smart-space-ειδική ανακάλυψη (Smart-space-specific discovery). Απαιτούμε έναν μηχανισμό για τις συσκευές για να έχουμε πρόσβαση σε μια περίπτωση (ή πεδίο) της υπηρεσίας ανακάλυψης η οποία είναι κατάλληλη για τις τρέχουσες φυσικές περιστάσεις τους –ένα μηχανισμό που δεν βασίζεται στη διάταξη να γνωρίζουν το συγκεκριμένο όνομα ή τη διεύθυνση για την εν λόγω υπηρεσία αποτελεί κοινόβιο. Στην πράξη, οι υπηρεσίες ανακάλυψης αφορούν ένα συγκεκριμένο έξυπνο διάστημα μόνο μέσω της περιορισμένης εμβέλειας του multicast πάνω από ένα δευτερεύον δίκτυο που διασταυρώνεται με αυτό, όπως θα εξηγήσω.
- Εφαρμογή καταλόγου (Directory implementation). Λογικά, κάθε περίπτωση μιας υπηρεσίας ανακαλύψεων περιλαμβάνει έναν queryable κατάλογο των διαθέσιμων υπηρεσιών. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι όπως ένας τέτοιος κατάλογος, με τις ποικίλες επιπτώσεις στο εύρος ζώνης δικτύων, επικαιρότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών ανακάλυψης, και κατανάλωση ενέργειας.
- Αστάθεια υπηρεσιών (Service volatility). Οποιαδήποτε υπηρεσία σε ένα πτητικό σύστημα πρέπει αποτελεσματικά και χαριτωμένα να χειριστεί την εξαφάνιση ενός πελάτη. Μια υπηρεσία ανακάλυψης έχει ως πελάτες τις υπηρεσίες, και πρέπει να χειρίζεται την υπηρεσία εξαφάνισης κατάλληλα.

Σαν παράδειγμα της ένωσης από την ανακάλυψη, εξετάζουμε έναν περιστασιακό ή πρώτο επισκέπτη σε έναν τοπικό οργανισμό ή ένα ξενοδοχείο, ο οποίος πρέπει να τυπώσει ένα έγγραφο από ένα lap-top. Ο χρήστης δεν μπορεί λογικά να αναμένει ότι θα έχει τα ονόματα των συγκεκριμένων τοπικών εκτυπωτών δηλωμένα στο laptop του, ούτε μπορεί να μαντέψει τα ονόματά τους (όπως [\\myrtle\titus](#), και [\\lionel\frederick](#)). Αντί να υποχρεώνει τον χρήστη να ρυθμίζει την μηχανή του, κάθε φορά που επισκεπτεται, θα ήταν προτιμότερο για το φορητό υπολογιστή να κάνει χρήση στο ερώτημα κλήση μιας υπηρεσίας ανακάλυψης για να βρίσκει το σύνολο των διαθέσιμων εκτυπωτών δικτύου που ταιριάζουν με τις ανάγκες του χρήστη. Ένας συγκεκριμένος εκτυπωτής μπορεί να επιλεγεί μέσω της αλληλεπίδρασης με το χρήστη ή με τη διαβούλευση μιάς καταχώρησης με τις προτιμήσεις του χρήστη.

Οι απαραίτητες ιδιότητες της υπηρεσίας εκτύπωσης μπορούν, παραδείγματος χάριν, να διευκρινίσουν εάν πρόκειται για εκτυπωτή λέιζερ ή

Inkjet, εάν παρέχει ή όχι την εκτύπωση χρώματος και την εγκατάστασή του σε σχέση με τον χρήστη (παραδείγματος χάριν, ο αριθμός δωματίων).

Αντίστοιχα, υπηρεσίες παρέχουν τη διεύθυνσή τους και τα χαρακτηριστικά για την υπηρεσία ανακάλυψης με την πρόσκληση του μητρώου (register call). Παραδείγματος χάριν, ένας εκτυπωτής (ή μια υπηρεσία που τον διαχειρίζεται) μπορεί να εγγραφεί η διεύθυνσή και τα χαρακτηριστικά του με την υπηρεσία ανακάλυψης ως εξής:

```
serviceAddress=http://www.hotelDuLac.com/services/printer57; resource-  
Class=printer, type=laser, colour=yes, resolution=600dpi, location=room101
```

Ο συνηθισμένος τρόπος για να έχεις πρόσβαση δολωμάτων στην τοπική υπηρεσία ανακαλύψεων σε χρόνο εκτέλεσης χωρίς χειρωνακτική διαμόρφωση είναι να χρησιμοποιηθεί η προσιτότητα του τοπικού υποδικτύου, πιο συγκεκριμένα, στις πολλαπλής διανομής (ή ραδιοφωνικής μετάδοσης) ερωτήσεις σε γνωστή πολλαπλής διανομής διεύθυνσης IP πέρα από το τοπικό υποδίκτυο. Η γνωστή διεύθυνση multicast IP είναι γνωστή με προτεραιότητα από όλες τις συσκευές που χρειάζονται να έχουν πρόσβαση στην υπηρεσία ανακάλυψης. Οι υπηρεσίες ανακαλύψεων που εδρεύουν μόνο στην προσιτότητα δικτύων είναι μερικές φορές ρητά γνωστές ως *υπηρεσίες ανακαλύψεων δικτύων (network discovery services)*.

Σημειώστε ότι μερικά δίκτυα όπως τα Bluetooth χρησιμοποιούν frequency-hopping και δεν μπορούν να επικοινωνήσουν με όλες τις γειτονικές συσκευές ταυτόχρονα σε φυσικό επίπεδο. Τα Bluetooth επιτυγχάνουν ανακάλυψη χρησιμοποιώντας μία αντίστοιχη 'well-known διεύθυνση': μία well-known frequency-hopping συχνότητα. Ο ανακαλύψιμος κύκλος συσκευών μέσω των συχνοτήτων είναι πιο αργός από τις συσκευές που προσπαθούν να ανακαλύψουν, έτσι ώστε αυτοί που αποστέλλουν (οι εξερευνητές) και οι δέκτες τελικά να συμπίπτουν σε συχνότητα και να επικοινωνούν.

Υπάρχουν διάφορες επιλογές σχεδίου κατά την εφαρμογή μιας υπηρεσίας ανακαλύψεων, οι οποίες μπορεί να έχουν μια ιδιαίτερη επίδραση στους τρόπους που μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

Το πρώτο είναι αν η υπηρεσία ανακάλυψης θα πρέπει να υλοποιηθεί από ένα διακομιστή καταλόγου, ή να είναι serverless. Ένας server καταλόγου έχει στην κατοχή του ένα σύνολο περιγραφών από υπηρεσίες που έχουν καταχωριθεί με αυτό, και αποκρίνεται στους πελάτες που εκδίδουν ερωτήσεις για τις υπηρεσίες. Οποιοδήποτε συστατικό (κεντρικός υπολογιστής ή πελάτης) που θέλει να χρησιμοποιήσει την τοπική υπηρεσία καταλόγου εκδίδει ένα πολλαπλής διανομής αίτημα, και ο κεντρικός υπολογιστής καταλόγου αποκρίνεται με τη unicast διεύθυνση του. Το συστατικό έπειτα επικοινωνεί με αυτό με σημείο σε σημείο - διασώζοντας τη διακοπή των αμέτοχων συσκευών που συμβαίνει με την επικοινωνία πολλαπλής διανομής. Αυτό δουλεύει καλά σε έξυπνα διαστήματα που παρέχουν υποδομή. Η υπηρεσία καταλόγου μπορεί συχνά να οργανωθεί από τη δύναμη κεντρικών αγωγών σε μια γερή μηχανή. Αλλά στα απλούστερα έξυπνα διαστήματα όπως οι βασικές αίθουσες συνεδριάσεων, μπορεί να μην υπάρξει καμία εγκατάσταση για έναν κεντρικό υπολογιστή καταλόγου. Σε γενικές γραμμές θα ήταν δυνατό να εκλεχτεί ένας κεντρικός υπολογιστής από ο,τιδήποτε συσκευές συνέβει να είναι παρούσες. Ωστόσο, κάθε τέτοιος διακομιστής θα μπορούσε να εξαφανιστεί αυτόματα. Αυτό θα περιπλέξει την κατάσταση όσον αφορά την εφαρμογή των πελατών της υπηρεσίας ανακάλυψης, η οποία στη συνέχεια πρέπει να προσαρμοστεί σε ένα μεταβαλλόμενο διακομιστή μητρώου. Επιπλέον, τα γενικά έξοδα που οφείλονται στην επανεκλογή μπορεί να είναι μεγάλα σε ένα εξαιρετικά ασταθές σύστημα (volatile system).

Μια εναλλακτική λύση είναι η serverless ανακάλυψη, όπου οι συμμετέχουσες συσκευές συνεργάζονται για την υλοποίηση μιας κατανεμημένης υπηρεσίας ανακάλυψης, αντί ενός διακομιστή καταλόγου. Όπως και με κάθε διανεμημένο κατάλογο, υπάρχουν δύο κύριες παραλλαγές υλοποίησης.

Στο μοντέλο push, οι multicast υπηρεσίες («διαφημίζουν»), τις περιγραφές τους τακτικά. οι πελάτες ακούν για τις multicasts και εκτελούν ερωτήματα τους σε βάρος τους, ενδεχομένως, για την προσωρινή αποθήκευση περιγραφών σε περίπτωση που τις χρειαστούν στο μέλλον.

Στο μοντέλο pull, οι πελάτες multicast τις απορίες τους. οι συσκευές που παρέχουν υπηρεσίες τρέχουν τα ερωτήματα κατά τις περιγραφές τους, και απαντούν μόνο με κάποια περιγραφή που ταιριάζει. Οι πελάτες επαναλαμβάνουν τα ερωτήματά τους κατά διαστήματα, εάν δεν υπάρχει ανταπόκριση.

Και τα δύο πρότυπα, push and pull, έχουν επιπτώσεις στο εύρος ζώνης και στην χρήση ενέργειας. Κάθε φορά που μια συσκευή εκδίδει ένα πολλαπλής διανομής μήνυμα, εύρος ζώνης καταναλώνεται και όλες οι συσκευές ακούσματος χρησιμοποιούν την ενέργεια που λαμβάνει το μήνυμα.

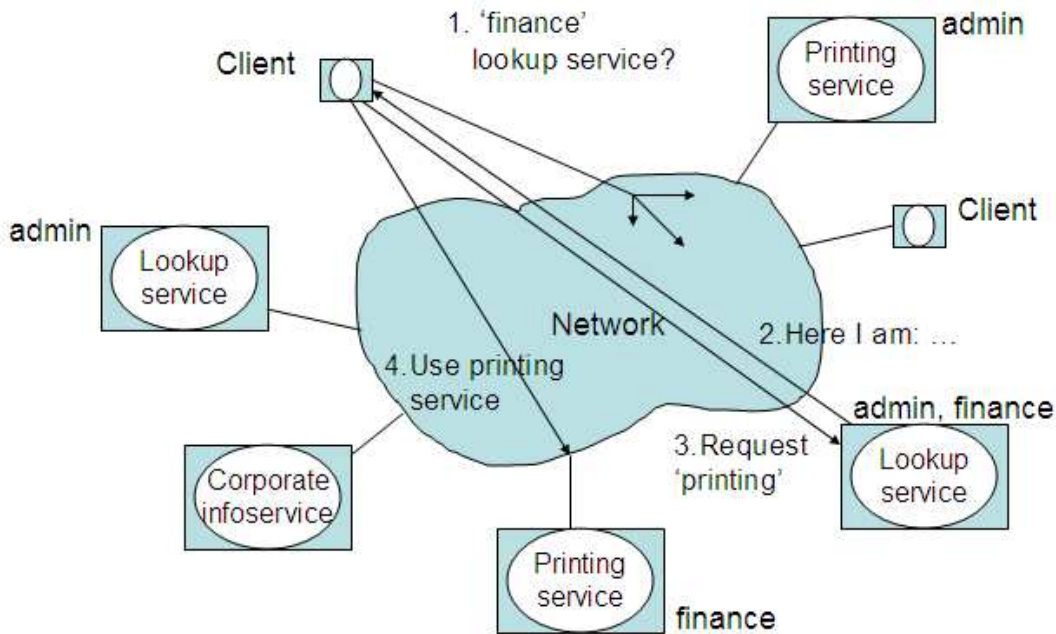
Σε ένα καθαρό μοντέλο push, οι συσκευές πρέπει να διαφημίζουν τις υπηρεσίες τους τακτικά, ώστε να εμφανίζονται οι πελάτες που μπορούν να τους ανακαλύψουν. Αλλά αυτό είναι σπατάλη του εύρους ζώνης και της ενέργειας εάν δεν υπάρχει κανένας πελάτης που πρέπει να ανακαλύψει μια ιδιαίτερη υπηρεσία. Και ο χρόνος ότι ένας εμφανιζόμενος πελάτης περιμένει να ακούσει για τις υπηρεσίες πρέπει να ανταλλαχτεί ενάντια στις δαπάνες εύρους ζώνης και ενέργειας, οι οποίες αυξάνονται με τη συχνότητα των διαφημίσεων.

Σε ένα καθαρό πρότυπο pull, ένας πελάτης μπορεί να ανακαλύψει τις διαθέσιμες υπηρεσίες με το που εμφανίζεται. Και δεν υπάρχουν χαμένα multicasts αν δεν υπάρχουν ανάγκες ανακάλυψης ανάγκες σε ένα συγκεκριμένο χρονικό. Αλλά ο πελάτης μπορεί να λάβει διάφορες απαντήσεις όταν θα έκανε μια ενιαία απάντηση. Και κανένα πλεονέκτημα δεν λαμβάνεται, εξ ορισμού, των αιτημάτων που αντέχουν την ίδια ερώτηση – για τις συχνά απαραίτητες υπηρεσίες.

Είναι δυνατό να σχεδιαστούν τα υβριδικά πρωτόκολλα που εξετάζουν τις παραπάνω ανεπάρκειες.

Μια υπηρεσία μπορεί να επικαλεσθεί *διαγραφή* της κλήσης (*deregister call*) (σχήμα 4.2) προτού να εξαφανιστεί, αλλά εξίσου μπορεί να εξαφανιστεί αυθόρμητα. Η αστάθεια υπηρεσιών αντιμετωπίζεται με διαφορετικούς τρόπους σύμφωνα με την αρχιτεκτονική της εφαρμογής καταλόγου. Ένας κεντρικός υπολογιστής καταλόγου πρέπει να γίνει ενήμερος το συντομότερο δυνατόν αφότου εξαφανίζεται μια εγγραμμένη υπηρεσία, έτσι ώστε να μην δίνετε την περιγραφή του παραπλανητικά. Αυτό συνήθως επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας ένα γενικό μηχανισμό που ονομάζεται μισθώσεις (*leases*). Μια μίσθωση είναι μια προσωρινή κατανομή κάποιου πόρου από έναν κεντρικό υπολογιστή σε έναν πελάτη, η οποία μπορεί να ανανεωθεί μόνο με νέο αίτημα από τον πελάτη πριν λήξει η καταληκτική ημερομηνία της μίσθωσης. Εάν ο πελάτης αποτυγχάνει να το ανανεώσει για παράδειγμα, με την ανανέωση της κλήσης (σχήμα 4.2), ο κεντρικός υπολογιστής αποσύρει (και μπορεί να αναδιανείμει) τον πόρο. Επίσης, DHCP διακομιστές χρησιμοποιούν μισθώσεις κατά την κατανομή των διευθύνσεων IP. Ένα διακομιστή καταλόγου διατηρεί καταχώριση μιας υπηρεσίας, μόνον εάν η υπηρεσία επικοινωνεί περιοδικά με το διακομιστή καταλόγου για την ανανέωση μίσθωσης του σχετικά με την έναρξη. Εδώ βλέπουμε μια παρόμοια trade-off της επικαιρότητας ενάντια του εύρους ζώνης και της κατανάλωσης ενέργειας – όσο μικρότερη είναι η περίοδος μίσθωσης, τόσο πιο γρήγορα θα παρατηρηθεί η εξαφάνιση μιας υπηρεσίας, αλλά θα απαιτηθούν περισσότεροι πόροι δικτύωσης και ενέργειας. Σε μια serverless αρχιτεκτονική, δεν λαμβάνονται βήματα (εκτός από την εκκαθάριση παλιών καταχωρήσεων σε συσκευές από την cache), δεδομένου ότι μια υπηρεσία που έχει εξαφανιστεί δεν θα διαφημίζει πλέον τον εαυτό της, Και ένας πελάτης που χρησιμοποιεί ένα αναπτυγμένο πρωτόκολλο μπορεί να εντοπίσει μόνο τις ενεργές υπηρεσίες, όχι τις παλιές.

5.1.1 Jini [Waldo 1999; Arnold et al.1999] Το Jini είναι ένα σύστημα με σκοπό να χρησιμοποιηθεί για τα κινητά και πανταχού παρόντα συστήματα. Είναι ολοκληρωμένα βασισμένο σε Java – υποθέτει ότι η Java εικονικές μηχανές λειτουργούν σε όλους τους υπολογιστές, επιτρέποντάς τους να επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω του RMI ή γεγονότων. Εδώ περιγράφουμε το σύστημα ανακάλυψης Jini.



Σχήμα 4.3 Service discovery in Jini

Τα ανακάλυψη-σχετικά με το συστατικό σε ένα σύστημα Jini είναι υπηρεσίες *συμβούλευσης* (*lookup services*), του Jini υπηρεσίες και του Jini πελάτες (δείτε [σχήμα 4.3](#)). Η υπηρεσία συμβούλευσης-αναζήτησης (*lookup service*) εφαρμόζει αυτό που έχουμε χαρακτηρίσει μια υπηρεσία ανακάλυψης, αν και Jini χρησιμοποιεί τον όρο «ανακάλυψη» μόνο για την ανακάλυψη της υπηρεσίας συμβούλευσης από μόνη της. Η υπηρεσία συμβούλευσης επιτρέπει στις υπηρεσίες Jini να εγγραφούν τις υπηρεσίες που προσφέρουν, και τους πελάτες Jini να ζητήσουν τις υπηρεσίες που ταιριάζουν με τις απαιτήσεις τους. Μια υπηρεσία Jini, όπως μια υπηρεσία εκτύπωσης, μπορεί να καταχωρηθεί με μια ή περισσότερες υπηρεσίες συμβούλευσης. Μια υπηρεσία Jini παρέχει, και οι υπηρεσίες συμβούλευσης αποθηκεύουν, ένα αντικείμενο που παρέχει την υπηρεσία, όπως επίσης και τις ιδιότητες της υπηρεσίας. Οι πελάτες Jini ρωτούν τις υπηρεσίες συμβούλευσης για να βρουν τις υπηρεσίες Jini που ταιριάζουν με τις απαιτήσεις τους, εάν βρεθεί μια αντιστοιχία, μεταφορτώνουν ένα αντικείμενο που παρέχει πρόσβαση στην υπηρεσία από την υπηρεσία συμβούλευσης. Το ταίριασμα των προσφορών υπηρεσιών στα αιτήματα των πελατών μπορεί να στηρίζεται σε χαρακτηριστικά ή σε Java πληκτρολόγηση, παραδείγματος χάριν επιτρέποντας σε έναν πελάτη για να ζητήσει έναν εκτυπωτή χρώματος για τον οποίο έχει την αντίστοιχη διεπαφή της Java.

Όταν ένας πελάτης Jini ή μια υπηρεσία ξεκινά, στέλνει ένα αίτημα σε μια γνωστή πολλαπλής διανομής (*multicast*) διεύθυνση IP. Οποιαδήποτε υπηρεσία συμβούλευσης λαμβάνει το αίτημα και μπορεί να αποκριθεί σε αυτήν, στέλνει την διεύθυνση της, επιτρέποντας στον αιτούντα να εκτελέσει μια μακρινή επίκληση για να φανεί επάνω ή εγγραφείτε μια υπηρεσία (η εγγραφή καλείται *joining* στο Jini). Οι υπηρεσίες συμβούλευσης αναγγέλλουν επίσης την ύπαρξή τους στα διαγράμματα δεδομένων που στέλνονται στην ίδια πολλαπλής διανομής διεύθυνση. οι Jini πελάτες και οι υπηρεσίες μπορούν επίσης να ακούσουν στην πολλαπλής διανομής διεύθυνση έτσι ώστε μαθαίνουν για τις νέες υπηρεσίες συμβούλευσης.

Μπορούν να υπάρξουν διάφορες περιπτώσεις της υπηρεσίας συμβούλευσης εφικτές από την πολλαπλής διανομής επικοινωνία από έναν δεδομένη πελάτη Jini ή μια υπηρεσία. Κάθε τέτοια περίπτωση υπηρεσιών διαμορφώνεται με ένα ή περισσότερα *group* ονόματα όπως είναι ο 'admin', 'finance', και 'sales', τα οποία δρουν σαν ταμπέλες πράξης.

Το **σχήμα 4.3** παρουσιάζει ένα πελάτη Jini που ανακαλύπτει και που χρησιμοποιεί μια υπηρεσία εκτύπωσης. Ο πελάτης απαιτεί μια υπηρεσία συμβούλευσης του 'finance' group, έτσι αυτή στέλνει μία αίτηση ζητώντας το όνομα της ομάδας (μήνυμα 1 στο σχήμα). Μόνο μια υπηρεσία συμβούλευσης είναι συνδεδεμένη με το 'finance' group (η υπηρεσία που είναι επίσης συνδεδεμένη με το 'admin' group), και εκείνη η υπηρεσία αποκρίνεται (2). Η απάντηση των υπηρεσιών συμβούλευσης περιλαμβάνει τη διεύθυνσή της, και ο πελάτης επικοινωνεί άμεσα με το RMI για να εντοπίσει όλες τις υπηρεσίες του τύπου 'printing' (3). Μόνο μία υπηρεσία εκτύπωσης έχει καταχωρηθεί με την εν λόγω υπηρεσία αναζήτησης στην ομάδα 'finance και επιστρέφεται ένα αντικείμενο που έχει πρόσβαση στη συγκεκριμένη υπηρεσία. Ο πελάτης χρησιμοποιεί έπειτα την υπηρεσία εκτύπωσης άμεσα, χρησιμοποιώντας το επιστρεφόμενο αντικείμενο (4). Ο αριθμός παρουσιάζει επίσης μια άλλη υπηρεσία εκτύπωσης, μία που είναι στο 'admin' group. Υπάρχει επίσης μια εταιρική υπηρεσία πληροφοριών που δεν είναι συνδεδεμένη σε κάποια συγκεκριμένη ομάδα (και που μπορεί να καταχωρηθεί με όλες τις υπηρεσίες συμβούλευσης).

5.1.2 Συζήτηση των υπηρεσιών ανακαλύψεων δικτύων (Discussion of network discovery services)

Οι υπηρεσίες ανακαλύψεων που εδρεύουν μόνο στην προσιτότητα δικτύων, ότι περιγράψαμε μόλις, – υπηρεσίες ανακαλύψεων δικτύων – οδηγεί κατά κάποιον τρόπο προς την επίλυση του προβλήματος σύνδεσης. Οι αποδοτικές εφαρμογές καταλόγου υπάρχουν, συμπεριλαμβανομένων εκείνων, που δεν στηρίζονται σε υποδομή. Σε πολλές περιπτώσεις, ο αριθμός των πελατών και των υπηρεσιών που μπορεί να φτάσει πάνω από ένα δευτερεύον δίκτυο είναι διαχειρίσιμο από πλευράς υπολογισμού και κόστους του δικτύου, έτσι η κλίμακα δεν είναι συχνά ένα πρόβλημα. Έχουμε περιγράψει τα μέτρα για να αντιμετωπίσουμε την αστάθεια συστημάτων.

Αλλά οι υπηρεσίες ανακαλύψεων δικτύων αυξάνουν δύο δυσκολίες όταν εξετάζεται από την προοπτική της αρχής ορίου: η χρήση ενός υποδικτύου, και ανεπάρκειες με τον τρόπο που οι υπηρεσίες περιγράφονται.

Το υποδίκτυο μπορεί να είναι μια φτωχή προσέγγιση ενός έξυπνου διαστήματος.

Κατ' αρχάς, η ανακάλυψη δικτύων μπορεί εσφαλμένα να περιλάβει τις υπηρεσίες που δεν είναι στο έξυπνο διάστημα. Εξετάστε ένα δωμάτιο ξενοδοχείων, παραδείγματος χάριν. Μεταδόσεις βασισμένες στη ραδιοσυχνότητα (RF) σημάτων όπως 802.11 ή Bluetooth θα διαπεράσουν χαρακτηριστικά τους τοίχους των φιλοξενούμενων δωματίων. Μετά από το παράδειγμα Jini, οι υπηρεσίες θα μπορούσαν να χωριστούν λογικά σε ομάδες – μια ομάδα ανά δωμάτιο ξενοδοχείων. Αλλά αυτό οδηγεί στην ερώτηση του πώς το δωμάτιο ξενοδοχείου του χρήστη είναι να γίνει μια παράμετρος για την υπηρεσία ανακαλύψεων. Δεύτερον, η ανακάλυψη δικτύων μπορεί εσφαλμένα να απορρίψει τις υπηρεσίες που είναι 'μέσα' στο έξυπνο διάστημα (smart space) από την άποψη της ύπαρξης επιλογής για την ανακάλυψη εκεί, αλλά και που φιλοξενούνται πέρα από το υποδίκτυό του. Η περιπτωσιολογική μελέτη Cooltown (δείτε το τμήμα 11.4.1) επεξηγεί πώς οι μη-ηλεκτρονικές οντότητες όπως τα τυπωμένα έγγραφα σε ένα έξυπνο διάστημα μπορούν να συνδεθούν με τις υπηρεσίες που φιλοξενούνται έξω από το έξυπνο διάστημα.

Επιπλέον, οι υπηρεσίες ανακαλύψεων δικτύων δεν οδηγούν πάντα στις κατάλληλες ενώσεις επειδή η γλώσσα που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις υπηρεσίες μπορεί να είναι ανεπαρκής από δύο απόψεις.

Κατ' αρχάς, η ανακάλυψη μπορεί να είναι *εύθραυστη (brittle)*: ακόμη και οι μικρές παραλλαγές στο λεξιλόγιο υπηρεσία-περιγραφής που χρησιμοποιήθηκε από τις ανόμοιες οργανώσεις θα μπορούσαν να το αναγκάσουν για να αποτύχουν. Παραδείγματος χάριν, το δωμάτιο ξενοδοχείων καλεί μια υπηρεσία 'Εκτύπωση' εκτιμώντας ότι το laptop του φιλοξενούμενου ψάχνει για 'Εκτύπωση'. Οι παραλλαγές στις οποίες η ανθρώπινη γλώσσα χρησιμοποιείται για το λεξιλόγιο τείνουν να επιδεινώσουν εκείνο το πρόβλημα.

Δεύτερον, μπορούν να υπάρξουν *χαμένες ευκαιρίες* για την πρόσβαση υπηρεσιών. Παραδείγματος χάριν, υπάρχει «a digital picture frame» στον τοίχο του δωματίου του ξενοδοχείου, που θα εμφανίσει λήψεις φωτογραφιών από διακοπές σε μορφή JPEG. Η κάμερα του επισκέπτη έχει μια ασύρματη σύνδεση και παράγει εικόνες σε αυτή τη μορφή, αλλά δεν έχει καμία περιγραφή για την υπηρεσία – δεν έχει αναβαθμιστεί με την σχετικά πρόσφατη εξέλιξη. Έτσι, η κάμερα δεν είναι σε θέση να επωφεληθεί από αυτό.

5.2 Φυσική ένωση (Physical association)

Οι ανεπάρκειες των συστημάτων ανακαλύψεων δικτύων μπορούν να λυθούν ως ένα ορισμένο βαθμό χρησιμοποιώντας τα φυσικά μέσα, αν και οι λύσεις απαιτούν συχνά έναν μεγαλύτερο βαθμό ανθρώπινης συμμετοχής. Οι ακόλουθες τεχνικές έχουν αναπτυχθεί.

5.2.1 Ανθρώπινη εισαγωγή στην ανακάλυψη πεδίου (Human input to scope discovery): αυτή η περίπτωση είναι όπου ένας άνθρωπος παρέχει την εισαγωγή στη συσκευή για να θέσει το πεδίο της ανακάλυψης. Ένα απλό παράδειγμα αυτουνοού θα είναι να πληκτρολογήσετε ή να επιλέξετε αναγνωριστικό του έξυπνου διαστήματος, όπως ο αριθμός δωματίου, στην περίπτωση του ξενοδοχείου φιλοξενούμενο. Η συσκευή μπορεί έπειτα να χρησιμοποιήσει το προσδιοριστικό ως ένα επιπρόσθετο χαρακτηριστικό της υπηρεσίας της "ομάδας" (όπως στο Jini).

5.2.2 Αντίληψη και φυσικά περιορισμένα κανάλια στην ανακάλυψη πεδίου (Sensing and physically constrained channels to scope discovery): Μια λιγότερο επίμοχθη δυνατότητα για τον χρήστη είναι να χρησιμοποιηθεί ένας αισθητήρας στη συσκευή του. Για παράδειγμα, ένα έξυπνο διάστημα θα μπορούσε να έχει ένα αναγνωριστικό παρουσιασμένο στα αναγνωριστικού-κωδικοποιήσεις σύμβολα, τα ονομαζόμενα "χαρακτήρες" (*glyphs*) σε έγγραφα και οι επιφάνειες του χώρου - π.χ. να εμφανίζεται στην οθόνη της τηλεόρασης στο δωμάτιο του ξενοδοχείου του επισκέπτη. Ο επισκέπτης χρησιμοποιεί κινητό τηλέφωνο με κάμερα ή άλλη συσκευή απεικόνισης για την αποκωδικοποίηση του συμβόλου, και η συσκευή χρησιμοποιεί το συνακόλουθο αναγνωριστικό κατά τον τρόπο που περιγράψαμε για άμεση ανθρώπινη εισροή. Μια άλλη δυνατότητα, για τη χρήση με τα έξυπνα διαστήματα όπου τα δορυφορικά σήματα πλοήγησης είναι διαθέσιμα, είναι να χρησιμοποιήσουν έναν αισθητήρα για να λάβει τη θέση του έξυπνου διαστήματος στις συντεταγμένες γεωγραφικού πλάτους και γεωγραφικού μήκους, και να στείλουν τις συντεταγμένες σε ένα πολύ γνωστή ευρείας ζώνης υπηρεσίας η οποία επιστρέφει τη διεύθυνση της τοπικής υπηρεσίας ανακάλυψης. Εντούτοις, λαμβάνοντας υπόψη τις ανακρίβειες στη δορυφορική πλοήγηση, εκείνη η μέθοδος μπορεί να είναι λιγότερο ακριβής στον προσδιορισμό του έξυπνου διαστήματος εάν υπάρχουν άλλα διαστήματα στενά κοντά.

Μια άλλη τεχνική που αποφεύγει την ανθρώπινη εισαγωγή είναι να χρησιμοποιηθεί ένα φυσικό κανάλι (*physically consteained channel*) (δείτε επίσης το τμήμα 8.2) – κανάλι επικοινωνίας το οποίο, μέχρι ενός ορισμένου βαθμού προσέγγισης, διαπερνά μόνο τη φυσική έκταση του έξυπνου διαστήματος. Παραδείγματος χάριν, στο δωμάτιο φιλοξενουμένων η TV θα μπορούσε να παίζει μουσική υπόκρουση με χαμηλή ένταση, με μια ψηφιακή κωδικοποίηση του αναγνωριστικού του δωματίου [Madhavapeddy et al.2003]; ή θα μπορούσε να υπάρχει μια υπέρυθρη συσκευή αποστολής σημάτων (ένα αναγνωριστικό σήμα /a beacon), στο δωμάτιο το οποίο να διαδίδει το αναγνωριστικό [Kindberg et al.2002a]. Και τα δύο από εκείνα τα κανάλια μειώνονται σημαντικά από τα υλικά στα όρια του δωματίου (υποθέτοντας τις πόρτες και τα παράθυρα είναι κλειστά).

5.2.3 Άμεση ένωση (Direct association)

Η τελική δέσμη των τεχνικών που θα εξετάσουμε αφορά τον άνθρωπο και πώς να χρησιμοποιεί ένα φυσικό μηχανισμό για την απευθείας σύνδεση δύο συσκευών, χωρίς να χρησιμοποιεί μια υπηρεσία ανακαλύψεων. Συνήθως, αυτό είναι όπου οι συσκευές που συμμετέχουν προσφέρουν μόνο μία ή ένα μικρό σύνολο από τις υπηρεσίες ανθρώπινης επιλογής. Σε κάθε μια από τις ακόλουθες τεχνικές, ο άνθρωπος επιτρέπει στη συσκευή που μεταφέρει να μάθει τη διεύθυνση δικτύου (π.χ. Bluetooth ή διεύθυνση IP) της συσκευής με την οποία στοχεύει να συνδεθούν.

5.2.3.1 Διεύθυνση-αντίληψη (Address-sensing): Χρησιμοποιεί μια συσκευή για να αντιληφθεί την διεύθυνση δικτύου της συσκευής προορισμού απευθείας. Οι δυνατότητες περιλαμβάνουν: ανάγνωση ενός glyph στη συσκευή το οποίο κωδικοποιεί τη διεύθυνση δικτύων του ή φέρνοντας μια συσκευή πολύ κοντά στην άλλη και χρησιμοποιώντας ένα μικρής εμβέλειας ασύρματο κανάλι για να διαβαστεί η διεύθυνσή της. Δύο παραδείγματα αυτών των περιορισμένου φάσματος (short-range) τα κανάλιων είναι:

- (1) Near Field Communication [www.nfc-forum.org] – a standard for bidirectional radio communication that spans several short ranges but has a variant for only up to about 3 centimetres; or
- (2) Very short-range infrared transmissions.

5.2.3.2 Φυσικό ερέθισμα (Physical stimulus): Χρησιμοποίηση ενός φυσικού ερεθίσματος για να προκαλέσει τον στόχο-συσκευή για να στείλει τη διεύθυνσή του. Ένα παράδειγμα εδώ είναι να λάμψει μια ψηφιακά διαμορφωμένη ακτίνα λέιζερ (ένα άλλο φυσικά περιορισμένο κανάλι) επάνω στη συσκευή στόχου [Patel and Abowd, 2003]. Διαβιβάζοντας κατά συνέπεια τη διεύθυνσή του στο στόχο, αποκρίνεται με τη διεύθυνσή του.

5.2.3.3 Χρονικός ή φυσικός συσχετισμός (Temporal or physical correlation): Χρησιμοποίηση των χρονικά ή φυσικά συσχετισμένων ερεθισμάτων στις συνδυαζόμενες συσκευές. Η SWAP-CA προδιαγραφή [SWAP-CA, 2002] για την ασύρματη δικτύωση σε ένα οικογενειακό περιβάλλον εισήγαγε ένα πρωτόκολλο, το οποίο μερικές φορές αναφέρεται και ως πρωτόκολλο δύο-κουμπιών (two-button protocol), για τους ανθρώπους για να συνδέουν δύο ασύρματες συσκευές, την μία με την άλλη. Κάθε συσκευή ακούει σε πολύ - γνωστή πολλαπλής διανομής διεύθυνση. Οι χρήστες πιέζουν τα κουμπιά στην αντίστοιχη διεύθυνσή τους λίγο πολύ ταυτόχρονα, στο οποίο σημείο οι συσκευές στέλνουν τη διεύθυνση δικτύων τους στην πολλαπλής διανομής διεύθυνση. Είναι απίθανο ένας άλλος κύκλος αυτού του πρωτοκόλλου να εμφανιστεί συγχρόνως στο ίδιο υποδίκτυο. Οι συσκευές επομένως συνεργάζονται χρησιμοποιώντας οποιαδήποτε διεύθυνση που καταλήγει σε ένα μικρό διάστημα το κουμπιού "Press". Υπάρχει ένα ενδιαφέρον, αν και σπάνιο πρακτικά, φυσικό αντιστάθμισμα για την προσέγγιση αυτή κατά την οποία ο χρήστης έχει δύο συσκευές στο ίδιο χέρι και τις κουνάει/shakes μαζί [Holmquist et al.2001]. Κάθε συσκευή έχει ένα επιταχύμετρο για την αντίληψη της

κατάστασης της κίνησής της. Η συσκευή καταγράφει το πρότυπο τίναγμα, υπολογίζει ένα αναγνωριστικό από αυτό, και multicasts αυτό το αναγνωριστικό μαζί με την unicast διεύθυνση της με μία ευρέως γνωστή διεύθυνση πολλαπλής διανομής. Μόνο οι δύο συσκευές που δοκιμάζουν ακριβώς εκείνο το σχέδιο επιτάχυνσης –και εντός εμβέλειας άμεσης επικοινωνίας - θα αναγνωρίσουν αμοιβαία ταυτοποίηση και, συνεπώς, να μάθουν τη διεύθυνση του άλλου.

5.3 Περίληψη και προοπτική (Summary and perspective)

Αυτό το τμήμα έχει περιγράψει το πρόβλημα ένωσης για τα συστατικά στα πτητικά συστήματα, και μερικές προσπάθειες στην επίλυση εκείνου του προβλήματος που κυμαίνεται από την ανακάλυψη δικτύων με πιό ανθρώπινο -εποπτευμένες τεχνικές. Τα κινητά και πανταχού παρόντα συστήματα αντλούν μοναδικές δυσκολίες, επειδή είναι ενσωματωμένα με την καθημερινότητα μας, με ένα χαοτικό φυσικό κόσμο των χώρων, όπως οι εγχώριες αίθουσες και τα γραφεία, πράγμα που δυσκολεύουν το πεδίο εφαρμογής των λύσεων. Οι άνθρωποι τείνουν να έχουν τις ισχυρές εδαφικές και διοικητικές εκτιμήσεις στο μυαλό όταν εξετάζουν τι είναι σε ένα ιδιαίτερο έξυπνο διάστημα και τι είναι έξω από αυτό. Το όριο της αρχής λέει ότι οι λύσεις στο πρόβλημα της ένωσης πρέπει να ταιριάζουν με τα ελλοχεύοντα φυσικά διαστήματα σε έναν βαθμό που να είναι αποδεκτός στους ανθρώπους. Έχουμε δει ότι συχνά συνεπάγεται κάποια ανθρώπινη επίβλεψη, λόγω των ανεπαρκειών των συστημάτων ανακαλύψεων δικτύων. Η περιπτώσιολογική μελέτη Cooltown (Τμήμα 11.4) περιγράφει ένα ιδιαίτερο πρότυπο της ανθρώπινης συμμετοχής.

Έχουμε αγνοήσει σε μεγάλο βαθμό ως λύσεις στο πρόβλημα σύνδεσης, με βάση το ότι ο κόσμος χωρίζεται σε έξυπνες διαστήματα, τα οποία, κατά κανόνα, είναι σε διαχειρίσιμο μέγεθος. Εντούτοις, υπάρχει έρευνα στις εξελικτικές υπηρεσίες ανακάλυψης – τελικά, μερικές εφαρμογές ίσως θεωρούν ολόκληρο τον πλανήτη ένα έξυπνο διάστημα. Ένα παράδειγμα είναι το INS/Twine [[Balazinka et al. 2002](#)], το οποίο διαιρεί τα στοιχεία καταλόγου μεταξύ μιας συλλογής των όμοιων resolvers.

Κεφάλαιο 6

Λειτουργικότητα (Interoperation)

Έχουμε περιγράψει τους τρόπους στους οποίους δύο ή περισσότερα συστατικά σε ένα πτητικό σύστημα έρχονται να συνδεθούν και τώρα γίνεται στροφή στο θέμα για το πώς επικοινωνούν. Τα συστατικά συνεργάζονται με βάση ορισμένα χαρακτηριστικά ή στοιχεία ότι ένας ή και οι δύο από αυτούς κατέχουν. Αλλά αυτά αφήνουν πίσω τα θέματα του τί πρωτόκολλο θα χρησιμοποιήσουν για να επικοινωνήσουν, σε πιά υψηλό επίπεδο και ποιο πρότυπο προγραμματισμού είναι καταλληλότερο για την αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Αυτό το τμήμα εξετάζει εκείνα τα ζητήματα.

Μια υπονοούμενη υπόθεση που κρύβεται κάτω από μερικά πρότυπα είναι ότι τα τμήματα επικοινωνίας σχεδιάζονται για να λειτουργήσουν μαζί σε ένα συγκεκριμένο σύστημα ή μια εφαρμογή, και ότι οι αλλαγές στο σύνολο των διαλειτουργικών συστατικών είναι είτε ένα μακροπρόθεσμο ζήτημα διαμόρφωσης ή ένα runtime λάθος για να αντιμετωπιστεί περιστασιακά. Αλλά εκείνες οι υποθέσεις είναι άκυρες στα κινητά και πανταχού παρόντα συστήματα. Ευτυχώς, όπως εξηγήσαμε σε αυτό το τμήμα, μερικές από τις μεθόδους για τη μορφή λειτουργικότητας, εκτός από μερικές νέες μεθόδους, ταιριάζουν καλύτερα σε εκείνα τα πτητικά συστήματα .

Ιδανικά, ένα συστατικό σε ένα κινητό ή πανταχού παρόν σύστημα θα μπορούσε να συνδεθεί με ποικίλες κατηγορίες υπηρεσιών, και όχι μόνο ένα ποικίλο σύνολο περιπτώσεων της ίδιας κατηγορίας υπηρεσιών. Δηλαδή είναι καλύτερο να αποφευχθεί το 'lost opportunity' πρόβλημα όπου, παραδείγματος χάριν, μια ψηφιακή φωτογραφική μηχανή δεν είναι σε θέση να στείλει τις εικόνες σε μια ψηφιακή κορνίζα (digital picture frame), διότι δεν μπορεί να διαλειτουργεί με την υπηρεσία κατανάλωσης frame εικόνων.

Με άλλα λόγια, ένας στόχος για τον πανταχού παρόντα και κινητό υπολογισμό είναι ότι ένα συστατικό θα πρέπει να έχει μια εύλογη πιθανότητα να διαλειτουργήσει με ένα λειτουργικά συμβατό συστατικό, ακόμα κι αν το τελευταίο είναι σε έναν διαφορετικό τύπο έξυπνου διαστήματος από αυτόν για τον οποίο αναπτύχθηκε αρχικά. Αυτό συνεπάγεται σε κάποια σφαιρική συμφωνία μεταξύ των υπεύθυνων για την ανάπτυξη λογισμικού. Λαμβάνοντας υπόψη την προσπάθεια που απαιτείται για να επιτύχει τη συμφωνία, είναι καλύτερα να ελαχιστοποιούμε τις ανάγκες που πρέπει να συμφωνηθούν.

Η κύρια δυσκολία που στέκεται στο δρόμο της πτητικής λειτουργικότητας είναι η ασυμβασιμότητα της διεπαφής λογισμικού (incompatibility). Εάν, παραδείγματος χάριν, μια ψηφιακή φωτογραφική μηχανή αναμένει να επικαλεσθεί μια λειτουργία *pushImage* και δεν υπάρχει καμία τέτοια λειτουργία στη διεπαφή ψηφιακών πλαισίων εικόνας, κατόπιν δεν μπορούν να επικοινωνήσουν – τουλάχιστον, όχι άμεσα.

Υπάρχουν δύο κύριες προσεγγίσεις σε αυτό το πρόβλημα. Η πρώτη πρόκειται να επιτρέψει στις διεπαφές να είναι ετερογενείς, αλλά για να προσαρμόσουν τις διεπαφές η μία στην άλλη. Για παράδειγμα, εάν η ψηφιακή εικόνα (frames εικόνας) ήταν να υποβληθεί σε αυτήν η λειτουργία *sendImage* με τις ίδιες παραμέτρους και τη σημασιολογία όπως του *pushImage*, κατόπιν θα ήταν απλό για να κατασκευαστεί ένα συστατικό που ενέργησε ως πληρεξούσιο για το ψηφιακό πλαίσιο εικόνων, μετατρέποντας τη φωτογραφική μηχανή με την *pushImage* επίκληση *pushImage* σε μια επίκληση *sendImage* για το πλαίσιο εικόνων.

Ωστόσο, είναι πολύ δύσκολο να επιτύχουμε αυτήν την προσέγγιση. Συχνά η σημασιολογία των διαδικασιών μπορεί να ποικίλει καθώς επίσης και η σύνταξη, και η υπέρβαση σημασιολογικής ασυμβατότητας είναι γενικά δύσκολη και επιρρεπής σε λάθη. Κατόπιν υπάρχει μια κλίμακα του προβλήματος: εάν υπάρχουν N διεπαφές, κατόπιν ενδεχομένως N^2 προσαρμοστές πρέπει να γραφτούν – και όλο και περισσότερες διεπαφές θα δημιουργηθούν κατά τη διάρκεια του χρόνου.

Επιπλέον, υπάρχει το θέμα για το πώς τα συστατικά πρόκειται να αποκτήσουν τους κατάλληλους προσαρμοστές διεπαφών όπως επανενώνονται σε ένα πτητικό σύστημα. Τα συστατικά (ή οι συσκευές που τα φιλοξενούν) δεν μπορούν να έρχονται προ-φορτωμένα με όλους τους δυνατούς N² adaptors, έτσι ο σωστός προσαρμοστής πρέπει να καθοριστεί και να φορτωθεί στο χρόνο εκτέλεσης. Παρά όλες αυτές τις δυσκολίες, υπάρχει μια έρευνα στο πώς να καταστήσει την προσαρμογή διεπαφών πρακτική. Δείτε, παραδείγματος χάριν, [Ponnekanti and Fox, 2004].

Μια άλλη προσέγγιση στη διαλειτουργικότητα είναι να περιορίσουν τις διεπαφές να είναι ίδιες σε σύνταξη όσο το δυνατόν σε όλη την ευρύτερη κατηγορία των συστατικών. Αυτή η προσέγγιση στην αρχή μπορεί να ηχεί σαν κάτι μη ρεαλιστικό αλλά στην πραγματικότητα αυτό έχει ασκηθεί ευρέως και επιτυχώς για αρκετές δεκαετίες. Το απλούστερο παράδειγμα είναι οι σωλήνες (pipes) στο Unix. Ένας σωλήνας έχει μόνο δύο διαδικασίες, *read* και *write*, για τη μεταφορά των δεδομένων μεταξύ των συστατικών (διαδικασίες) στις δύο άκρες του. Κατά τη διάρκεια των ετών, Οι προγραμματιστές Unix έχουν δημιουργήσει πολλά προγράμματα με τα οποία μπορούν να διαβάσουν τα δεδομένα από έναν σωλήνα ή/και να γράψουν τα δεδομένα σε έναν σωλήνα. Λόγω των τυποποιημένων διεπαφών τους και σε γενικές λειτουργίες επεξεργασίας κειμένου, η έξοδος από οποιαδήποτε από εκείνα τα προγράμματα μπορεί να τροφοδοτηθεί με την είσοδο ενός άλλου, οι χρήστες και οι προγραμματιστές έχουν βρει πολλούς χρήσιμους τρόπους συνδυάζοντας τα προγράμματα με αυτόν τον τρόπο – προγράμματα που γράφτηκαν ανεξάρτητα, χωρίς γνώση της συγκεκριμένης λειτουργίας των άλλων προγραμμάτων.

Ένα ακόμα επιτυχημένο παράδειγμα ενός συστήματος που επιτυγχάνει έναν υψηλό βαθμό διαλειτουργικότητας μέσω μιας σταθερής διεπαφής είναι ο Ιστός. Το σύνολο μεθόδων που καθορίζονται από την προδιαγραφή HTTP είναι μικρό και σταθερό, χαρακτηριστικά, ένας πελάτης web χρησιμοποιεί μόνο τις GET και τις POST επιχειρήσεις για να έχει πρόσβαση σε web server. Η συνέπεια της σταθερής διεπαφής (fixed interface) είναι ότι ένα σχετικά σταθερό κομμάτι του λογισμικού – συχνά ο browser – είναι σε θέση να επικοινωνήσει με ένα εξελισσόμενο σύνολο υπηρεσιών. Αυτό που αλλάζει μεταξύ των υπηρεσιών είναι το είδος και οι αξίες της αλληλεπίδρασης που εξακολουθεί να είναι μία GET ή μια POST λειτουργία.

6.1 Στοιχείο-προσανατολισμένο στον προγραμματισμό για τα πτητικά συστήματα (Data-oriented programming for volatile systems)

Θα ονομάσουμε τα συστήματα που χρησιμοποιούν μια αμετάβλητη διεπαφή υπηρεσιών όπως οι UNIX pipes και το web, *data-oriented* (ή ισοδύναμα *content-oriented*). Ο όρος έχει επιλεγεί με διάκριση σε *object-oriented*. Ένα συστατικό σε ένα data-oriented σύστημα μπορεί να επικαλεστεί από οποιοδήποτε άλλο συστατικό το οποίο ξέρει τη σταθερή διεπαφή. Ένα αντικείμενο ή μια συλλογή διαδικασιών, αφ' ετέρου, έχει ένα από ένα ευρέως ποικίλο σύνολο πιθανών διεπαφών και μπορεί μόνο να επικαλεστεί από ακριβώς εκείνα τα συστατικά που γνωρίζουν την συγκεκριμένη διεπαφή του. Η Διανομή και εκμετάλλευση ενός άοριστου αριθμού εξειδικευμένων ορισμών διεπαφών είναι πολύ πιο προβληματική πρόταση από τη δημοσίευση και τη χρησιμοποίηση μίας προδιαγραφής της διεπαφής, όπως η προδιαγραφή HTTP. Αυτό βοηθά να εξηγήσουμε γιατί το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο, το ετερογενή καταμεμημένο σύστημα που είναι γνωστό είναι το διαδίκτυο, και όχι μια εξίσου συλλογή με κλίμακες, ας πούμε, τα CORBA αντικείμενα.

Αλλά η ευελιξία των data-oriented συστημάτων ανταλλάσσεται ενάντια στην ευρωστία. Δεν έχει ιδιαίτερο νόημα για δύο συγκεκριμένα συστατικά να επικοινωνήσουν, και όμως υπάρχει λίγη βάση όσον αφορά τα προγράμματα, για να ελέγξουν τη συμβατότητα. Σε ένα object- ή procedure-oriented σύστημα, τα προγράμματα μπορούν τουλάχιστον να ελέγξουν ότι οι συγκεκριμένες υπογραφές διεπαφών τους ταιριάζουν. Αλλά ένα data-oriented συστατικό μπορεί να επιβάλει

τη συμβατότητα μόνο με την επαλήθευση του τύπου του στοιχείου που στέλνεται. Πρέπει να το κάνει αυτό είτε μέσω της τυποποίηση των περιγραφικών δεδομένων τύπου που παρέχονται ως μετα-δεδομένα (όπως οι τύποι MIME για web content), ή ελέγχοντας τις τιμές των δεδομένων που διαβιβάζονται σε αυτήν, παραδείγματος χάριν, το στοιχείο JPEG αρχίζει με τις αναγνωρίσιμες πληροφορίες κεφαλίδας.

Εξετάζουμε τώρα μερικά πρότυπα προγραμματισμού που έχουν χρησιμοποιηθεί για τα πτητικά συστήματα λόγω των data-oriented χαρακτηριστικών γνωρισμάτων διαλειτουργικότητάς τους. Αρχίζουμε με δύο πρότυπα για τη λειτουργικότητα μεταξύ των έμμεσα σχετικών συστατικών.

συστήματα γεγονότος (event systems) και **tuple διαστήματα** (tuple spaces). Στην συνέχεια θα περιγραφούν δύο σχέδια για τη λειτουργικότητα μεταξύ των έμμεσα σχετικών συσκευών: **JetSent** and **Speakeasy**.

6.1.1 Συστήματα γεγονότος (Event systems)

Τα συστήματα γεγονότος παρέχουν τις περιπτώσεις υπηρεσιών γεγονότος. Κάθε σύστημα προσφέρει μια σταθερή, γενική διεπαφή της οποίας τα συστατικά που ονομάζονται *εκδότες* (*publishers*) δημοσιεύουν τα δομημένα στοιχεία γνωστά ως γεγονότα (events) και, αντίστοιχα, τα συστατικά αποκαλούμενα *συνδρομητές* (*subscribers*) λαμβάνουν τα γεγονότα. Κάθε υπηρεσία γεγονότος συνδέεται με κάποιο φυσικό ή λογικό πεδίο της παράδοσης γεγονότος. Οι συνδρομητές λαμβάνουν μόνο τα ('handle') γεγονότα τα οποία:

- (1) δημοσιεύονται στην ίδια υπηρεσία γεγονότος και
- (2) ταιριάζουν τις προδιαγραφές τους με τα γεγονότα που τους ενδιαφέρουν

Τα γεγονότα είναι ένα φυσικό παράδειγμα προγραμματισμού για την αναγγελία και το χειρισμό των αλλαγών που βιώνονται από τα συστατικά ενώ είναι σε ένα πτητικό σύστημα ή όταν κινούνται μεταξύ των πτητικών συστημάτων. Το γεγονός μπορεί να κατασκευαστεί για να διευκρινίσει τις νέες καταστάσεις των υποθέσεων, όπως οι αλλαγές στη θέση μιας συσκευής. Ένα πρόσφατο παράδειγμα ενός συστήματος που χρησιμοποιεί γεγονότα για την πανταχού παρόντα υπολογισμό είναι ένα, ο Κόσμος [Grimm, 2004]. Αλλά τα γεγονότα έχουν χρησιμοποιηθεί στα πανταχού παρόντα συστήματα από την αρχή της ανάπτυξής τους. Σε ένα Active Badge σύστημα [Harter and Hopper, 1994], οι εφαρμογές θα μπορούσαν να προσυπογράψουν στα γεγονότα θέση-αλλαγής που εμφανίζονται όταν κινούνται γύρω οι χρήστες. Τα γεγονότα θέσης παρουσιάζουν επίσης το ζήτημα της ανίχνευσης των σχεδίων των γεγονότων που εμφανίζονται μαζί ή στη στενή διαδοχή, επίσης γνωστά όπως *σύνθετα γεγονότα* (*composite events*). Για παράδειγμα, σκεφτείτε το πρόβλημα της ανίχνευσης, όταν δύο χρήστες που συστεγάζονται, όταν το μόνο που είναι γνωστό είναι τότε μεμονωμένους χρήστες εισέρχονται ή εξέρχονται από μια συγκεκριμένη τοποθεσία,. Ένα σύστημα θέσης (location system) δεν ανιχνεύει τέτοια περιστατικά από μόνο του: υπάρχει μια ανάγκη για τους κανόνες που διευκρινίζουν, από την άποψη των πρωτόγονων γεγονότων όπως 'Arrive(user, location, time)' και 'Leave(user, location, time)', όταν συμβαίνουν σύνθετα γεγονότα, όπως η συστέγαση.

Αν και η διεπαφή έκδοσης, συνδρομής και χειρισμού για το γεγονός είναι (με τις σχετικά δευτερεύουσες παραλλαγές μεταξύ των συστημάτων γεγονότος), εκδότες και συνδρομητές μπορεί να επικοινωνήσουν σωστά μόνο εάν συμφωνούν ότι στην υπηρεσία γεγονότος χρησιμοποιούν (μπορούν να υπάρξουν πολλές περιπτώσεις) τους τύπους και τις ιδιότητες των γεγονότων – τη σύνταξη και τη σημασιολογία τους. Κατά συνέπεια, τα συστήματα γεγονότος μετατοπίζουν παρά λύνουν το πρόβλημα της πανταχού παρούσας διαλειτουργικότητας. Για να επικοινωνήσει ένα δεδομένο συστατικό σε μια ευρεία ποικιλία έξυπνων διαστημάτων θα απαιτούσε τα πρότυπα για τους τύπους γεγονότος, Και τα γεγονότα θα ήταν ιδανική περίπτωση, να περιγράφονται κατά ένα τρόπο σε ανεξάρτητη γλώσσα προγραμματισμού όπως είναι η XML.

Αφ' ετέρου, οι παραγωγοί γεγονότος και οι καταναλωτές δεν πρέπει να προσδιορίσουν ο ένας τον άλλον. Αυτό μπορεί να είναι ένα πλεονέκτημα σε ένα

πητικό σύστημα, όπου η παρακολούθηση των άλλων στοιχείων που υπάρχουν θα μπορούσε να είναι δύσκολη. Δύο συστατικά έρχονται να επικοινωνήσουν δυνάμει της έκδοσης και της υπογραφής στο ταίριασμα των γεγονότων, και κατόπιν συμφωνίας σχετικά με το πεδίο του γεγονότος της παράδοσης - με άλλα λόγια, συσχετίζουν έμμεσα.

Το πεδίο της παράδοσης γεγονότος είναι από μόνο του ένα ενδιαφέρον θέμα στα κινητά και πανταχού παρόντα συστήματα. Όσον αφορά την ανακάλυψη υπηρεσιών, η ερώτηση που προκύπτει είναι για το πώς το πεδίο μιας υπηρεσίας γεγονότος συσχετίζεται με τη φυσική έκταση του έξυπνου διαστήματος.

6.1.2 Πλειάδα χώρων (Tuple spaces)

Όπως τα συστήματα γεγονότος, οι πλειάδες χώρων είναι επίσης ένα ώριμο παράδειγμα προγραμματισμού που έχει βρεί την εφαρμογή στα πητικά συστήματα. Τα συστατικά χρησιμοποιούν μια σταθερή, γενική διεπαφή για να προσθέσουν και να ανακτήσουν δομημένα στοιχεία αποκαλούμενα πλειάδες (tuples). Τα συστήματα πλειάδας χώρου επιτρέπουν εφαρμογές ανταλλαγής με συγκεκριμένες πλειάδες, και η βάση για την ένωση και η διαλειτουργικότητα είναι η συμφωνία των συστατικών «σχετικά με τις δομές για τις πλειάδες και τις αξίες που περιέχονται σε αυτά.

Για παράδειγμα, μια ψηφιακή camera θα μπορούσε να ανακαλύψει το tuple διάστημα για το τοπικό έξυπνο διάστημα - ένα δωμάτιο ξενοδοχείων, για παράδειγμα - και να τοποθετούσε τις εικόνες της στο tuple διάστημα χρησιμοποιώντας tuple όπως:

```
<'The learning tower', 'image/jpeg', <jpeg data>>
```

Οι σχεδιαστές του λογισμικού μιας κάμερας έχουν ένα μοντέλο μόνο ενός tuple διαστήματος στο οποίο οι εικόνες μπορούν να τοποθετηθούν με μία ορισμένη μορφή, και κανένα μοντέλο ιδιαίτερης μορφής επεξεργασίας στις οποίες ανήκουν οι εικόνες που θα γίνουν αντικείμενο.

Αντίστοιχα, μια συσκευή που καταναλώνει εικόνες, όπως μια ψηφιακό πλαίσιο εικόνων (frame) θα μπορούσε να προγραμματιστεί για να ανακαλύψει τις τοπικές πλειάδες χώρου του και να προσπαθήσει να ανακτήσει από τις πλειάδες με τη μορφή του παρακάτω προτύπου, στο οποίο το «*», αστεράκι αναπαριστά μια μπαλαντέρ αξία:

```
<*, 'image/jpeg',*>
```

Η πλειάδα της κάμερας ταιριάζει με το πρότυπο που απαιτείται από το πλαίσιο εικόνων - έχει τρία πεδία, και το δεύτερο πεδίο του περιέχει την απαιτούμενη συμβολοσειρά τύπου MIME. Το πλαίσιο εικόνων θα ανακτά έτσι το tuple της κάμερας και θα μπορεί να εμφανίσει την εικόνα και τον συναφή τίτλο. Για ένα άλλο παράδειγμα, ο χρήστης θα μπορούσε να έχει ενεργοποιήσει έναν εκτυπωτή για να καταναλώσει την εικόνα από την πλειάδα χώρο και να τη εκτυπώσει.

Διάφορα συστήματα προγραμματισμού βασισμένα σε πλειάδες χώρου (tuples spaces) έχουν αναπτυχθεί συγκεκριμένα για τα κινητά και πανταχού παρόντα συστήματα. Παρά το ονομάτος του, ο *σωρός γεγονότος (event heap)* [Johanson and Fox, 2004] είναι ένα tuple-based σύστημα προγραμματισμού αναπτυγμένο για έναν τύπο έξυπνου διαστήματος γνωστό ως 'iRoom', ο οποίος περιέχει τις πολλαπλάσιες μεγάλες οθόνες και άλλες συσκευές υποδομής. Σε κάθε iRoom υπάρχει ένας αντίστοιχος σωρός γεγονότων, τα οποία συστάτικα του iRoom - περιλαμβανομένων και εκείνων στις κινητές συσκευές που παρουσιάζονται στο δωμάτιο - μπορούν να ανακαλύψουν ή μπορεί να διαμορφωθούν στη χρήση. Τα συστατικά επικοινωνούν με την ανταλλαγή tuples μέσω του σωρού γεγονότος, και παρέχουν ένα επίπεδο indirection που διευκολύνει τη δυναμική ένωση μεταξύ των συσκευών. Ένα παράδειγμα είναι όταν ένα τηλεχειριστήριο φυλάσσεται στο iRoom μπορεί να συνδεθεί δυναμικά σε διαφορετικές οθόνες. Παραδείγματος χάριν, ένα βίντεο μπορεί να παρουσιαστεί σε οποιαδήποτε από τις μεγάλες οθόνες. Όταν ένας χρήστης πιέζει το κουμπί 'pause' στο τηλεχειριστήριο, ο έλεγχος τοποθετεί ένα «διάλειμμα» tuple στο σωρό γεγονότων. Ό, τι συσκευή θα εμφανίσει το video είναι

προγραμματισμένο να αναζητήσει και να ανακτήσει την «παύση» πλειάδα, και έτσι να ανταποκριθεί. Το τηλεχειριστήριο μπορεί να λειτουργήσει με μια συσκευή εξόδου ήχου με τον ίδιο ακριβώς τρόπο, χωρίς επαναπρογραμματισμό.

Το σύστημα LIME σύστημα (Linda in a Mobile Environment) [Murphy et al. 2001] αναπτύχθηκε ως πρότυπο προγραμματισμού για τα κινητά συστήματα. Στο LIME, οι συμμετέχουσες συσκευές φιλοξενούν πλειάδες χώρου και δεν υπάρχει καμία εμπιστοσύνη στην υποδομή. Κάθε συσκευή φιλοξενεί το δικό του χώρο tuple. Το Lime μοιράζει τα μεμονωμένα tuple διαστήματα όταν οι συσκευές οικοδεσποτών τους συνδέονται, σχηματίζοντας την ένωση των συνόλων tuples στο σύνολο των κοινών διαστημάτων. Αυτό θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την ανακάλυψη υπηρεσιών, παραδείγματος χάριν. Ένα συστατικό που απαιτεί μια υπηρεσία θα μπορούσε να προγραμματιστεί για να προσπαθήσει να ανακτήσει ένα tuple περιγράφοντας μια περίπτωση της υπηρεσίας η οποία απαιτείται. Μια συσκευή που εφαρμόζει μιας αντίστοιχη υπηρεσία θα προγραμματιζόταν για να τοποθετήσει μια περιγραφική πλειάδα στην τοπική πλειάδα χώρου της. Όταν οι δύο αυτές συνδέονται, LIME θα καθορίζει τον ταίριασμα και θα είναι ο πελάτης που θα λάβει τα στοιχεία της υπηρεσίας

Ενώ το μοντέλο LIME είναι απλό να δηλωθεί, είναι μη τριτομμένο να εφαρμόσεις κατάλληλες, συνεπείς σημασιολογίες κατά την αντιμετώπιση των αυθαίρετων συνδέσεων και αποσυνδέσεων. Οι εφαρμοστές LIME έκαναν αναμφισβήτητα μη ρεαλιστικές υποθέσεις για να απλουστεύσουν τον σχεδιασμό τους, συμπεριλαμβανομένων: η multicast σύνδεση κατέχει ομοιόμορφα μεταξύ των συσκευών των οποίων η πλειάδες χώρων συναθροίζονται, και αυτές οι συνδέσεις και οι αποσυνδέσεις προς και από ένα συγκεντρωτικό σύνολο είναι συνέχεις και τακτικές.

6.1.3 Συγκρίνοντας τα συστήματα γεγονότος και την πλειάδα χώρων (Comparing event systems and tuple spaces) :

Με το Tuple-matching πρότυπο υπάρχει αντιστοιχία μεταξύ των δύο μοντέλων της διαλειτουργικότητας. Και οι δύο παρέχουν ένα επίπεδο με πλάγια μέσα που είναι χρήσιμο για τα πτητικά συστήματα δεδομένου ότι η ταυτότητα των συστατικών που παράγουν και καταναλώνουν γεγονότα ή tuples είναι κρυμμένα το ένα από το άλλο, από προεπιλογή. Το σύνολο των συστατικών μπορεί να αλλάξει τον τρόπο αυτό με διαφάνεια. Εντούτοις, υπάρχουν σημαντικές διαφορές. Κατ' αρχάς, το μοντέλο γεγονότος είναι αποκλειστικά ασύγχρονο, λαμβάνοντας υπόψη ότι τα συστήματα της πλειάδα χώρου προσκομίζει σύγχρονες λειτουργίες. Αφ' ετέρου, είναι κακή ιδέα να αναμένεις ότι ένα ιδιαίτερο συστατικό (Για παράδειγμα, μια συσκευή παραγωγής εικόνων η οποία έχει αντιμετωπιστεί δυναμικά θα παράσχει τελικά μια αντίστοιχη πλειάδα, δεδομένου ότι η αποσύνδεση μπορεί να συμβεί ανά πάσα στιγμή.

Η δεύτερη σημαντική διαφορά είναι η διάρκεια ζωής του γεγονότος και των tuples. Εξ ορισμού, ένα γεγονός δεν επιζητά τη διάδοσή του μεταξύ των εκδοτών και των συνδρομητών. Μια πλειάδα σε μια πλειάδα χώρου, ωστόσο, μπορεί να διαρκέσει περισσότερο από το συστατικό που το τοποθέτησε εκεί - και κάθε συστατικό που το διαβάζει (σε αντίθεση με αυτό καταναλώνει καταστροφικά). Η επιμονή μπορεί να αποτελέσει πλεονέκτημα. Για παράδειγμα, οι μπαταρίες μιας φωτογραφικής μηχανής ενός χρήστη μπορεί να αποτύχουν, αφού έχουν φορτωθεί εικόνες στην πλειάδα χώρου ενός δωματίου σε ένα ξενοδοχείο, αλλά πριν να τις έχουν ανατεθεί σε άλλη συσκευή. Την ίδια στιγμή, η επιμονή μπορεί να είναι και ένα μειονέκτημα: τι γίνεται αν μια ανεξέλεγκτη σειρά διατάξεων θέσεων tuples σε ένα διάστημα, αλλά ποτέ δεν καταναλώνονται, διότι τα συστατικά που αναμένεται να τις καταναλώσουν έχουν αποσυνδεθεί; Το σύνολο των πλειάδων σε έναν τέτοιο χώρο θα μπορούσε να αυξηθεί ανεξέλεγκτα. Χωρίς συνολική γνώση των πτητικών σύνολο συστατικών, θα ήταν αδύνατο να προσδιοριστεί ποια tuples ήταν σκουπίδια.

Οι σχεδιαστές του σωρού γεγονότων (event heap) αναγνώρισαν το επίμονο πρόβλημα για τα iRooms. Επέλεξαν να τα tuples να λήξουν.

(Δηλαδή, να εισπράττονται σαν να είναι σκουπίδια), μετά από το να είναι σε έναν σωρό γεγονότων για έναν καθορισμένο χρόνο, το οποίο συνήθως επιλέγεται να αντιστοιχεί με το χρονικό διάστημα μιας ανθρώπινης αλληλεπίδρασης. Αυτό αποτρέπει, για παράδειγμα, το γεγονός *μικρής διακοπής* από ένα τηλεχειριστήριο να προκαλέσει μια ενόχληση όταν ένας χρήστης προσπαθεί να παίξει ένα βίντεο την επόμενη ημέρα.

6.1.4 Άμεση λειτουργικότητα συσκευών (Direct device interoperation)

Τα προηγούμενα πρότυπα προγραμματισμού ήταν για τη έμμεση λειτουργικότητα μεταξύ των σχετικών συστατικών. Το JetSend και το Speakeasy είναι συστήματα που σχεδιάζονται για τη λειτουργικότητα μεταξύ δύο συσκευών που ένας άνθρωπος έχει φέρει στην άμεση ένωση.

6.1.4.1 JetSend:

Το πρωτόκολλο JetSend [Williams, 1998] σχεδιάστηκε για την αλληλεπίδραση μεταξύ των συσκευών όπως των καμερών, των εκτυπωτών, των ανιχνευτών και των TVs. Το JetSend είχε ως σκοπό ρητά να είναι data-oriented, έτσι ώστε καμία συσκευή δεν θα έπρεπε να φορτωθεί με τους ειδικευμένους οδηγούς σύμφωνα με τις συγκεκριμένες συσκευές που θα αλληλεπιδρούσε. Παραδείγματος χάριν, μια JetSend κάμερα μπορεί να στείλει μια εικόνα σε μία JetSend image-consuming συσκευή όπως είναι ένας εκτυπωτής ή μία TV, ανεξάρτητα από τη συγκεκριμένη λειτουργία του καταναλωτή. Η κεντρική γενική λειτουργία μεταξύ των συνδεδεμένων συσκευών JetSend είναι *να συγχρονιστεί* το τμήμα που το ένα παρουσιάζει το άλλο. Αυτό σημαίνει ότι μεταφέρεται το τμήμα, σε μια μορφή στην οποία οι συσκευές μπορούν και διαπραγματεύονται. Παραδείγματος χάριν, μια image-producing συσκευή όπως είναι ένας σαρωτής (scanner) θα μπορούσε να συγχρονιστεί με μια συσκευή κατανάλωσης-εικόνας όπως ένα ψηφιακό πλαίσιο εικόνων, με την κατανάλωση μιας εικόνας από τον παραγωγό σε μορφή JPEG, που επιλέγεται από διάφορες μορφές εικόνας όπου παραγωγός θα μπορούσε να προσφέρει. Το ίδιο scanner θα μπορούσε επίσης να συγχρονιστεί με μια τηλεόραση, ίσως χρησιμοποιώντας μια διαφορετική μορφή εικόνας.

Οι JetSend σχεδιαστές αναγνώρισαν ότι η λειτουργία συγχρονισμού τους ωφέλησε μόνο την απλή λειτουργικότητα – ουσιαστικά, τη μεταφορά στοιχείων (data transfer) – μεταξύ των ετερογενών συσκευών. Αυτό λαμβάνει ως δεδομένο το θέμα για το πώς να επιτύχει τις πιο σύνθετες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των συγκεκριμένων συσκευών. Παραδείγματος χάριν, πώς θα πρέπει η επιλογή να γίνει μεταξύ μονόχρωμου και του χρώματος κατά τη μεταφορά μιας εικόνας για να τυπωθεί; Από την υπόθεση, η συσκευή πηγής δεν έχει κανέναν οδηγό για έναν συγκεκριμένο εκτυπωτή. Και δεν είναι δυνατό για εκείνη την συσκευή να προγραμματιστεί *a priori* με τη σημασιολογία οποιασδήποτε arbitrary συσκευής (συμπεριλαμβανομένων των συσκευών που ακόμα εφευρίσκονται) με την οποία ίσως να συνδεθεί. Η απάντηση του JetSend σε εκείνο το πρόβλημα ήταν η στήριξη σε έναν άνθρωπο για να επιλέξει τις συγκεκριμένες λειτουργίες της συσκευής στόχου (ας πούμε έναν printer), χρησιμοποιώντας μια διεπαφή χρήστη που καθορίζεται από τη συσκευή προορισμού, αλλά που παρέχεται για τη συσκευή της πηγής (ας πούμε μία camera). Αυτός είναι ο τρόπος για το πώς συνήθως συμβαίνει η διαλειτουργία στο διαδίκτυο, καθώς οι χρήστες αλληλεπιδρούν με μεγάλης ετερογένεια υπηρεσίες μέσω του browser τους: κάθε υπηρεσία με την οποία αλληλεπιδρούν, στέλνει τη διεπαφή της με τη μορφή προσαύξησης script στον browser, την οποία καθιστά για τον χρήστη ως γενικό σύνολο των widgets, και χωρίς τη γνώση των ειδικών σημασιολογιών της υπηρεσίας. Οι υπηρεσίες Web είναι μια προσπάθεια για να αντικαταστήσουν τον άνθρωπο από τα προγράμματα ακόμη και για τις σύνθετες αλληλεπιδράσεις.

6.1.4.2 Speakeasy:

Το πρόγραμμα Speakeasy [Edwards et al. 2002] εφαρμόστηκε μετέπειτα, παρόλα αυτά έχει τις ίδιες αρχές σχεδίου με το JetSend στη λειτουργικότητα συσκευής με συσκευής, αλλά με μια διαφορά: χρησιμοποιεί κινητό κώδικα.

Υπάρχουν δύο κίνητρα για τη χρησιμοποίηση του κινητού κώδικα.

Ο πρώτος είναι ότι μια συσκευή όπως ένας εκτυπωτής μπορεί να στείλει οποιοδήποτε user interface σε έναν χρήστη μιας άλλης συσκευής όπως ένα PDA. Μια εφαρμογή κινητού-κώδικα ενός user interface μπορεί να εκτελέσει την τοπική επεξεργασία όπως η επικύρωση εισαγωγής και μπορεί να παρέχει λειτουργίες αλληλεπίδρασης που δεν είναι διαθέσιμες στις διεπαφές χρηστών, οι οποίες θα πρέπει να προσδιορίζονται με προσαύξηση γλώσσας. Εντούτοις, ενάντια σε αυτό το πλεονέκτημα πρέπει να τεθούν οι επιπτώσεις στην ασφάλεια της εκτέλεσης του κινητού κώδικα, ο οποίος απαιτεί τον περίπλοκο μηχανισμό προστασίας ενάντια σε Trojan horses και τις επιπτώσεις στους πόρους για τη λειτουργία κινητού κώδικα σε ένα μηχάνημα εικονικής πραγματικότητας, σε αντίθεση με την επεξεργασία με πολύ πιο περιορισμένες προσαύξησης γραφής.

Το δεύτερο κίνητρο για τον κινητό κώδικα στη λειτουργικότητα συσκευών είναι η βελτιστοποίηση της μεταφοράς στοιχείων. Μολονότι ο κινητός κώδικας Speakeasy πρέπει να συνεργαστεί στο πλαίσιο των περιορισμών του API της συσκευής υποδοχής, μπορεί να εκτελέσει αυθαίρετες αλληλεπιδράσεις με την απομακρυσμένη συσκευή με την οποία έστειλε. Κατά συνέπεια, ο κινητός κώδικας μπορεί να εφαρμόσει ένα βελτιστοποιημένο πρωτόκολλο για τη μεταφορά του περιεχομένου που είναι συγκεκριμένο για τον τύπο περιεχομένου - Π.χ. το βίντεο θα μπορούσε να συμπιεστεί σε ώρα πτήσης πριν από τη μετάδοση. Σε αντίθεση, Το JetSend μπορεί να χρησιμοποιήσει μόνο τα προκαθορισμένα ικανοποιημένα πρωτόκολλα μεταφοράς.

6.2 Έμμεσες ενώσεις και μαλακή κατάσταση (Indirect associations and soft state)

Όταν μια υπηρεσία έχει πόρους αρκετά καλούς ώστε να είναι διαθέσιμη σε μεγάλο βαθμό (όπως μια υπηρεσία υποδομής), τότε είναι λογικό για τα συστατικά αργότερα να χρησιμοποιήσουν αυτή την διεύθυνση για να διαλειτουργήσουν με τις υπηρεσίες - ας πούμε, δέκα λεπτά μετά την ένωση - τότε μπορούν εύλογα να περιμένουν ότι είναι ακόμα προσβάσιμο και να απαντήσουν. Εντούτοις, γενικά, η αστάθεια του συστήματος το καθιστά ανεπιθύμητο για να βασιστεί σε μια υπηρεσία που παρέχεται από ένα συγκεκριμένο συστατικό και που από το συστατικό αυτό θα μπορούσε να αφήσει ή να αποτύχει, ανά πάσα στιγμή. Ένα μάθημα από την εν λόγω διάκριση είναι ότι είναι χρήσιμο για τους προγραμματιστές να μάθουν ποιες υπηρεσίες είναι διαθέσιμες σε μεγάλο βαθμό, και οι οποίες είναι ευμετάβλητες. Επιπλέον, για την αντιμετώπιση της μεταβλητότητας, πρέπει να παρέχονται τεχνικές προγραμματισμού που δεν συνεπάγονται με την προσφυγή σε ένα συγκεκριμένο συστατικό.

Μερικά από τα ανωτέρω παραδείγματα των data-oriented programming συστημάτων, περιλαμβάνουν έμμεσες, ανώνυμες ενώσεις. Συγκεκριμένα, τα συστατικά τα οποία διαλειτουργούν μέσω ενός συστήματος γεγονότος ή μέσω μιας πλειάδας χώρου δεν είναι απαραίτητο να γνωρίζουν το ένα του άλλου τα ονόματα ή τις διευθύνσεις. Για όσο διάστημα η υπηρεσία γεγονότος ή η πλειάδα χώρου εξακολουθούν να υφίστανται, τα επιμέρους συστατικά μπορούν να έρχονται και να φεύγουν και να αντικατασταθούν. Χρειάζεται προσοχή για να διατηρηθεί η ορθή λειτουργία του συστήματος συνολικά, αλλά τουλάχιστον οι προγραμματιστές των συστατικών δεν οφείλουν να διαχειρίζονται την ξεχωριστές ενώσεις με τακτική εξαφάνισης των peers.

Ένα παράδειγμα ενός συστήματος πελάτη-server που χρησιμοποιεί έμμεση ένωση είναι η Intentional Name System (INS) [Adjie-Winoto et al. 1999] Τα συστατικά ζητούν αιτήσεις που προσδιορίζουν τα χαρακτηριστικά της απαιτούμενης υπηρεσίας, επίκληση της λειτουργίας και τις παραμέτρους της. Τα συστατικά δεν χρειάζεται να καθορίσουν το όνομα ή τη διεύθυνση μιας περίπτωσης της

απαιτούμενης υπηρεσίας, επειδή το INS αυτόματα δρομολογεί τη λειτουργία και τις παραμέτρους της σε μία κατάλληλη - π.χ. τοπική - περίπτωση υπηρεσίας που ταιριάζει με τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά. Δεδομένου ότι οι διαδοχικές ενέργειες που απευθύνονται προς τις ίδιες προδιαγραφές χαρακτηριστικών, θα μπορούσαν να διεκπεραιώνονται από διάφορα συστατικά στοιχεία του διακομιστή, το INS υποθέτει ότι οι διακομιστές είναι χωρίς κατάσταση, ή αναπαράγουν την κατάσταση τους χρησιμοποιώντας μια από τις τεχνικές.

Αυτό οδηγεί σε μια γενική ερώτηση: πώς οι προγραμματιστές υποτίθετε ότι πρέπει να διαχειριστούν την κατάσταση σε ασταθείς σύστημα (volatile system);

Ο Αλγόριθμος του μερικής απασχόλησης Κοινοβουλίου Lamport's [1998] παρέχει έναν τρόπο επίτευξης καταναεμμήμενης συμφωνίας παρά την αστάθεια –οι συμμετέχουσες διαδικασίες υποτίθεται ότι εξαφανίζονται και επανεμφανίζονται τακτικά και ανεξάρτητα. Ωστόσο, ο αλγόριθμος εξαρτάται από την κάθε διεργασία που έχει πρόσβαση στο επίμονο κατάστημά του.

Σε αντίθεση, ορισμένες εφαρμογές χρησιμοποιούν *soft state* για να παρέχουν πιο χαλαρές αλλά ακόμα χρήσιμες της συνοχής εγγυήσεις, ακόμα και εν απουσίας της συνεχούς διαθέσιμης, επίμονης αποθήκευσης. Ο Clark [Clark, 1988] εισήγαγε την έννοια του *soft state* ως μέσο διαχείρισης της διαμόρφωσης των δρομολογητών Διαδικτύου, παρά τις αποτυχίες. Η συλλογή των δρομολογητών είναι ένα πτητικό σύστημα που πρέπει να συνεχίσει να λειτουργεί ακόμα και αν οι δρομολογητές στο σύστημα δεν θεωρούνται πάντα διαθέσιμοι. Ο ορισμός του *soft state* έχει αποτελέσει αντικείμενο συζήτησης [Raman and McCanne, 1999], αλλά σε γενικές γραμμές είναι τα δεδομένα που παρέχουν έναν υπαινισμό (δηλαδή, μπορεί να είναι μπαγιατικό και δεν θα πρέπει να προβληθεί για το νόμισμά του αυστηρού) και, πιο σημαντικό, οι πηγές των *soft state* θα ενημερώνονται αυτόματα. Ορισμένα συστήματα ανακάλυψης (κεφάλαιο 5) προτιμούν τη χρήση των *soft state* για να διαχειριστούν την συλλογή των καταχωρήσεων μητρώου υπηρεσίας. Πρώτον, οι ενδείξεις είναι μόνο υπαινισμοί - μπορεί να υπάρχει μία καταχώρηση για κάθε υπηρεσία που έχει εξαφανιστεί. Δεύτερον, οι συμμετοχές είναι αυτόματα ενημερωμένες από multicasts από τις υπηρεσίες - για να προστεθούν νέες καταχωρήσεις και να διατηρήσουν τις υπάρχουσες εγγραφές ενεργές.

6.3 Περίληψη και προοπτική

Αυτό το τμήμα έχει περιγράψει τα πρότυπα της λειτουργικότητας μεταξύ των συστατικών στα πτητικά συστήματα. Αν κάθε έξυπνο διάστημα ήταν για να αναπτύσει την δική του διεπαφή προγραμματισμού, τα οφέλη της κινητικότητας θα περιοριζόνταν. Εάν ένα συστατικό δεν κατάγεται από έναν συγκεκριμένο έξυπνο χώρο, αλλά μεταφέρεται εκεί, ο μόνος τρόπος για να διαλειτουργήσει με τις υπηρεσίες στον έξυπνο χώρο θα είναι μέσω ενός τρόπο προσαρμογής της διεπαφής του αυθόρμητα με εκείνη του νέου περιβάλλοντος χώρου. Η επίτευξη αυτού θα απαιτήσει πολύ περίπλοκη υποστήριξη χρόνου εκτέλεσης, η οποία είναι μέχρι τώρα απραγματοποίητη εκτός από μερικά παραδείγματα στο εργαστήριο.

Μια διαφορετική προσέγγιση, που περιγράφετε μέσω διάφορων παραδειγμάτων παραπάνω, είναι το data-oriented programming. Αφ' ενός, το Web έχει δείξει την επεκτασιμότητα και τη δυνατότητα εφαρμογής του εν λόγω προτύπου. Αφ' ετέρου, δεν υπάρχει ασημένια σφαίρα 'silver bullet' η οποία να λύσει όλα τα προβλήματα της λειτουργικότητας για τα πτητικά συστήματα. Τα Data-oriented συστήματα ανταλλάσσουν συμφωνίες για το σύνολο των λειτουργιών σε μια διεπαφή σε σχέση με τις συμφωνίες σχετικά με τους τύπους των δεδομένων που διαβιβάζονται ως επιχειρήματα για τις λειτουργίες αυτές. Ενώ η XML είναι μερικές φορές touted ως ένα τρόπο για την διαλειτουργικότητα των δεδομένων, επιτρέποντας δεδομένα που πρέπει να αυτο-περιγραφούν, στην πραγματικότητα, απλώς παρέχει ένα πλαίσιο για την έκφραση δομής και λεξιλογίου. Από μόνο του, το XML δεν έχει τίποτα να συμβάλει στο τι είναι ένα σημασιολογικό πρόβλημα. Μερικοί συντάκτες θεωρούν ότι ο Σημασιολογικός Ιστός 'Semantic Web' [www.w3.org XX] θα είναι πιθανός κάτοχος θέσεων για μια μελλοντική λύση.

Κεφάλαιο 7

Αντίληψη και πλαίσιο-συνειδητοποίηση (Sensing and context-awareness)

Τα προηγούμενα τμήματα έχουν τις πτυχές της αστάθειας των κινητών και πανταχού παρόντων συστημάτων. Αυτό το τμήμα επικεντρώνεται σε άλλο κύριο χαρακτηρισμό εκείνων των συστημάτων: αυτή της ύπαρξης με το φυσικό κόσμο. Συγκεκριμένα, θα εξετάσει architectures για την επεξεργασία των δεδομένων που συλλέγονται από τους αισθητήρες, και συστήματα context-aware που μπορούν να αντιμετωπίσουν τις φυσικές συνθήκες τους (που ανιχνεύονται). Η αντίληψη της θέσης, μια σημαντική φυσική παράμετρος, θα εξεταστεί λεπτομερέστερα. Δεδομένου ότι χρήστες και οι συσκευές εξετάζουμε ότι είναι συχνά κινητά, και δεδομένου ότι ο φυσικός κόσμος παρουσιάζει τις διαφορετικές ευκαιρίες για τις πλούσιες αλληλεπιδράσεις των θέσεων και των χρόνων, οι φυσικές περιστάσεις τους είναι συχνά σχετικές ως καθοριστικό παράγοντα της συμπεριφοράς του συστήματος. Το Active Badge σύστημα παρέχει ένα ιστορικό παράδειγμα: η θέση ενός χρήστη – δηλαδή η θέση του badge που φορούσε – χρησιμοποιήθηκε για να αναγνωριστεί ποιό χρησιμοποιήθηκε για να προσδιοριστούν οι τηλεφωνικές κλήσεις τους που θα πρέπει να κατευθύνονται προς [Want et al. 1992], τις μέρες πριν τα κινητά τηλέφωνα. Το context-aware τροχοπέδησης (bracking) σύστημα ενός αυτοκινήτου θα μπορούσε να ρυθμίσει τη συμπεριφορά του σύμφωνα με το εάν οι οδικοί όροι είναι παγωμένοι. Μια προσωπική συσκευή θα μπορούσε αυτόματα να εκμεταλλευτεί τους πόρους που ανιχνεύθηκαν στο περιβάλλον της, όπως μια μεγάλη οθόνη.

Το πλαίσιο (**context**) μιας οντότητας (πρόσωπο, τόπο ή πράγμα, είτε ηλεκτρονικό είτε όχι) είναι μια πτυχή των φυσικών συνθηκών της που έχουν σχέση με τη συμπεριφορά του συστήματος. Αυτό περιλαμβάνει σχετικά απλές αξίες όπως είναι ο τόπος? Ο χρόνος? Η θερμοκρασία? Την ταυτότητα ενός συνδεδεμένου χρήστη, π.χ. μία λειτουργεί μιας συσκευής, ή των χρηστών κοντά, γύρω από το ξενοδοχείο? Την παρουσία και την κατάσταση ενός αντικειμένου, όπως μια άλλη συσκευή, π.χ., μια οθόνη. Το πλαίσιο μπορεί να κωδικοποιηθεί και να ενέργησει μέσω των κανόνων, όπως εάν ο χρήστης είναι ο Fred και είναι σε μια αίθουσα συνεδριάσεων των εργαστηρίων IQ, και εάν υπάρχει μια οθόνη μέσα σε 1 μ, κατόπιν θα παρουσιάζε πληροφορίες από συσκευή στην επίδειξη –εκτός αν ένας υπάλληλος των εργαστηρίων IQ είναι παρών. Το Context αυτό λαμβάνεται επίσης να περιλαμβάνει πιο πολύπλοκα χαρακτηριστικά, όπως η δραστηριότητα του χρήστη της. Για παράδειγμα, ένα context-aware τηλέφωνο που πρέπει να αποφασίσει εάν το χτύπημα του τηλεφώνου απαιτεί απαντήσεις σε ερωτήματα όπως: Είναι ο χρήστης σε ένα σινεμά βλέποντας μια ταινία ή κουβεντιάζει με τους φίλους τους πριν την εξέταση;

7.1 Αισθητήρες (Sensors)

Ο προσδιορισμός μιας βασισμένης στα συμφραζόμενα αξίας αρχίζει με τους αισθητήρες, οι οποίοι είναι συνδυασμοί υλικού και / ή λογισμικού που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση βασισμένων στα συμφραζόμενα τιμών. Μερικά παραδείγματα είναι:

Θέση (Location), ταχύτητα (velocity), και προσανατολισμός (orientation):
Οι μονάδες δορυφορικής πλοήγησης (παραδείγματος χάριν, GPS) για την παροχή παγκοσμίων συντεταγμένων και ταχυτήτων? επιταχυνσιόμετρα για την ανίχνευση κίνησης? μαγνητόμετρα και γυροσκόπια για να παράσχουν στοιχεία προσανατολισμού κτλ.

Συνθήκες περιβάλλοντος (*Ambient conditions*): θερμομέτρα? Αισθητήρες που μετρούν την ένταση του φωτός? Μικρόφωνα για την ένταση ήχου.

Παρουσία (*Presence*): αισθητήρες που μετρούν φυσικά φορτία, π.χ. για την ανίχνευση της παρουσίας ενός προσώπου σε μια καρέκλα ή το περπάτημα σε ένα πάτωμα? συσκευές που διαβάζουν ηλεκτρονικά μέσα αναγνώρισης για tags , όπως η RFID (Radio Frequency Identification), οι αναγνώστες [Want 2004], ή υπέρυθρους αναγνώστες, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται για να γίνετε δυνατή η αντίληψη των active badges, λογισμικό που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση της πίεσης ενός πλήκτρου σε έναν υπολογιστή

Οι παραπάνω κατηγορίες αναφέρονται μόνο ως παραδείγματα της χρήσης αισθητήρων για ιδιαίτερους λόγους. Ένας δεδομένος αισθητήρας μπορεί να τεθεί για διάφορους σκοπούς. Για παράδειγμα, η παρουσία των ανθρώπων θα μπορούσε να ανιχνευθεί χρησιμοποιώντας μικρόφωνα σε μια αίθουσα συσκέψεων, η τοποθεσία ενός αντικειμένου θα μπορούσε να καθοριστεί με την παρουσία ενός διακριτικού ανίχνευσης (active badge) σε ένα γνωστό μέρος κ.ο.κ.

Μια σημαντική πτυχή του αισθητήρα είναι το λάθος μοντέλο της. Όλοι οι αισθητήρες παράγουν αξίες με κάποιο βαθμό σφάλματος. Μερικοί αισθητήρες, όπως π.χ. θερμομέτρα, μπορεί να κατασκευαστούν έτσι ώστε τα σφάλματα να εμπίπτουν εντός των ορίων μιας δεδομένης ανοχής, και με μία γνωστή (π.χ. Gaussian) κατανομή. Άλλοι, όπως οι μονάδες δορυφορικής πλοήγησης, έχουν πολύπλοκα μοντέλα σφάλματος που εξαρτώνται από τις τρέχουσες συνθήκες. Πρώτον, μπορεί να αποτύχει να παράγει αξία σε όλα υπό ορισμένες συνθήκες. Οι μονάδες Δορυφορικής πλοήγησης εξαρτώνται από το σύνολο των δορυφόρων που είναι ορατοί. Μπορούν να μην λειτουργούν καθόλου στο εσωτερικό κτιρίων, των οποίων οι τοίχοι μπορούν να μετριάσουν τα δορυφορικά σήματα πάρα πολύ για τη μονάδα να καταφέρει να λειτουργήσει. Δεύτερον, ο υπολογισμός της μονάδας θέσης του εξαρτάται από δυναμικούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων των οποίων είναι οι θέσεις δορυφόρων, η ύπαρξη των κοντινών αποφράξεων, και οι ιονοσφαιρικές συνθήκες. Ακόμη και εκτός των κτιρίων, η μονάδα θα προσφέρει συνήθως διαφορετικές χρονικές στιγμές για την ίδια θέση, με μόνο μια προσπάθεια εκτίμησης της τρέχουσας ακρίβειας. Κοντά σε κτίρια ή άλλα ψηλά αντικείμενα που αντανακλούν ή αποφράζουν ραδιοσήματα, αρκετοί δορυφόροι μπορεί να είναι ορατοί για να παράγουν ικανότητα ανάγνωσης, αλλά η ακρίβεια μπορεί να είναι χαμηλή και η ανάγνωση, μπορεί ακόμη και να είναι εντελώς λανθασμένη.

Ένας χρήσιμος τρόπος για να δηλώσει το λάθος συμπεριφορά του αισθητήρα είναι να παραθέσω μία ακρίβεια ώστε να φθάσει ένα συγκεκριμένο ποσοστό των μετρήσεων, για παράδειγμα: «Εντός της καθορισμένης ζώνης, η μονάδα δορυφορικής πλοήγησης βρέθηκε να έχει ακρίβεια 10 εκατ. για το 90% των μετρήσεων». Μια άλλη προσέγγιση είναι να δηλώσει μια τιμή εμπιστοσύνης (a confidence value) για μια συγκεκριμένη μέτρηση - έναν αριθμό (συνήθως μεταξύ 0 και 1) επιλέγεται ανάλογα με τις αβεβαιότητες που ανέκυψαν κατά την εξαγωγή των μετρήσεων.

7.2 Αρχιτεκτονικές αντίληψης (Sensing architectures)

Ο [Salber et al. 1999] προσδιόρισε τέσσερις λειτουργικές προκλήσεις που υπερνικούνται στο σχεδιασμό context-aware συστημάτων:

(1) την *Ολοκλήρωση των αισθητήρων με ιδιοσυγκρασία (Integration of idiosyncratic sensors)*.

Μερικοί από τους αισθητήρες για context-aware υπολογισμό είναι ασυνήθιστοι στις διεπαφές κατασκευής και προγραμματισμού. Η εξειδικευμένη γνώση μπορεί να απαιτηθεί για να τους επεκτείνει σωστά στο

φυσικό σενάριο ενδιαφέροντος και μπορούν να υπάρξουν ζητήματα συστημάτων όπως η διαθεσιμότητα των οδηγών για τα τυποποιημένα λειτουργικά συστήματα.

(2) *Περίληψη από τα στοιχεία αισθητήρων (Abstracting from sensor data).* Οι εφαρμογές απαιτούν τις αφαιρέσεις για τις βασισμένες στα συμπραζόμενα ιδιότητες, για να αποφύγουν την ανησυχία με τις ιδιαιτερότητες των μεμονωμένων αισθητήρων. Το πρόβλημα είναι ότι ακόμη και οι αισθητήρες που μπορούν να τεθούν στους παρόμοιους σκοπούς παρέχουν χαρακτηριστικά με διαφορετικά ακατέργαστα στοιχεία. Για παράδειγμα, μια συγκεκριμένη τοποθεσία μπορεί να έγινε αντιληπτή είτε ως ένα γεωγραφικό ζεύγος γεωγραφικού μήκους από έναν αισθητήρα δορυφορικής πλοήγησης, ή να έγινε αντιληπτή από το string 'Joe's Café', που διαβάστηκε από μία κοντινή υπέρυθρη πηγή. Είτε, και οι δύο είτε κανένας μπορεί να είναι αυτό που η εφαρμογή χρειάζεται για να λειτουργήσει. Πρέπει να υπάρξει συμφωνία σχετικά με την έννοια των contextual ιδιοτήτων, καθώς και λογισμικό για να συναγάγει τα χαρακτηριστικά από τις ακατέργαστες τιμές των αισθητήρων.

(3) *Τα αποτελέσματα αισθητήρων μπορεί να πρέπει να συνδυαστούν.* Η αξιόπιστη αντίληψη ενός φαινομένου μπορεί να σημαίνει τον συνδυασμό τιμών από αρκετές επιρρεπής σε λάθη πηγές. Παραδείγματος χάριν, η ανίχνευση της παρουσίας ενός προσώπου ίσως να απαιτήσει: ένα μικρόφωνο (για να ανιχνεύσει τη φωνή – αλλά οι κοντινοί ήχοι να παρεμβούν), αισθητήρες πίεσης πατωμάτων (για να ανιχνεύσει την ανθρώπινη κίνηση – αλλά τα σχέδια του διαφορετικού χρήστη είναι δύσκολο να διακριθούν), και βίντεο (για να ανιχνεύσουν τις ανθρώπινες μορφές – αλλά τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του προσώπου είναι δύσκολο να διακριθούν). Ο συνδυασμός των πηγών αισθητήρων για να μειώσει τα λάθη είναι γνωστός σαν *τήξη αισθητήρων (sensor fusion)*. Παρομοίως, μια εφαρμογή μπορεί να απαιτήσει εξόδο από αισθητήρες διαφορετικών τύπων, προκειμένου να συγκεντρώσει αρκετά contextual χαρακτηριστικά που χρειάζεται για να λειτουργήσει. Για παράδειγμα, ένα context-aware PDA που αποφασίζει αν θα προβάλλει τα δεδομένα του σε μία κοντινή οθόνη, απαιτεί δεδομένα από διαφορετικές πηγές αισθητήρων, συμπεριλαμβανομένων εκείνων για τον εντοπισμό ποιοι και που είναι παρόντες, και ενός ή περισσοτέρων για την αντίληψη της τοποθεσίας.

(4) *Το πλαίσιο είναι δυναμικό (Context is dynamic).* Μια context-aware εφαρμογή θα πρέπει κατά κανόνα να ανταποκρίνεται στις αλλαγές στο σωστό πλαίσιο, και όχι απλώς να διαβάσει ένα στιγμιότυπο του. παράδειγμα, ένα context-aware PDA πρέπει να σβήσει τα στοιχεία του από την οθόνη της αίθουσας, αν μπει ένας μη-εργαζόμενος, ή εάν ο Fred (ο ιδιοκτήτης της συσκευής), εγκαταλείπει την αίθουσα.

Οι ερευνητές έχουν επινοήσει διάφορες αρχιτεκτονικές λογισμικού για να υποστηρίξουν context-aware εφαρμογές ενώ ασχολούνται με κάποια ή όλα τα ανωτέρω θέματα. Δίνουμε τα παραδείγματα με αρχιτεκτονικές για καταστάσεις στις οποίες το σύνολο των διαθέσιμων αισθητήρων είναι περισσότερο ή λιγότερο γνωστό και στατικό, και οι αρχιτεκτονικές για τον καθορισμό των contextual χαρακτηριστικών από πτητικές συλλογές των αισθητήρων - όπου η μη λειτουργικές απαιτήσεις όπως η εξοικονόμηση ενέργειας γίνονται επίσης εμφανής

7.2.1 Αντίληψη στην υποδομή (Sensing in the infrastructure)

Οι αισθητήρες Active badge επεκτάθηκαν αρχικά στο εργαστήριο Olivetti Research στο Cambridge, στην Αγγλία, σε γνωστές, σταθερές θέσεις του κτηρίου.

Μία από τις αρχικές context-aware εφαρμογές ήταν ως ενίσχυση για έναν τηλεφωνικό ρεσεψιονίστ. Εάν κάποιος ζητούσε, ας πούμε τον, Roy Want, ο ρεσεψιονίστ θα έψαχνε τη θέση δωματίου του Roy στην οθόνη, και θα έβαζε έτσι την κλήση κατευθείαν σε μια κατάλληλη επέκταση. Το σύστημα καθορίζει την θέση του Roy από τις πληροφορίες όπου το αναγνωριστικό σήμα που φορούσε ήταν το τελευταίο που ανιχνεύονται, και εμφανίζονται οι πληροφορίες στην ρεσεψιονίστ. Συστήματα για την επεξεργασία ενεργών δεδομένων εισόδου (active badge data) και άλλα contextual στοιχεία καθορίστηκαν στα Olivetti Research Labs και στην Xerox PARC. Ο [Harter και Hopper, 1994] περιγράφουν μια ολόκληρη ύλη για την επεξεργασία γεγονότων θέσης. Ο [Schilit et al. 1994] περιγράφει, επίσης, ένα σύστημα που μπορεί να επεξεργαστεί γεγονότα αντίληψης active badge sensing, μέσα από αυτό που αποκαλούν *context-triggered* δράσεις. Για παράδειγμα, η προδιαγραφή:

```
Coffe Kitchen arriving `play-v 50/sounds/rooster.au`
```

Θα προκαλούσε έναν ήχο να παίζει κάθε φορά που ένα αναγνωριστικό σήμα (badge) φθάνοντας στον αισθητήρα που τοποθετήθηκε από τη μηχανή καφέ στην κουζίνα

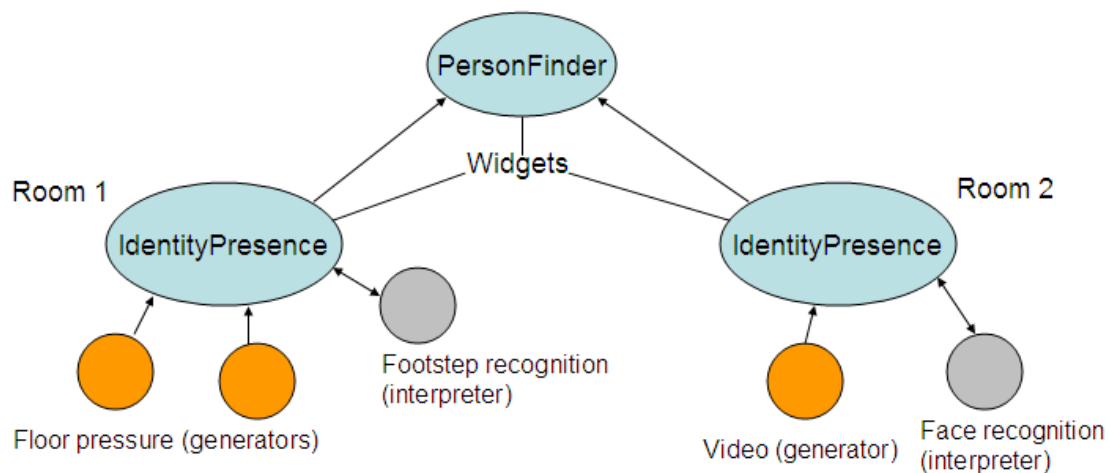
Το Context Toolkit [Salber et al. 1999] είναι ένα παράδειγμα μιας αρχιτεκτονικής του συστήματος για γενικότερες context-aware εφαρμογές από αυτές που βασίζονται σε μια συγκεκριμένη τεχνολογία, όπως τα active badges. Ήταν οι σχεδιαστές του Context Toolkit οι οποίοι δήλωσαν τις τέσσερις προκλήσεις για τα context-aware συστήματα που αναφέρονται παραπάνω. Η αρχιτεκτονική τους ακολουθεί το πρότυπο για το πώς οι γραφικές διεπαφές χρήστη κατασκευάζονται από επαναχρησιμοποιήσιμες βιβλιοθήκες widget, οι οποία κρύβει τις περισσότερες από τις ανησυχίες που ασχολούνται με το υποκείμενο υλικό - και το μεγαλύτερο μέρος της διαχείρισης της αλληλεπίδρασης - από τον εφαρμογέα. Η context εργαλειοθήκη καθορίζει τις *context* widgets. Τα εν λόγω επαναχρησιμοποιήσιμα στοιχεία λογισμικού παρουσιάζουν μια αφαιρετικότητα κάποιου είδους context χαρακτηριστικού ενώ κρύβουν την πολυπλοκότητα των αισθητήρων που χρησιμοποιείται πραγματικά.

Attributes (accessible by polling)	Explanation
<i>Location</i>	Location the widget is monitoring
<i>Identity</i>	ID of the last user sensed
<i>Timestamp</i>	Time of the last arrival
Callbacks	
<i>PersonArrives(location, identity, timestamp)</i>	Triggered when a user arrives
<i>PersonLeaves(location, identity, timestamp)</i>	Triggered when a user leaves

Σχήμα 7.1 The IdentityPresence widget class of the Context Toolkit

Για παράδειγμα, το **σχήμα 7.1** δείχνει τη διασύνδεση σε ένα widget IdentityPresence. Παρέχει contextual χαρακτηριστικά στο λογισμικό που ψηφίζει το widget και εγείρει επίσης callbacks όταν οι βασισμένες στα συμφραζόμενα πληροφορίες αλλάζουν (ένας χρήστης φθάνει ή φεύγει). Όπως προαναφέρθηκε, οι πληροφορίες παρουσίας θα μπορούσαν να προέρχονται από διάφορους συνδυασμούς των αισθητήρων σε μια συγκεκριμένη εφαρμογή? Η αφαιρετικότητα του εφαρμογέα επιτρέπει σε αυτόν να αγνοήσει αυτές τις λεπτομέρειες.

Τα widgets είναι κατασκευασμένα από καταναμημένα συστατικά. Οι Γεννήτριες (*Generators*) αποκτούν πρώτες δεδομένα από αισθητήρες, όπως αισθητήρες πίεσης του πατώματος, και παρέχουν αυτά τα δεδομένα στα widgets. Οι Μικροσυσκευές χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες των διερμηνέων (*interpreters*), των οποίων οι αφηρημένες στα συμφραζόμενα ιδιότητες από τα χαμηλού επιπέδου δεδομένα της γεννήτριας τις οποίες απορρέουν υψηλότερου επιπέδου τιμές, όπως η ταυτότητα του προσώπου που είναι παρόν από τα διακριτικού χαρακτήρα βήματά τους. Τέλος, τα widgets που ονομάζονται διακομιστές παρέχουν περαιτέρω επίπεδα αφαιρετικότητας με τη συλλογή, αποθήκευση και ερμηνεία των χαρακτηριστικών από άλλες μικροσυσκευές.



Σχήμα 7.2 A PersonFinder widget constructed using IdentityPresence widgets

Για παράδειγμα, ένα widget PersonFinder για ένα κτίριο θα μπορούσε να κατασκευαστεί από τα widgets IdentityPresence για κάθε δωμάτιο του κτιρίου (**σχήμα 7.2**), η οποία με τη σειρά του θα μπορούσε να υλοποιηθεί με τη χρήση ερμηνεία βήμα από μετρήσεις πίεσης του δάπεδου ή αναγνώρισης προσώπου από την λήψη βίντεο. Το widget PersonFinder αναδεικνύει την πολυπλοκότητα του κτηρίου για τον εφαρμογέα.

Μέσω δημοσκοπήσεων ή κλήσεων, μία context-aware εφαρμογή μπορεί να μάθει για τις αλλαγές στο πλαίσιο της. Ωστόσο, ο toolkit πηγαίνει μόνο με περιορισμένο τρόπο προς μια πρακτική λύση. Αυτό δεν αρκεί για να βοηθήσει τους χρήστες και τους προγραμματιστές για την ενσωμάτωση ιδιοσυγκρασιακών αισθητήρων. Ούτε και επιλύει κανένα από τα δύσκολα προβλήματα που αναδεικνύονται με τις διαδικασίες της ερμηνείας και του συνδυασμού για μια συγκεκριμένη υπόθεση.

7.2.2 Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (Wireless sensor networks)

Έχουμε συζητήσει τις αρχιτεκτονικές για τις εφαρμογές στις οποίες το σύνολο αισθητήρων είναι σχετικά σταθερό – παραδείγματος χάριν, οι αισθητήρες εγκαθίστανται στα δωμάτια σε ένα κτήριο, συχνά με εξωτερική ισχύ και με σύρματα των συνδέσεων του δικτύου. Γυρίζουμε τώρα στις περιπτώσεις όπου το σύνολο αισθητήρων διαμορφώνει ένα πτητικό σύστημα. Ένα **ασύρματο δίκτυο αισθητήρων** αποτελείται από έναν (χαρακτηριστικά μεγάλο) αριθμό μικρών,

χαμηλού κόστους συσκευών ή *κόμβων*, καθεμία με εγκαταστάσεις ανίχνευσης, υπολογισμού και ασύρματης επικοινωνίας [Culler et al.2004]. Είναι μια ειδική περίπτωση ενός **ad hoc δικτύου**: οι κόμβοι τακτοποιούνται φυσικά λίγο πολύ τυχαία, αλλά μπορούν να επικοινωνούν μέσω πολλαπλών ασύρματων hops μεταξύ των peers τους. Ένας σημαντικός στόχος σχεδίου για αυτά τα δίκτυα είναι να λειτουργήσει χωρίς οποιοδήποτε σφαιρικό έλεγχο, Κάθε κόμβος bootstraps τον εαυτό του με το να ανακαλύπτει τους ασύρματους γείτονες του και την επικοινωνία μέσω αυτών, μόνος του. Τεχνολογίες χαμηλότερης κατανάλωσης ενέργειας, όπως ZigBee (IEEE 802.15.4), έχουν μεγαλύτερη σημασία εδώ.

Ένας λόγος για τον οποίο οι κόμβοι δεν επικοινωνούν σε έναν ενιαίο hop με όλους τους άλλους κόμβους, αλλά αντ' αυτού επικοινωνούν άμεσα μόνο με τους κοντινούς κόμβους, είναι ότι η ασύρματη επικοινωνία είναι δαπανηρή στην κατανάλωση ισχύος, which increases as the square of radio range. Ο άλλος κύριος λόγος για τη σειρά των μεμονωμένων ραδιοσυχνοτήτων είναι να μειωθεί ο ισχυρισμός δικτύων. το οποίο αυξάνεται όπως το τετράγωνο του φάσματος ραδιοσυχνοτήτων.

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων σχεδιάζονται για να προστεθούν σε ένα υπάρχον φυσικό ή χτισμένο περιβάλλον, και να λειτουργήσουν ανεξάρτητα από αυτό, δηλαδή χωρίς εξάρτηση από τις υποδομές. Λαμβάνοντας υπόψη την περιορισμένη συχνότητα και κάλυψη αντίληψης, οι κόμβοι εγκαθίστανται σε μια ικανοποιητική πυκνότητα για να καταστήσουν πιθανό και οι δύο ότι multihop η επικοινωνία θα είναι δυνατή μεταξύ οποιουδήποτε ζευγαριού των κόμβων, και σημαντικά φαινόμενα μπορεί να αντιληφθεί.

Παραδείγματος χάριν, εξετάστε τις συσκευές που τοποθετούνται σε ένα δάσος, των οποίων εργασία είναι να ελέγχουν για πυρκαγιές και ίσως άλλες περιβαλλοντικές συνθήκες όπως η παρουσία ζώων. Εκείνοι οι κόμβοι είναι πάρα πολλές συσκευές που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 4 κάθε ένας έχει αισθητήρες συνδεδεμένους, π.χ. για τη θερμοκρασία, τον ήχο και το φως. Δουλεύουν με μπαταρίες και επικοινωνούν με άλλες συσκευές σε μια μόδα peer-to-peer μέσω της μικρής εμβέλειας ασύρματης επικοινωνίας. Τα πτηνικά συστήματα από το γεγονός ότι οι εν λόγω συσκευές μπορούν να αποτύχουν λόγω εξάντλησης της μπαταρίας ή να συμβούν ατυχήματα, όπως πυρκαγιές και η συνδεδεσιμότητα τους μπορεί να μεταβληθεί λόγω των αποτυχιών των κόμβων (οι κόμβοι στέλνουν πακέτα μεταξύ άλλων κόμβων) ή τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επηρεάζουν τη διάδοση συχνοτήτων.

Ένα άλλο παράδειγμα είναι όταν οι κόμβοι που συνδέονται με τα οχήματα για την παρακολούθηση της κυκλοφορίας και οι οδικές συνθήκες. Ένας κόμβος που έχει παρατηρηθεί σε κακή κατάσταση να μπορούν να μεταδίδουν πληροφορίες σχετικά με αυτό μέσω των κόμβων σε διερχόμενα οχήματα. Με επαρκή συνολική συνδετικότητα, το σύστημα αυτό μπορεί να προειδοποιεί τους άλλους οδηγούς γύρω του με τίτλο προς την κατεύθυνση του προβλήματος. Εδώ, η μεταβλητότητα οφείλεται κυρίως λόγω της κυκλοφορίας των κόμβων, η οποία αλλάζει ταχύτητα κατάσταση της σύνδεσης κάθε κόμβο με άλλους κόμβους. Αυτό είναι ένα παράδειγμα ενός κινητού δικτύου ad hoc.

Σε γενικές γραμμές, τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων είναι αφιερωμένα σε μια συγκεκριμένου σκοπού εφαρμογή που ισοδυναμεί με τον εντοπισμό ορισμένων συναγεργμών (alarms) - συνθήκες που παρουσιάζουν ενδιαφέρον, όπως οι πυρκαγιές ή άσχημων συνθηκών του οδοστρώματος. Τουλάχιστον μία πιο ισχυρή συσκευή, ένας κόμβος ρίζα, συνήθως περιλαμβάνεται στο δίκτυο, για βεληνεκούς πλέον επικοινωνία με ένα συμβατικό σύστημα που αντιδρά σε συναγεργμούς, όπως για παράδειγμα με την κλήση των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης όταν υπάρχει φωτιά.

Μία προσέγγιση των αρχιτεκτονικών λογισμικού για τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων είναι να τα μεταχειριστούν όπως και τα συμβατικά δίκτυα με το διαχωρισμό του στρώματος δικτύων από τα υψηλότερα στρώματα. Ειδικότερα, είναι δυνατόν να προσαρμοστούν οι υπάρχοντες αλγόριθμοι δρομολόγησης στο γράφημα των κόμβων, δεδομένου ότι ανακαλύπτονται δυναμικά για να συνδεθούν

με τις άμεσες ραδιο συνδέσεις τους, με κάθε κόμβο να μπορεί να ενεργεί ως δρομολογητής για τις επικοινωνίες από άλλους κόμβους. Η προσαρμοστική δρομολόγηση, η οποία προσπαθεί να προσαρμόσει την αστάθεια του δικτύου, υπήρξε αντικείμενο πολλών μελετών και στο [Milanovic et al. 2004] παρέχουν μια επισκόπηση ορισμένων τεχνικών.

Ωστόσο, περιορίζοντας την ανησυχία για τη στιβάδα του δικτύου εγείρονται ζητήματα. Πρώτον, οι αλγόριθμοι προσαρμοστικής δρομολόγησης δεν στράφηκαν αναγκαστικά προς την χαμηλής ενέργειας (και το εύρος ζώνης) κατανάλωση. Δεύτερον, η αστάθεια υπονομεύει ορισμένες από τις υποθέσεις σε παραδοσιακά στρώματα πάνω από το επίπεδο δικτύου. Μια εναλλακτική, πρώτων-αρχών προσέγγιση για αρχιτεκτονικές λογισμικού των ασύρματων δικτύων αισθητήρων καθοδηγείται από δύο βασικές ανάγκες: την εξοικονόμηση ενέργειας (energy conservation), καθώς και τη συνεχή λειτουργία παρά την αστάθεια (continuous operation despite volatility). Οι δύο αυτοί παράγοντες οδηγούν σε τρία βασικά αρχιτεκτονικά στοιχεία: το δίκτυο επεξεργασίας (in-network processing), διαταραχή-Tolerant Networking (disruption-tolerant networking), και δεδομένων προσανατολισμένη σε μοντέλα προγραμματισμού (data-oriented programming models).

In-network processing: Σε-δίκτυο επεξεργασίας: Δεν είναι μόνο η ασύρματη επικοινωνία απολύτως δαπανηρή στην κατανάλωση ενέργειας, αλλά είναι σχετικά ακριβή σε σχέση και με τη μεταποίηση. Ο [Pottie και Kaiser, 2000], υπολόγισαν την κατανάλωση ενέργειας και διαπίστωσαν ότι ένας γενικού σκοπού επεξεργαστής θα μπορούσε να εκτελέσει 3 εκατομμύρια οδηγίες για την ίδια ποσότητα ενέργειας (3i) που χρησιμοποιείται για τη μετάδοση 1 Kbit των 100μ δεδομένων από το ραδιόφωνο. Έτσι, σε γενικές γραμμές, η επεξεργασία είναι προτιμότερη από την επικοινωνία: είναι καλύτερο να ξοδευτούν μερικοί κύκλοι επεξεργαστών καθορίζοντας εάν η επικοινωνία είναι (ακόμα) απαραίτητη, παρά για να διαβιβάσουν τυφλά τα αντιλήψιμα στοιχεία. Πράγματι, αυτός είναι ο λόγος που οι κόμβοι σε δίκτυα αισθητήρων έχουν μια ικανότητα επεξεργασίας - διαφορετικά, θα μπορούσαν να συνίσταται απλώς στην ανίχνευση και στην επικοινωνία που θα έστελναν αντιλήψιμες τιμές για να δρομολογούν τους κόμβους για επεξεργασία.

Η φράση *in-network* επεξεργασία αναφέρεται αναφέρεται στην επεξεργασία μέσα στο δίκτυο αισθητήρων δηλαδή στους κόμβους δικτύων. Οι κόμβοι σε ένα δίκτυο αισθητήρων εκτελούν καθήκοντα όπως: συνάθροιση ή υπολογισμός μέσου όρου των τιμών από τους κοντινούς κόμβους προκειμένου να εξεταστούν οι τιμές για μια περιοχή παρά έναν ενιαίο αισθητήρα, φιλτράρισμα των στοιχείων που δεν έχουν ενδιαφέρον ή ακόμα και των επαναλαμβανόμενων στοιχείων, εξέταση των στοιχείων για την ανίχνευση συναγεμμένων, και μετατροπή της κατάστασης των αισθητήρων στη θέση on ή στη θέση off σύμφωνα με τις τιμές που γίνονται αντιληπτές. Παραδείγματος χάριν, εάν οι χαμηλής ισχύος ελαφριοί αισθητήρες δείχνουν την πιθανή παρουσία ζώων (λόγω της ρίψης των σκιών), τότε οι κόμβοι κοντά στις περιοχές όπου οι σκιές πετάχτηκαν θα μπορούσαν να στραφούν με αισθητήρες υψηλότερης ισχύος τους, όπως μικρόφωνα για να προσπαθήσουν να ανιχνεύσουν τους ήχους των ζώων. Το σύστημα αυτό επιτρέπει να απενεργοποιηθούν τα μικρόφωνα όταν δεν θα χρειάζονται, για τη διατήρηση της ενέργειας.

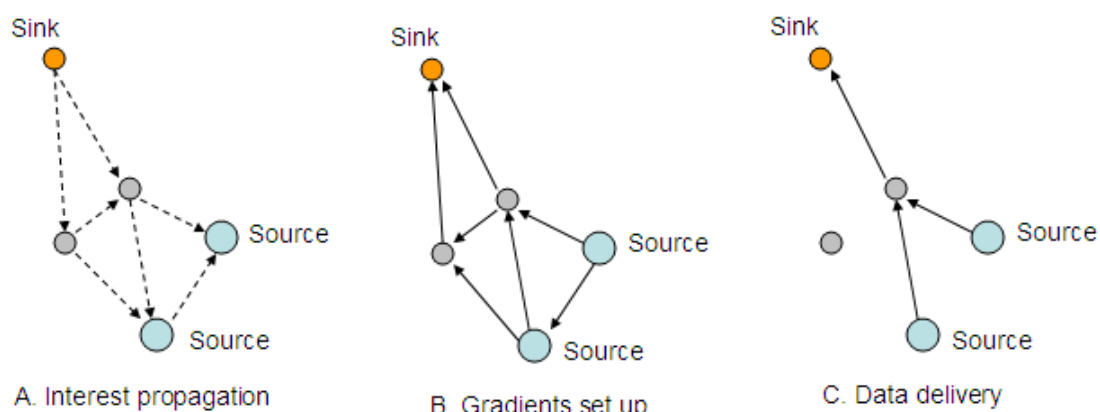
Disruption-tolerant networking: το end-to-end επιχείρημα ήταν μια σημαντική αρχιτεκτονική αρχή για τα διανεμημένα συστήματα. Ωστόσο, σε πτητικά συστήματα, όπως τα δίκτυα αισθητήρων, μπορεί να ισχύει ότι δεν υπάρχει end-to-end μονοπάτι υπάρχει συνεχώς για αρκετό καιρό για να επιτύχει μια λειτουργία, όπως η μετακίνηση των δεδομένων σε μεγάλες ποσότητες σε ένα σύστημα. Οι όροι *Disruption Tolerant Networking* και *Delay Tolerant Networking* χρησιμοποιούνται σε πρωτόκολλα για την επίτευξη υψηλότερων επιπέδων μεταφορών σε πτητικά (και συνήθως ετερογενή) δίκτυα [www.dtnrg.org]. οι τεχνικές που προορίζονται

όχι μόνο για τα δίκτυα αισθητήρων αλλά και για άλλα πτητικά δίκτυα όπως τα διαπλανητικά συστήματα επικοινωνιών χρειάστηκαν για διαστημική έρευνα [www.ipnsig.org]. Μάλλον αυτό που στηρίζεται στη συνεχή συνδετικότητα μεταξύ δύο σταθερών σημείων τέλους, η επικοινωνία γίνεται καιροσκοπική: τα δεδομένα μεταφέρονται όπως και όταν μπορούν, και οι κόμβοι αναλαμβάνουν διαδοχικά τις ευθύνες για να μετακινήσουν τα δεδομένα μέχρις ο στόχος για παράδειγμα η μαζική μεταφορά επιτευχθεί. Η μονάδα μεταφοράς μεταξύ των κόμβων είναι γνωστή ως μια δέσμη (*bundle*) [Fall, 2003], η οποία περιέχει μία πηγή δεδομένων εφαρμογής και δεδομένα που περιγράφουν πώς να διαχειριστεί και να επεξεργαστεί και τα δύο σε ενδιαμέσους κόμβους. Για παράδειγμα, ένα πακέτο μπορεί να μεταφερθεί με hop-by-hop αξιόπιστη μεταφορά, με το που παραδοθεί ένα πακέτο, ο λαμβάνων κόμβος αναλαμβάνει την ευθύνη για την επόμενη παράδοσή του πέρα από τον επόμενο hop – κ.ο.κ.. Αυτή η διαδικασία δεν στηρίζεται σε οποιαδήποτε συνεχή διαδρομή, επίσης οι φτωχών-πόρων κόμβοι είναι ανακουφισμένοι από την αποθήκευση των στοιχείων μόλις τα μεταφέρουν στο επόμενο hop. Για να προφυλαχθούν από αποτυχία, τα δεδομένα μπορούν να διαβιβάζονται άσκοπα σε διάφορους γειτονικούς κόμβους.

Data-oriented programming models (μοντέλα data-oriented προγραμματισμού): Γυρνώντας προς τη διαλειτουργία στα στρώματα εφαρμογής, σύντομα τα data-oriented, έχουν αναπτυχθεί για εφαρμογές των δικτύων αισθητήρων. Αυτές οι τεχνικές αναγνωρίζουν την ανάγκη για in-network επεξεργασία με τις μεθόδους επικοινωνίας για διανομή της επεξεργασίας στους κόμβους. Επιπλέον, οι τεχνικές αναγνωρίζουν τη μεταβλητότητα των δικτύων των αισθητήρων, καταργώντας τις ταυτότητες των κόμβων - και μάλλον άλλα ονόματα για τα συστατικά όπως είναι οι διαδικασίες ή τα αντικείμενα που συνδέονται με έναν κόμβο. Όπως αναφέρθηκε στο τμήμα 16.3.2, κάθε πρόγραμμα που στηρίζεται στη συνεχή ύπαρξη ενός κόμβου ή ενός συστατικού δεν θα λειτουργήσει δυναμικά σε ένα ασταθές σύστημα, δεδομένου ότι υπάρχει σημαντική πιθανότητα η επικοινωνία με αυτόν τον κόμβο ή το συστατικό να καταστεί αδύνατη.

Στην *directed diffusion* [Heidemann et al.2001], ο προγραμματιστής ορίζει *interests*, όποιες είναι δηλώσεις των στόχων που εγχέονται στο σύστημα σε ορισμένους κόμβους αποκαλούμενους *sinks*. Για παράδειγμα, ένας κόμβος μπορεί να εκδηλώσει ενδιαφέρον στην παρουσία των ζώων. Κάθε ενδιαφέρον περιλαμβάνει ζευγάρια χαρακτηριστικής αξίας, τα οποία είναι το «όνομα» από τους κόμβους που θα εκτελέσουν το έργο. Έτσι, κόμβοι που δεν είναι μέσα από την ταυτότητά τους, αλλά μέσω των χαρακτηριστικών τους, απαιτούνται για την εκτέλεση των απαιτούμενων εργασιών, όπως τις τιμές σε μια ορισμένη περιοχή που βρίσκονται υπό ανιχνεύση εκεί.

Το σύστημα χρόνου εκτέλεσης διαδίδει τα ενδιαφέροντα από ένα sink μέσω του δικτύου σε μια διαδικασία αποκαλούμενη *diffusion* (σχήμα7.3a).



Σχήμα 7.3 directed diffusion

Ο sink διαβιβάζει το ενδιαφέρον στους γειτονικούς κόμβους. Κάθε κόμβος που λαμβάνει ένα ενδιαφέρον αποθηκεύει μία εγγραφή με αυτό, μαζί με τις πληροφορίες που απαιτούνται για να περάσει τα δεδομένα πίσω στο κόμβο sink, πριν το διαδώσει περαιτέρω στην αναζήτηση των κόμβων που ταιριάζουν με το ενδιαφέρον. Μια πηγή (source) κόμβος είναι αυτή που ταιριάζει με το ενδιαφέρον, λόγω των χαρακτηριστικών που ταιριάζουν με τα αξίας ζεύγη χαρακτηριστικών που ορίζονται στο ενδιαφέρον - για παράδειγμα, μπορεί να είναι εφοδιασμένο με τους κατάλληλους αισθητήρες. Μπορεί να υπάρχουν πολλές πηγές κόμβων για ένα συγκεκριμένο ενδιαφέρον (όπως μπορεί να υπάρχουν αρκετοί sinks στους οποίους το ενδιαφέρον was injected). Όταν το λειτουργικό σύστημα βρίσκει μια αντίστοιχη πηγή κόμβο, περνάει το ενδιαφέρον στην εφαρμογή, η οποία γυρίζει επί των αισθητήρων του, όπως απαιτείται, και δημιουργεί τα δεδομένα που απαιτούνται από τον sink κόμβο. Τα πορθμεία συστημάτων χρόνου εκτέλεσης εκείνων των δεδομένων πίσω στο sink κατά μήκος μιας αντίστροφης πορείας που αποτελείται από κόμβους που διαβίβασε το ενδιαφέρον από το sink.

Δεδομένου ότι, σε γενικές γραμμές, κανένας κόμβος δεν έχει γνώση για το ποιός άλλος κόμβος θα μπορεί να λειτουργήσει ως πηγή, η directed diffusion μπορεί να περιέχει συνεπάγεται ιδιαίτερη περιττή επικοινωνία. Στη χειρότερη περίπτωση, ολόκληρο το δίκτυο μπορεί να πλημμυρίσει με ένα ενδιαφέρον. Ωστόσο, μερικές φορές το ενδιαφέρον αφορά μόνο κάποια φυσική περιοχή, όπως μία συγκεκριμένη περιοχή σε ένα δάσος. Αν οι κόμβους αισθητήρων γνωρίζουν τις θέσεις τους, τότε το ενδιαφέρον θα πρέπει να διαδοθεί μόνο στην περιοχή-στόχου. Κατ' αρχήν, οι κόμβοι θα μπορούσαν να είναι εξοπλισμένοι με δέκτες δορυφορικής πλοήγησης για το σκοπό αυτό, αν και οι φυσικές κάλυψης, όπως τα πυκνά δέντρα μπορούν να εμποδίσουν τις αναγνώσεις.

Η ροή των δεδομένων πίσω από την πηγή στον sink ελέγχεται από τα *gradients*, τα οποία είναι (κατεύθυνσης, αξίας) ζεύγη μεταξύ των κόμβων που έχουν δημιουργηθεί για κάθε ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς διαχέεται μέσω του δικτύου (σχήμα 7.3β). Η κατεύθυνση είναι εκείνη στην οποία τα στοιχεία ρέουν, και η τιμή είναι για συγκεκριμένες εφαρμογές, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τον έλεγχο της ταχύτητας της ροής. Για παράδειγμα, από το sink μπορεί να απαιτούν στοιχεία σχετικά με τις αναγνωρίσεις των ζώων μόνο ορισμένες φορές ανά ώρα. Μπορεί να υπάρχουν πολλές διαδρομές από μια συγκεκριμένη πηγή σε ένα συγκεκριμένο sink. Το σύστημα μπορεί να εφαρμόσει διάφορες στρατηγικές για την επιλογή μεταξύ αυτών, περιλαμβάνοντας και άσκοπη χρήση μονοπατιών σε περίπτωση βλάβης, ή εφαρμόζοντας heuristics για να βρεθεί ένα μονοπάτι του ελάχιστου μήκους (σχήμα 7.3γ).

Ο προγραμματιστής της εφαρμογής μπορεί επίσης να παρέχει λογισμικό που ονομάζεται φίλτρα (*filters*) τα οποία λειτουργούν σε κάθε κόμβο για να παρακολουθούν τη ροή των ταιριαστών δεδομένων που διέρχονται από τον κόμβο. Για παράδειγμα, ένα φίλτρο θα μπορούσε να καταστείλει διπλούς ζωικούς συναγερμούς ανίχνευσης που προέρχονται από τους διαφορετικούς κόμβους αντίληψη του ίδιου ζώου (πιθανώς τον κόμβο μεταξύ των πηγών και των sink στο σχήμα 7.3γ).

Μια άλλη data-oriented προσέγγιση προς τα δίκτυα αισθητήρων προγραμματισμού είναι η distributed query processing [Gehrke και Madden, 2004]. Στην περίπτωση αυτή, όμως, μια γλώσσα όπως η SQL χρησιμοποιείται για να δηλώσει τα ερωτήματα που θα εκτελεστούν από κοινού από τους κόμβους. Το βέλτιστο σχέδιο για την εκτέλεση ενός ερωτήματος υποβάλλεται συνήθως σε επεξεργασία στο PC του χρήστη ή στο σταθμό βάσης εκτός του δικτύου, λαμβάνοντας υπόψη γνωστές δαπάνες που σχετίζονται με τη χρήση συγκεκριμένων αισθητήρων. Ο σταθμός βάσης διανέμει το βελτιστοποιημένο ερώτημα προς τους κόμβους του δικτύου κατά μήκος, δυναμικά ανακαλύπτοντας διαδρομές, λαμβάνοντας υπόψη τα θέματα επικοινωνίας που προβαλλονται κατά την επεξεργασία του ερωτήματος, όπως η αποστολή των στοιχείων στα σημεία συλλογής για τον υπολογισμό μέσου όρου. Όπως και με την κατευθυνόμενη διάχυση (directed diffusion), τα στοιχεία μπορούν να αθροιστούν στο δίκτυο για να

αποσβήσουν τις δαπάνες επικοινωνίας. Τα αποτελέσματα ρέουν πίσω στο σταθμό βάσης για περαιτέρω επεξεργασία.

7.3 Αντίληψη θέσης (Location-sensing)

Από όλα τα είδη αντίληψης που χρησιμοποιούνται στον πανταχού παρόντα υπολογισμό, ο εντοπισμό θέσης (location sensing) έχει λάβει την μεγαλύτερη προσοχή. Η Τοποθεσία είναι μια προφανής παράμετρο για τον κινητό, context-aware υπολογισμό. Και είναι φυσικό να δημιουργούν εφαρμογές και συσκευές όπου συμπεριφέρονται με τρόπο που εξαρτάται από το πού βρίσκεται ο χρήστης, όπως είναι το context-aware τηλέφωνο. Αλλά ο εντοπισμός θέσης (location sensing) έχει πολλές άλλες χρήσεις, από το να βοηθά τους χρήστες για την πλοήγηση αστικών ή αγροτικών περιοχών μέχρι να καθορίζει τις οδούς του δικτύου από τη γεωγραφία [Imielinski και Navas, 1999].

Τα συστήματα εντοπισμού θέσης (location sensing) έχουν σχεδιαστεί για να συλλέγουν δεδομένα για την θέση των αντικειμένων (έμχυχα ή άψυχα) μέσα σε κάποιο τύπο περιοχής ενδιαφέροντος. Εδώ θα επικεντρωθούμε στις θέσεις των αντικειμένων, αλλά μερικές τεχνολογίες επίσης προσδιορίζουν τιμές για τον προσανατολισμό τους και ανώτερης τάξης αξίες όπως οι ταχύτητές τους.

Μια σημαντική διάκριση, ειδικά όταν πρόκειται για την προστασία της ιδιωτικής ζωής, είναι το αν ένα αντικείμενο ή ο χρήστης καθορίζει τη θέση του, ή αν κάτι άλλο καθορίζει την θέση του. Η τελευταία αυτή περίπτωση είναι γνωστή ως παρακολούθηση (*tracking*).

Type	Mechanism	Limitations	Accuracy	Type of location data	Privacy
GPS	Multilateration from satellite radio sources	Outdoors only (satellite visibility)	1-10m	Absolute geographic coordinates (latitude, longitude, altitude)	Yes
Radio beaconing	Broadcasts from wireless base stations (GSM, 802.11, Bluetooth)	Areas with wireless coverage	10m-1km	Proximity to known entity (usually semantic)	Yes
Active Bat	Multilateration from radio and ultrasound	Ceiling mounted sensors	10cm	Relative (room) coordinates	Bat identity disclosed
Ultra Wide Band	Multilateration from reception of radio pulses	Receiver installations	15cm	Relative (room) coordinates	Tag identity disclosed
Active badge	Infrared sensing	Sunlight or fluorescent light	Room size	Proximity to known entity (usually semantic)	Badge identity disclosed
Automatic Identification tag	RFID, Near Field Communication, visual tag (e.g. barcode)	Reader installations	1cm-10m	Proximity to known entity (usually semantic)	Tag identity disclosed
Easy Living	Vision, triangulation	Camera installations	Variable	Relative (room) coordinates	No

Σχήμα 7.4 Μερικές location-sensing τεχνολογίες

Το σχήμα 7.4 (με βάση ένα ανάλογο σχήμα στο [Hightower και Borriello, 2001]) δείχνει ορισμένους τύπους τεχνολογιών θέσης, και μερικά από τα χαρακτηριστικά της αρχής τους. Ένα χαρακτηριστικό είναι ο μηχανισμός που χρησιμοποιήθηκε για να παράγει μια θέση. Αυτός ο μηχανισμός επιβάλλει περιορισμούς σε ορισμένες περιπτώσεις όπου η τεχνολογία μπορεί να επεκταθεί, όπως το αν η τεχνολογία λειτουργεί σε εσωτερικούς ή εξωτερικούς χώρους, και ποιες εγκαταστάσεις πρέπει να δίνονται στην τοπική υποδομή. Ο μηχανισμός

συνδέεται επίσης με ακρίβεια, που δίνεται στο [σχήμα 7.4](#) με μια τάξη μεγέθους, στη συνέχεια, διαφορετικές τεχνολογίες δίνουν διαφορετικούς τύπους δεδομένων σχετικά με την τοποθεσία ενός αντικειμένου. Τέλος, οι τεχνολογίες διαφέρουν σε ό, τι πληροφορίες, εάν υπάρχουν, παρέχονται σχετικά με την οντότητα που βρίσκεται και η οποία έχει σχέση με «τις ανησυχίες των χρηστών σχετικά με την έξασφάλιση της ιδιωτικής ζωής. Πρόσθετες τεχνολογίες είναι στην έρευνα των [Hightower και Borriello \[2001\]](#).

Το US Global Positioning System (GPS) είναι το πιο γνωστό παράδειγμα του δορυφορικού συστήματος πλοήγησης - ένα σύστημα για τον προσδιορισμό της κατά προσέγγιση θέσης του δέκτη (*receiver*) ή της μονάδα (*unit*) από δορυφορικά σήματα. Άλλα συστήματα δορυφορικής πλοήγησης είναι το ρωσικό σύστημα GLONASS, καθώς και το προβλεπόμενο ευρωπαϊκό σύστημα Galileo. Το GPS, το οποίο λειτουργεί μόνο σε εξωτερικούς χώρους, λόγω της εξασθένησης σημάτων στο εσωτερικό των κτιρίων, χρησιμοποιείται συνήθως σε οχήματα και σε φορητή μορφή για τη ναυσιπλοΐα, με όλο και λιγότερο συμβατικές εφαρμογές όπως η παράδοση της τοποθεσίας που εξαρτώνται από μέσα μαζικής ενημέρωσης για τους ανθρώπους σε αστικές περιοχές [[Hull et al. 2004](#)]. Η θέση του δέκτη υπολογίζεται σε σχέση με ένα υποσύνολο από 24 δορυφόρους σε τροχιά γύρω από τη Γη με έξι αεροσκάφη, τέσσερα ανά επίπεδο. Κάθε δορυφόρος περιστρέφεται γύρω από τη Γη περίπου δύο φορές την ημέρα. Κάθε δορυφόρος μεταδίδει την τρέχουσα ώρα από ένα ενσωματωμένο ατομικό ρολόι, και πληροφορίες για τις θέσεις του πολλές φορές κατά την διάρκεια του χρόνου (όπως κρίνεται από παρατηρήσεις από σταθμούς εδάφους). Ο δέκτης, του οποίου η θέση πρέπει να καθορίζεται, υπολογίζει την απόστασή του από κάθε έναν από τους διάφορους ορατούς δορυφόρους χρησιμοποιώντας τη διαφορά μεταξύ του χρόνου της άφιξης του σήματος και του χρόνου που μεταδόθηκε το σήμα - δηλαδή ο χρόνος που κωδικοποιείται στο σήμα - και μια εκτίμηση ταχύτητα της διάδοσης των συχνοτήτων από το δορυφόρο στη γη. Ο αναγνώστης στη συνέχεια υπολογίζει τη θέση του χρησιμοποιώντας τριγωνομετρικούς υπολογισμούς γνωστούς ως multilateration. Τουλάχιστον από τρεις ορατούς δορυφόρους πρέπει ο δέκτης να λάβει τα σήματα, για να λάβει μία θέση. Ο αναγνώστης μπορεί να υπολογίσει μόνο το γεωγραφικό πλάτος και το γεωγραφικό μήκος του εάν ακριβώς τρεις δορυφόροι είναι ορατοί; με περισσότερους ορατούς δορυφόρους, μπορεί να υπολογιστεί και το υψόμετρο.

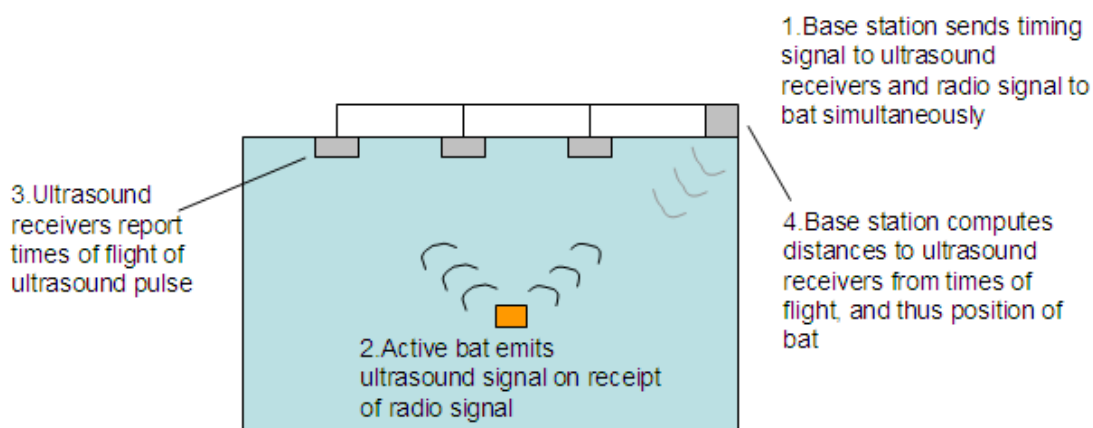
Μια άλλη μέθοδος εντοπισμού θέσης που ενδέχεται να λειτουργεί σε μεγάλη έκταση, τουλάχιστον σε πυκνοκατοικημένες περιοχές, είναι να ακούμε τα αναγνωριστικά που beacons (δηλαδή, μεταδίδονται περιοδικά) από ασύρματους σταθμούς βάσης με περιορισμένη εμβέλεια. Οι συσκευές μπορούν να συγκρίνουν την δύναμη των σημάτων τους, ως μέτρο για να καταλάβουν ποιός είναι ο πλησιέστερος σταθμός. Οι σταθμοί βάσης GSM για τα κινητά τηλέφωνα διαθέτουν ένα κελί αναγνωριστικό (cell ID), Τα σημεία πρόσβασης του 802,11 έχουν ένα Basic Service Set Identifier (BSSID). Ένα αναγνωριστικό σήμα Bluetooth είναι μια συσκευή που παρέχει το προσδιοριστικό για την ανακάλυψη από μια άλλη συσκευή, στην πραγματικότητα, δεν μεταδίδει το προσδιοριστικό της.

Η radio beaconing δεν καθορίζει τη θέση μιας οντότητας *αυτή καθ' εαυτή*, αλλά μόνο την εγγύτητά της σε μια άλλη οντότητα. Αν η θέση της beaconing οντότητας είναι γνωστή, τότε στόχος της θέσης της οντότητας είναι γνωστή εντός του εύρους του της ραδιοσυχνότητας. Ο απόλυτος προσδιορισμός θέσης επομένως απαιτεί το οδηγημένο προσδιοριστικό σε μια βάση δεδομένων. Οι οργανώσεις που διαχειρίζονται τις πηγές συχνοτήτων, όπως οι πάροχοι τηλεπικοινωνιών, συνήθως δεν (ή δεν πρόκειται) αποκαλύπτουν τις λεπτομέρειες των χώρων τους. Αλλά κάποια κοινοτικά προγράμματα υπάρχουν από όπου οι χρήστες παρέχουν τις πληροφορίες θέσης τους.

Η Εγγύτητα (Proximity) μπορεί να είναι μια χρήσιμη ιδιότητα από μόνη της. Για παράδειγμα, η χρήση της εγγύτητας, είναι δυνατόν να δημιουργήσει location-aware εφαρμογές που προκαλούνται από την επιστροφή σε μια θέση που έχει επισκεφθεί στο παρελθόν. Για παράδειγμα, ένας χρήστης που περιμένει σε έναν

σιδηροδρομικό σταθμό θα μπορούσε να δημιουργήσει ένα ενημερωτικό alert υπενθυμίζοντάς του να αγοράσει ένα νέο μηνιαίο εισιτήριο τρένου όταν εισέρχεται στον σιδηροδρομικό σταθμό (δηλαδή, όταν η συσκευή του δέχεται το ίδιο beacons identifier) την πρώτη του μήνα. Τα Bluetooth, μια εναλλακτική τεχνολογία ραδιοκυμάτων, έχει την ενδιαφέρουσα ιδιότητα ότι μερικά ραδιο αναγνωριστικά σήματα - για παράδειγμα, αυτά που ενσωματώνονται με τα κινητά τηλέφωνα - θεωρούνται από μόνα τους κινητά. Αυτό μπορεί ακόμα να είναι χρήσιμο.

Γυρίζοντας πίσω σε πιο συγκεκριμένες μορφές της θέσης, το GPS παράγει συντεταγμένες ενός αντικειμένου -απόλυτες (που είναι παγκόσμια γνωστές) σε εξωτερικούς χώρους. Αντιθέτως, το σύστημα Active Bat [Harter et al.2002] είχε σχεδιαστεί για να παράγει την θέση ενός αντικειμένου ή ατόμου σε εσωτερικούς χώρους, σε σχέση με συντεταγμένες - δηλαδή, σε σχέση με το δωμάτιο που περιέχει το αντικείμενο (σχήμα 7.5).



Σχήμα 7.5 Τοποθετώντας μια active bat μέσα σε ένα δωμάτιο

Το Active Bat σύστημα είναι ακριβή για περίπου 10μ, σχετικά ακριβή στην ανίχνευση της εσωτερικής θέσης, το οποίο είναι χρήσιμο για εφαρμογές όπως η ανίχνευση της οθόνης ενός κινητού χρήστη που είναι πλησίον, και μεταφέροντας 'teleporting' τον προσωπικό υπολογιστή του μέσω του πρωτόκολλου VNC. Μια bat είναι μια συσκευή που είναι συνδεδεμένη σε ένα χρήστη ή σε ένα αντικείμενο των οποίων η θέση είναι να βρεθεί, και η οποία δέχεται ραδιοσήματα και εκπέμπει σήματα υπερήχων. Το σύστημα βασίζεται σε δίκτυο ενός πλέγματος με υπέρυχους δέκτες σε γνωστές τοποθεσίες του ανώτατου ορίου, ενσύρματα συνδεδεμένο σε ένα σταθμό βάσης. Για να εντοπίσετε μια bat, ο σταθμός βάσης εκπέμπει ταυτόχρονα ένα ραδιοσήμα στο bat που περιέχει το αναγνωριστικό της, καθώς και ένα ενσύρματο σήμα προς το ανώτατο όριο-τοποθετημένους δέκτες υπερήχων. Όταν το bat με το δεδομένο αναγνωριστικό λαμβάνει το σήμα του σταθμού βάσης, εκπέμπει ένα σύντομο παλμό υπερήχων. Όταν ένας δέκτης στο ανώτατο όριο λαμβάνει το σήμα του σταθμού βάσεων, αρχίζει ένα χρονόμετρο. Δεδομένου ότι η ταχύτητα της διάδοσης ηλεκτρομαγνητικών είναι τόσο πολύ μεγαλύτερη από την ταχύτητα του ήχου, η εκπομπή του παλμού υπερήχων και η έναρξη του χρονόμετρου είναι αποτελεσματικά ταυτόχρονες. Όταν ένας δέκτης λαμβάνει το ανώτατο όριο που αντιστοιχεί σε παλμό υπερήχων (από το bat), διαβάζει το χρόνο που πέρασε και το διαβιβάζει στο σταθμό βάσης, το οποίο χρησιμοποιεί κατά προσέγγιση την ταχύτητα του ήχου για να συμπεράνουμε την απόσταση του δέκτη από το bat. Εάν ο σταθμός βάσης λαμβάνει αποστάσεις από τουλάχιστον τρεις non-colinear δέκτες υπερήχων, μπορεί να υπολογίσει την θέση του bat σε 3D διάστημα.

Η Ultra Wide Band (UWB) είναι μια τεχνική για τα δεδομένα πολλαπλασιασμού υψηλού Ρυθμού bit (100Mbps ή περισσότερο) σε μικρές καλύψεις (έως 10m). Τα bits μεταδίδονται σε πολύ χαμηλή ισχύ, αλλά σε ένα

μεγάλο φάσμα συχνοτήτων, χρησιμοποιώντας λεπτούς παλμούς - της τάξης των 1ns σε πλάτος λαμβάνοντας υπόψη το μέγεθος και το σχήμα του παλμού, είναι δυνατόν να μετρηθεί φορές της πτήσης με μεγάλη ακρίβειας. Με τη διευθέτηση των δεκτών του περιβάλλοντος και τη χρήση multilateration και με τις παραπάνω τεχνολογίες, είναι δυνατόν να καθοριστεί ένα tag UWB συντεταγμένων με ακρίβεια περίπου 15cm. Σε αντίθεση με τις παραπάνω τεχνολογίες, τα UWB σήματα διαδίδουν μέσα από τοίχους και άλλα χαρακτηριστικά αντικείμενα που βρέθηκαν στο δομημένο περιβάλλον. Η κατανάλωση ενέργειας σε χαμηλά επίπεδα αποτελεί ένα άλλο πλεονέκτημα.

Τα GPS, οι Bats και οι UWB όλα παρέχουν δεδομένα σχετικά με το φυσικό τόπο ενός αντικειμένου: τις συντεταγμένες του σε μια φυσική περιοχή. Ένα πλεονέκτημα της γνώσης μίας φυσικής θέσης είναι ότι, μέσω βάσεων δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (*geographical information systems - GIS*), καθώς και τα μοντέλα κόσμου της κατασκευής χώρων, μια συγκεκριμένη τοποθεσία μπορεί να συσχετιστεί με πολλά είδη πληροφοριών σχετικά με το αντικείμενο ή της σχέσης του με άλλα αντικείμενα. Ωστόσο, το μειονέκτημα είναι η προσπάθεια που απαιτείται για να παράγει και να διατηρήσει αυτές τις βάσεις δεδομένων, οι οποίες ενδέχεται να αντιμετωπίσουν υψηλά ποσοστά μεταβολής.

Αντιθέτως, το σύστημα Active Badge παράγει μία σημασιολογική τοποθεσία ενός αντικειμένου: το όνομα ή τη περιγραφή της τοποθεσίας του. Για παράδειγμα, αν ένα σήμα γίνει αισθητό από το δέκτη υπερύθρων στο δωμάτιο '101', τότε η θέση του εν λόγω σήματος είναι καθορισμένη να είναι «Δωμάτιο 101». (Σε αντίθεση με τα περισσότερα ραδιοφωνικά σήματα, τα οικοδομικά υλικά μετριάζουν έντονα τα υπέρυθρα σήματα, ώστε το σήμα είναι απίθανο να είναι έξω από το δωμάτιο). Εκείνο το στοιχείο δεν μας λέει τίποτα *explicitly* για τη θέση στο διάστημα, αλλά παρέχει στους χρήστες πληροφορίες που σχετίζονται με τις γνώσεις τους για τον κόσμο που ζουν. Αντιθέτως, το γεωγραφικό πλάτος και μήκος του στον ίδιο χώρο 51° 27.010 N 002° 37.107 W είναι χρήσιμα για τον, ας πούμε, υπολογισμό των αποστάσεων και σε άλλα μέρη; αλλά είναι δύσκολο για τους ανθρώπους για να εργαστεί με αυτές τις συντεταγμένες. Σημειώστε ότι τα ραδιοαναγνωριστικά σήματα - που αναστρέφουν τις ενεργές τεχνολογίες διακριτικών με την τοποθέτηση του δέκτη στο στόχο που βρίσκεται παρά την υποδομή - μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παρέχουν είτε τις σημασιολογικές είτε τις (πολύ κατά προσέγγιση) φυσικές θέσεις.

Οι Active Badges είναι μιας εξειδικευμένης μορφής της αυτόματης αναγνώρισης ετικέτες: ηλεκτρονικά αναγνώσιμα αναγνωριστικά παραδοσιακά σχεδιασμένα για τις μαζικές βιομηχανικές εφαρμογές. Οι αυτόματες ετικέτες αναγνώρισης περιλαμβάνουν RFID [[Want, 2004](#)], Near Field Communication (NFC) [[www.nfc-forum.org](#)], και χαρακτήρες ή άλλα οπτικά σύμβολα όπως τα barcodes - ιδιαίτερα εκείνων που είναι σχεδιασμένα για να είναι αναγνώσιμα εξ αποστάσεως με κάμερες [[deIrina et al. 2002](#)]. Αυτές οι ετικέτες είναι συνδεδεμένες με το αντικείμενο του οποίου θέση πρέπει να προσδιοριστεί. Όταν διαβάζεται από έναν αναγνώστη με ένα περιορισμένο φάσμα και σε μια γνωστή θέση, η θέση του στόχου του αντικειμένου γίνεται γνωστή.

Τέλος, το πρόγραμμα Easy Living [[Krumm et al.2000](#)] χρησιμοποιεί οραματικούς αλγόριθμους για τον εντοπισμό ενός αντικειμένου όπως ένα άνθρωπος που παρατηρείται από πολλές κάμερες. Ένα αντικείμενο στόχου μπορεί να εντοπιστεί αν μπορεί να αναγνωριστεί από μια κάμερα σε μια γνωστή τοποθεσία. Με πολλές κάμερες σε γνωστές τοποθεσίες, κατ' αρχήν, οι διαφορές μεταξύ της εμφάνισης του αντικειμένου στις εικόνες τους, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό της φυσική θέση του αντικειμένου.

Όπως αποδεικνύεται στη μελέτη περίπτωσης Cootown (τμήμα 11.4), ορισμένες από τις παραπάνω τεχνολογίες θέσης - ιδιαίτερα automatic ετικέτες αναγνώρισης και υπέρυθρα αναγνωριστικά σήματα - μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την παροχή πρόσβασης σε πληροφορίες και υπηρεσίες που

αφορούν την οντότητα στην οποία έχουν προσδεθεί, μέσω των αναγνωριστικών στοιχείων που διαθέτουν.

Συγκρίνοντας τις παραπάνω τεχνολογίες όσον αφορά την προστασία της ιδιωτικής ζωής, η λύση GPS παρέχει απόλυτη προστασία της ιδιωτικής ζωής: σε κανένα σημείο της GPS λειτουργίας του, πληροφορίες σχετικά με τη συσκευή λήψης δεν μεταδίδονται αλλού. Το Radio beaconing μπορεί να παρέχει απόλυτη προστασία της ιδιωτικής ζωής, αλλά αυτό εξαρτάται από τον τρόπο χρησιμοποίησής τους. Αν μια συσκευή ακούει απλώς για αναγνωριστικά σήματα (beacons) και ποτέ άλλωτε δεν επικοινωνεί με την υποδομή, τότε διατηρεί προστασία της ιδιωτικής ζωής. Αντιθέτως, οι άλλες τεχνολογίες είναι τεχνολογίες παρακολούθησης. Οι Active Bats, UWB, Active Badges και οι μέθοδοι αυτόματης ταυτοποίησης κάθε ένας παράγει ένα προσδιοριστικό στην υποδομή που υπάρχει σε μια γνωστή θέση σε έναν γνωστό χρόνο. Ακόμα κι αν ο σχετικός χρήστης δεν αποκαλύπτει την ταυτότητά του, μπορεί να προκύψει τέτοια θέμα. Οι Easy Living είναι οραματικές τεχνικές που βασίζονται στην αναγνώριση των χρηστών, προκειμένου να τους εντοπίσουν και έτσι η ταυτότητα του χρήστη είναι πολύ πιο άμεσα αποκαλυπτόμενη.

7.3.1 Αρχιτεκτονικές για την αντίληψη θέσης (Architectures for location-sensing).

Δύο από τα βασικά χαρακτηριστικά που απαιτούνται για συστήματα εντοπισμού θέσης είναι τα εξής: (1) γενίκευση όσον αφορά τους τύπους των αισθητήρων που χρησιμοποιούνται για τη αντίληψη θέσης, και (2) επεκτασιμότητα σε σχέση με τον αριθμό των αντικειμένων που πρέπει να βρίσκονται και και το ποσοστό γεγονότων αναπροσαρμογών θέσης που ανακλύπτον όταν κινητά αντικείμενα, όπως τα άτομα και τα οχήματα αλλάζουν τις τοποθεσίες τους. Οι ερευνητές και οι προγραμματιστές έχουν παραγει αρχιτεκτονικές για την αντίληψη θέσης σε μικρά - μεμονωμένα έξυπνα διαστήματα, όπως χώρους, δωμάτια, κτίρια ή φυσικά περιβάλλοντα που καλύπτονται από δίκτυα αισθητήρων? Και για υψηλής επεκτασιμότητας συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών, που προορίζονται να καλύψουν μεγάλες περιοχές και περιλαμβάνουν τις θέσεις πάρα πολλών αντικειμένων.

Η *location stack* [Hightower et al.2002 / Graumann et al.2003] στοχεύει στην επίτευξη της απαίτησης για γενικότητα. Διαιρεί τα συστήματα αντίληψης θέσης για τα μεμονωμένα έξυπνα διαστήματα σε στρώματα. Το *στρώμα αισθητήρων* περιέχει τους οδηγούς για την εξαγωγή των ακατέργαστων στοιχείων από ποικίλους αισθητήρες θέσης. Το *στρώμα μετρήσεων* έπειτα μετατρέπει τα ακατέργαστα στοιχεία σε κοινούς τύπους μετρήσεων περιλαμβανομένων αυτό της απόστασης, της γωνίας και την ταχύτητας. Το *στρώμα fusion* είναι το χαμηλότερο στρώμα διαθέσιμο στις εφαρμογές. Συνδυάζει τις μετρήσεις από διαφορετικούς αισθητήρες (συνήθως διαφορετικών τύπων), για να συμπεράνουμε τη θέση ενός αντικειμένου και το παρέχει, μέσω μιας ενιαίας διεπαφής. Επειδή οι αισθητήρες παράγουν αβέβαια δεδομένα, οι συνέπειες του fusion στρώματος είναι *probalistic*. Στο [Fox et al. 2003] γίνεται έρευνα σε ορισμένες από τις Bayesian διαθέσιμες τεχνικές. Το *στρώμα ρυθμίσεων* συνάγει τις σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων, όπως το εάν συνδυάζονται. Πάνω απ 'αυτά είναι τα στρώματα για το συνδυασμό δεδομένων θέσης με στοιχεία από άλλα είδη αισθητήρων, για να προσδιοριστούν πιο πολύπλοκα *contextual* χαρακτηριστικά, όπως το αν σε μια ομάδα ανθρώπων που βρίσκονται σε ένα σπίτι είναι όλοι κοιμισμένοι.

Η επεκτασιμότητα (Scalability) είναι μια σημαντική ανησυχία στα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών. Χωροχρονικά ερωτήματα όπως «Ποιος έχει βρεθεί σε αυτό το κτίριο κατά τις τελευταίες 60 ημέρες;» ή «Με ακολουθάει κανείς;» ή «Ποια κινούμενα αντικείμενα στην περιοχή αυτή είναι μεγαλύτερου κινδύνου για πρόσκρουση;» αντικατοπτρίζουν την ανάγκη για επεκτασιμότητα. Ο αριθμός των αντικειμένων - συγκεκριμένα, ο αριθμός των κινητών αντικειμένων - που βρίσκονται και ο αριθμός των ταυτόχρονων ερωτημάτων μπορεί να είναι μεγάλοι. Επιπλέον, στην τελευταία από αυτές τις ερωτήσεις - παράδειγματα,

απαιτείται ανταπόκριση σε πραγματικό χρόνο. Η προφανής προσέγγιση στην δημιουργία επεκτασιμότητας των συστημάτων εντοπισμού θέσης είναι να χωρίσουμε την περιοχή που ενδιαφέρει κατ'επανάληψη σε-υποπεριοχές, χρησιμοποιώντας τις δομές δεδομένων, όπως τα quadtrees. Οι εν λόγω τιμαριθμική αναπροσαρμογή των χωρικών και χρονικών βάσεων δεδομένων είναι ένας ενεργός τομέας της έρευνας.

7.4 Συστήματα Συναντίληψης

Τα συστήματα συναντίληψης είναι επικοινωνιακά συστήματα υπολογιστικής διαμεσολάβησης (computer-mediated communication - CMC), τα οποία βοηθούν τα μέλη μιας ομάδας να έχουν επίγνωση της ύπαρξης και δράσης των άλλων μελών της ομάδας, μια κατάσταση που ονομάζουμε συναντίληψη (awareness). Χρησιμοποιούμε τον όρο διεισδυτικά συστήματα συναντίληψης (pervasive awareness systems) για να περιγράψουμε συστήματα συναντίληψης που λειτουργούν μέσα σε ένα περιβάλλον Περιρρέουσας Νοημοσύνης. Τα συστήματα αυτά συλλέγουν πληροφορία για ένα άτομο ή μια ομάδα με ημιαυτόματο τρόπο, μέσω τεχνολογιών με τη δυνατότητα επίγνωσης οι οποίες ενσωματώνονται στο φυσικό περιβάλλον ενός ατόμου (π.χ. αντικείμενα με αισθητήρες ή κάμερες), και μπορούν να ανακατασκευάζουν με ημιαυτόματο τρόπο ένα μοντέλο ή μία οπτικο-ακουστική αναπαράσταση των ασχολιών του ατόμου μέσω συσκευών που ομαδοποιούνται με ad-hoc τρόπο ως αποτέλεσμα των δραστηριοτήτων του ατόμου. Ανταλλάσσοντας πληροφορίες σχετικά με τους ιδιοκτήτες τους, μπορεί να συναρμολογηθεί ένα μοντέλο δραστηριοτήτων και να χρησιμοποιηθεί για την επικοινωνία με άλλα απομακρυσμένα μέλη της ομάδας

Τα διεισδυτικά συστήματα συναντίληψης έχουν εφαρμοστεί με επιτυχία σε απομονωμένες κοινωνικά ομάδες, όπως ανθρώπους τρίτης ηλικίας που μένουν μόνοι, οικογένειες που ζουν χωριστά για μεγάλο χρονικό διάστημα μέσα στην εβδομάδα, ανθρώπους με προβλήματα υγείας, κλπ. Τα τελευταία χρόνια έχει εκδηλωθεί μεγάλο ενδιαφέρον σε αυτόν τον τομέα, με διαφορετικά σχεδιασμένα πρωτότυπα και πειραματικές εφαρμογές να έχουν δοκιμαστεί σε διάφορα μέρη στον κόσμο [[Markopoulos, 2003](#)].

7.5 Σύνοψη και προοπτικές

Το τμήμα αυτό έχει περιγράψει ορισμένες από τις υποδομές που έχουν επινοηθεί για τον context-aware υπολογισμό. Κυρίως έχουμε επικεντρωθεί σε τρόπους με τους οποίους οι αισθητήρες αξιοποιούνται για να παράγουν contextual χαρακτηριστικά από τις οποίες οι εφαρμογές εξαρτώνται για τη συμπεριφορά τους. Κοιτάξαμε τις δύο αρχιτεκτονικές για σχετικά στατικές συλλογές των αισθητήρων, καθώς και αρχιτεκτονικές για τα ιδιαίτερα πτητικά δίκτυα αισθητήρων. Τέλος, περιγράφονται ορισμένες τεχνολογίες για τη συγκεκριμένη σημαντική περίπτωση της αντίληψης θέσης (location-sensing).

Με τη context awareness, έχουμε ενσωματώσει στο καθημερινό φυσικό κόσμο, συστήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών. Ένα βασικό πρόβλημα που παραμένει είναι ότι, σε σύγκριση με τη λεπτή αντίληψη ότι ο άνθρωπος έχει τον φυσικό του κόσμο, τα συστήματα που έχουμε περιγράψει είναι αρκετά ακατέργαστα/αργά. Δεν είναι μόνο οι αισθητήρες (τουλάχιστον εκείνα τα αρκετά φθηνά για να αναπτυχθούν σε μεγάλο βαθμό) αναπόφευκτα ανακριβής, αλλά το τελικό στάδιο της παραγωγής σημασιολογικά πλούσιων πληροφοριών με ακρίβεια από τα ακατέργαστα δεδομένα του αισθητήρα είναι εξαιρετικά δύσκολο. Ο κόσμος της ρομποτικής (ο οποίος περιλαμβάνει την ώθηση, ένα θέμα έχουμε αγνοήσει, εκτός από την ανίχνευση) έχει αυτήν την δυσκολία στην έρευνα για πολλά έτη. Σε στενά περιορισμένες περιοχές όπως το εσωτερικό κενό - καθαρισμός ή βιομηχανική παραγωγή, τα ρομπότ μπορούν να αποδίδουν ικανοποιητικά. Αλλά η γενίκευση από αυτούς τους τομείς παραμένει αόριστη.

Κεφάλαιο 8

Ασφάλεια και ιδιωτικό απόρρητο (Security and privacy)

Τα πτητικά συστήματα δημιουργούν πολλά νέα ζητήματα και για την ασφάλεια και για την προστασία ιδιωτικής ζωής. Πρώτον, οι χρήστες και οι διαχειριστές των πτητικών συστημάτων απαιτούν ασφάλειας για τα στοιχεία και τους πόρους τους (εμπιστευτικότητα, ακεραιότητα και διαθεσιμότητα). Ωστόσο, όπως έχουμε επισημάνει κατά την περιγραφή του μοντέλου των πτητικών συστημάτων στην παράγραφο 4.5, η εμπιστοσύνη – η βάση για όλη την ασφάλεια – μειώνεται συχνά στα πτητικά συστήματα. Η εμπιστοσύνη μειώνεται επειδή οι εντολείς των οποίων τα συστατικά αλληλεπιδρούν αυθόρμητα μπορεί να έχουν ελάχιστη ή και καμία προηγούμενη γνώση του άλλου, και ίσως να μην έχουν κοινό ένα αξιόπιστο τρίτο μέρος. Δεύτερον, πολλοί χρήστες ανησυχούν για την προστασία της ιδιωτικής ζωής τους – χονδρικά μιλώντας, για την ικανότητά να ελέγξουν τη δυνατότητα πρόσβασης σε πληροφορίες για τον εαυτό τους. Όμως, η προστασία της ιδιωτικής ζωής απειλείται περισσότερο από ποτέ, λόγω ανίχνευσης των χρηστών που περνάνε στα έξυπνα διαστήματα.

Παρά τους παράγοντες τόσων προκλήσεων, τα μέτρα για την εξασφάλιση ασφάλειας των ανθρώπων και προστασίας της ιδιωτικής ζωής τους πρέπει να είναι ελαφρύς - εν μέρει για τη διατήρηση του αυθορμητισμού των αλληλεπιδράσεων, και εν μέρει λόγω των περιορισμένων ενδιάμεσων με τον χρήστη πολλών συσκευών. Οι άνθρωποι δεν θα θέλουν, για παράδειγμα, να «συνδεθούν» με ένα έξυπνο στυλό πριν το χρησιμοποιήσουν στο γραφείο της υποδοχής τους!

Σε αυτή την ενότητα περιγράφουμε ορισμένα από τα κύρια προβλήματα της ασφάλειας και της προστασίας της ιδιωτικής ζωής για τις πτητικές συστήματα. Ο Stajano [2002] δίνει μια πιο λεπτομερή αναφορά σε ορισμένα από αυτά τα θέματα. Ο Langheinrich [2001] εξετάζει το θέμα της ιδιωτικής ζωής στον πανταχού παρόν υπολογισμό, αρχίζοντας από το ιστορικό και νομικό πλαίσιο του.

8.1 Υπόβαθρο

Η ασφάλεια και τη προστασία της ιδιωτικής ζωής είναι περίπλοκα στα πτητικά συστήματα σχετικά με ζητήματα υλικού όπως η φτώχεια των πόρων, και επειδή ο αυθορμητισμός τους οδηγεί σε νέες μορφές επιμερισμού των πόρων.

8.1.1 Θέματα υλικού (Hardware-related issues) που σχετίζονται με συμβατικά πρωτόκολλα ασφάλειας τείνουν να κάνουν υποθέσεις σχετικά με τις συσκευές και τη συνδεσιμότητα που συχνά δεν διαθέτουν στα πτητικά συστήματα. Οι φορητές συσκευές όπως τα PDA, τα τηλέφωνα και οι αισθητήρες κόμβων είναι, σε γενικές γραμμές, πολύ πιο εύκολο να κλαπούν και να παραβιαστούν από συσκευές, όπως τους υπολογιστές σε κλειδωμένα δωμάτια. Το σχέδιο ασφαλείας για τα πτητικά συστήματα δεν θα πρέπει να βασίζεται στην ακεραιότητα του κάθε υποσυνόλου των συσκευών που θα μπορούσαν να κινδυνεύουν. Για παράδειγμα, εάν ένα έξυπνο διάστημα καλύπτει έναν αρκετά μεγάλο φυσικό χώρο, τότε ένας τρόπος για να συμβάλει στην προστασία της συνολική ακεραιότητας του συστήματος είναι να καταστήσει ότι είναι απαραίτητο για έναν εισβολέα να επισκεφθεί πολλές περιοχές στο εσωτερικό του λίγο πολύ στον ίδιο χρόνο εάν η επίθεσή τους είναι να πετύχει [Anderson et al. 2004].

Δεύτερον, οι συσκευές στα πτητικά συστήματα μερικές φορές δεν διαθέτουν επαρκείς πόρους για το ασυμμετρικό (public-κλειδί) σύστημα κρυπτογραφίας - ακόμη και όταν χρησιμοποιούν το ελλειπτικό σύστημα κρυπτογραφίας καμπυλών. Ο SPINS [Perrig et al. 2002] παρέχει εγγυήσεις ασφαλείας για τα δεδομένα που ανταλλάσσουν οι χαμηλής ισχύος κόμβοι σε ασύρματα δίκτυα σε ένα δυνητικά εχθρικό περιβάλλον. Τα πρωτόκολλα τους χρησιμοποιούν μόνο κρυπτογραφία με συμμετρικό-κλειδί για την οποία, σε αντίθεση με την κρυπτογραφία με ασύμμετρο-κλειδί, είναι εφικτή σε τέτοιες

συσκευές χαμηλής ενέργειας. Ωστόσο, αυτό ξεπροβάλλει το ερώτημα για το ποιοί κόμβοι σε ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων θα πρέπει να μοιράζονται το ίδιο συμμετρικό κλειδί. Σε μια ακραία περίπτωση, αν όλοι οι κόμβοι μοιράζονται το ίδιο κλειδί, έπειτα μια επιτυχημένη επίθεση σε έναν κόμβο θα θέσει σε κίνδυνο ολόκληρο το σύστημα. Στο άλλο άκρο, αν κάθε κόμβος μοιράζει ξεχωριστό κλειδί με κάθε άλλο κόμβο, τότε μπορεί να υπάρχουν πάρα πολλά κλειδιά για τους κόμβους με περιορισμένη μνήμη για την αποθήκευση τους. Μια συμβιβαστική θέση είναι για τους κόμβους να μοιράζονται κλειδιά μόνο με τους πλησιέστερους γείτονές τους, και να βασιστούν στις αλυσίδες της αμοιβαίας εμπιστοσύνης ότι τα μηνύματα κρυπτογραφούνται hop -by-hop, αντί να χρησιμοποιούν end-to-end κρυπτογράφηση.

Τρίτον, όπως πάντα, η ενέργεια είναι ένα θέμα. Όχι μόνο πρέπει τα πρωτόκολλα ασφάλειας να σχεδιαστούν έτσι ώστε να αποσκοπούν στην ελαχιστοποίηση των γενικών εξόδων της επικοινωνίας στην διατήρηση της ζωής της μπαταρίας, αλλά επιπλέον η περιορισμένη ενέργεια είναι η βάση για έναν νέο τύπο άρνησης της επίθεσης υπηρεσιών. Οι [Stajano και Anderson, 1999] περιγράφουν την 'sleep deprivation torture attack' των κόμβων τροφοδοτούμενων με μπαταρίες: ένας εισβολέας μπορεί να αρνηθεί την υπηρεσία στέλνοντας ψευδή μηνύματα για να προκαλέσει τις συσκευές να τρέξουν τις μπαταρίες και να σπαταλήσουν την ενέργεια τους. Ο [Martin et al. 2004] περιγράφει επιπλέον 'sleep deprivation' επιθέσεις, συμπεριλαμβανομένων των πιο συγκαλυμμένων παρέχοντας συσκευές με κώδικα ή δεδομένα που προκαλούν την σπατάλη μέσω της επεξεργασίας. Για παράδειγμα, ένας εισβολέας θα μπορούσε να παράγει μια κινούμενη εικόνα GIF που εμφανίζεται στατική στο χρήστη, αλλά στην πραγματικότητα προκαλεί συνεχή εκ νέου επεξεργασία υποπροϊόντων.

Τέλος, η αποσυνδεδεμένη λειτουργία σημαίνει ότι είναι προτιμητέο να αποφευχθούν τα πρωτόκολλα ασφάλειας που στηρίζονται στη συνεχή πρόσβαση ανοικτής γραμμής σε έναν κεντρικό υπολογιστή. Αντί να υποτεθεί, ότι μια μηχανή είναι πάντα συνδεδεμένη με τα κεντρικά γραφεία της εταιρείας για την επαλήθευση της άδειας, είναι καλύτερα να σχεδιαστεί ένα πρωτόκολλο σύμφωνα με την οποία συσκευή του χρήστη (όπως ένα τηλέφωνο) να δίνεται ένα πιστοποιητικό που να επιτρέπει στο αυτόματο μηχάνημα για την επαληθεύει την άδεια χρησιμοποιώντας μόνο Bluetooth ή άλλη μικρής εμβέλειας επικοινωνία [Zhang και Kindberg 2002]. Δυστυχώς, η έλλειψη ενός online server σημαίνει επίσης ότι ένα πιστοποιητικό δεν μπορεί να ανακληθεί και μπορούν μόνο να κατασκευάζονται έτσι ώστε να λήγουν μετά από ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα -δημιουργώντας το ζήτημα του πώς οι συσκευές χωρίς σύνδεση είναι για να κρατήσουν με ασφάλεια τον ακριβή χρόνο.

8.1.2 Νέοι τύποι κατανομής των πόρων:

Τα πτητικά συστήματα προκαλούν τους νέους τύπους διανομών των πόρων που απαιτούν τα νέα σχέδια ασφάλειας, όπως τα ακόλουθα παραδείγματα.

- Οι administrators ενός έξυπνου διαστήματος εκθέτουν μια υπηρεσία προσιτή στους επισκέπτες μέσω ενός ασύρματου δικτύου όπως η αποστολή διαφανειών με την υπηρεσία προβολής σε ένα δωμάτιο για σεμινάρια ή χρησιμοποιώντας έναν εκτυπωτή σε ένα καφενείο
- Δύο υπάλληλοι της ίδιας επιχείρησης που αντιμετωπίζουν ο ένας τον άλλο σε μια διάσκεψη ανταλλάσσουν wirelessly ένα έγγραφο μεταξύ των κινητών τηλεφώνων τους ή άλλων φορητών συσκευών.
- Μια νοσοκόμα παίρνει ένα ασύρματο όργανο ελέγχου καρδιάς από ένα κιβώτιο με παρόμοιες συσκευές, το συνδέει σε έναν ασθενή και το συνδέει στην κλινική σε μία υπηρεσία όπου καταγράφει τα στοιχεία για εκείνον τον ασθενή.

Κάθε μια από εκείνες τις περιπτώσεις είναι ένα παράδειγμα της αυθόρμητης λειτουργικότητας. Από κάθε μία προκύπτουν ζητήματα ασφάλειας ή/και προστασίας της ιδιωτικής ζωής.

Οι υπηρεσίες προβολής και εκτύπωσης προορίζονται μόνο για τους επισκέπτες αλλά το ασύρματο δίκτυο μπορεί να υπερβεί τα όρια του κτηρίου, από όπου οι εισβολείς θα μπόρεσαν να κρυφακούσουν, να διαταράξουν τις παρουσιάσεις ή να στείλουν ψεύτικες εργασίες εκτύπωσης. Έτσι οι υπηρεσίες απαιτούν προστασία, παρομοίως σε ένα web server που προορίζονται μόνο για τα μέλη της λέσχης. Αλλά κάνοντας log in – πληκτρολογώντας ένα όνομα χρήστη και κωδικό πρόσβασης – and η διαδικασία εγγραφής που προηγήθηκε αυτό θα ήταν πάρα πολλή προσπάθεια επιπλέον, οι χρήστες μπορούν να προβάλουν αντιρρήσεις για λόγους προστασίας της ιδιωτικής ζωής.

Η ανταλλαγή εγγράφων μεταξύ των δύο υπαλλήλων είναι παρόμοια με κάποιους τρόπους με το να στείλουν ένα μήνυμα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου μέσα σε ένα εταιρικό intranet. Και όμως η αλληλεπίδραση πραγματοποιήθηκε πέρα από ένα δημόσιο ασύρματο δίκτυο σε μια θέση που γέμισαν συνήθως με τους άγνωστους ανθρώπους. Ένας εμπιστευμένος τρίτος (η επιχείρησή τους) υπάρχει σε γενικές γραμμές, αλλά στην πράξη μπορεί να μην είναι εφικτό (μπορεί να μην είναι σε θέση να αποκτήσει ένα αρκετά καλό ασύρματο σήμα τηλεπικοινωνιών για το τηλέφωνο του στην αίθουσα εκδηλώσεων), ή δεν μπορεί να ρυθμιστεί σε όλες τις συσκευές του χρήστη.

Τι κάνει η νοσοκόμα που με κάποιους τρόπους είναι παρόμοιο με το πρώτο παράδειγμα: ιδιοποιεί μια εμπιστευμένη συσκευή προσωρινά αλλά ασφαλή, ως επισκέπτης ίσως να οικειοποιηθεί έναν προβολέα ή εκτυπωτή. Αλλά το παράδειγμα έχει ως στόχο να δείξει μεγαλύτερη έμφαση στο θέμα της επαναχρησιμοποίησης. Μπορεί να υπάρξει ένας συγχέοντας αριθμός ασύρματων αισθητήρων που να χρησιμοποιούνται για τους διαφορετικούς ασθενείς σε διαφορετικούς χρόνους, και είναι απαραίτητο να φτιάχνονται και να σπάνε με ασφάλεια οι ενώσεις μεταξύ των συσκευών και των αντίστοιχων ασθενής κορμών.

8.2 Μερικές λύσεις

Εξετάζουμε τώρα μερικές προσπάθειες για να λύσουμε τα προβλήματα της ασφάλειας και της μυστικότητας στα πηητικά συστήματα:

secure spontaneous device association,
location-based authentication, and
privacy protection.

Οι τεχνικές ασφάλειας που θα περιγράψουμε ξεχωρίζουν εμφανώς από τις τυποποιημένες προσεγγίσεις στα διανεμημένα συστήματα. Εκμεταλλεύονται το γεγονός ότι τα συστήματα που εξετάζουμε είναι ενσωματωμένα στον καθημερινό φυσικό κόσμο μας, χρησιμοποιώντας φυσικές και όχι cryptographic αποδείξεις, στοιχεία που να bootstrap τις ιδιότητες ασφάλειας.

8.2.1 Ασφαλής αυθόρμητη ένωση συσκευής (Secure spontaneous device association)

Ένα σημαντικό ερώτημα που θέτουν τα παραπάνω παραδείγματα είναι το πώς θα εξασφαλιστεί μια αυθόρμητη ένωση μεταξύ δύο συσκευών που συνδέονται με ένα ασύρματο radio δίκτυο W , όπως το Bluetooth ή 802,11. Αυτό είναι το ασφαλές αυθόρμητο πρόβλημα σύνδεσης της συσκευής, επίσης γνωστό ως ασφαλές παροδικό πρόβλημα σύνδεσης (*secure transient association problem*). Ο στόχος είναι να δημιουργηθεί ένα ασφαλές κανάλι μεταξύ δύο συσκευών με την ασφαλή ανταλλαγή ενός κλειδι συνόδου μεταξύ των δύο αυτών συσκευών και χρησιμοποιείται για την κρυπτογράφηση της επικοινωνίας τους με την πάροδο στο W . Οι αρχικές υποθέσεις είναι αυτές, δεδομένου ότι η ένωση είναι αυθόρμητη, καμία συσκευή (ή ο χρήστης του) δεν μοιράζεται ένα μυστικό με άλλη, ούτε γνωρίζει ο ένας το δημόσιο κλειδί του άλλου και οι συσκευές δεν έχουν πρόσβαση

σε ένα έμπιστο τρίτο. Ακόμη και αν υπάρχει ένα έμπιστο τρίτο μέρος, μπορεί να είναι εκτός σύνδεσης. Ένας εισβολέας μπορεί να επιχειρήσει να παρακολουθεί το W και να επαναλάβει και να συνθέσει τα μηνύματα. Ειδικότερα, ένας εισβολέας μπορεί να επιχειρήσει να ξεκινήσει μία man-in-the-middle επίθεση

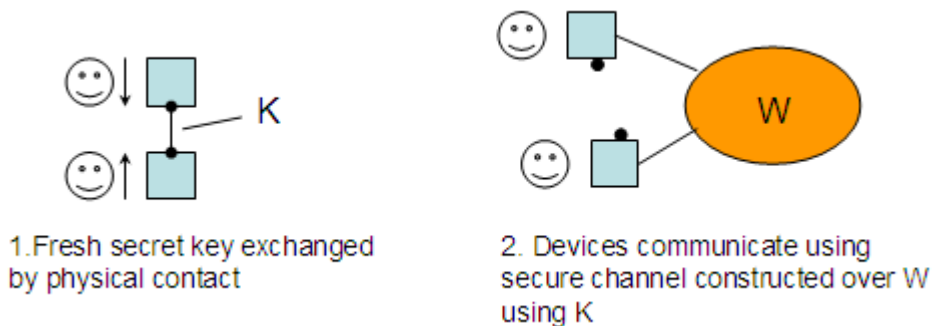
Μια λύση σε αυτό το πρόβλημα θα επέτρεπε σε έναν επισκέπτη να κάνει μια ασφαλή σύνδεση σε μια υπηρεσία προβολής ή εκτύπωσης, οι συναδέλφοι στο conference θα μπορούσαν να ανταλλάξουν με ασφάλεια δεδομένα μεταξύ των φορητών συσκευών τους. Η νοσοκόμα θα μπορούσε να συνδεθεί με ασφάλεια με μία ασύρματη ελέγχου καρδιάς συσκευή σε μία μονάδα καταγραφής δεδομένων από το κρεβάτι του ασθενή της.

Κανένα ποσό επικοινωνίας μέσω του W δεν θα επιτρέψει την ασφαλή ανταλλαγή κλειδιών έτσι απαιτείται out-of-band επικοινωνία.. Ειδικότερα, η standart μέθοδος για ένα link-level κλειδί δύο συσκευών που συνδέονται μεταξύ τους με Bluetooth στηρίζεται στις out-of-band ενέργειες ενός ή περισσότερων χρηστών. Ένα ψηφίο string που επιλέγεται σε μία συσκευή, πρέπει να εγγράφεται από ένα χρήστη σε άλλη συσκευή. Αλλά η μέθοδος αυτή συχνά δεν πραγματοποιείται με ασφάλεια, δεδομένου ότι απλές και σύντομες ψηφίο strings, όπως η «0000» τείνουν να χρησιμοποιούνται, τα οποία οι επιτιθέμενοι μπορούν να μάθουν από επίμονη έρευνα.

Μια άλλη προσέγγιση για την επίλυση του προβλήματος ασφαλής σύνδεσης είναι να χρησιμοποιείται ένα δευτερεύον κανάλι πλευρά με ορισμένες φυσικές ιδιότητες. Ειδικότερα, η διάδοση των σημάτων πέρα από αυτό το δευτερεύον κανάλι περιορίζεται στη γωνία, στην κάλυψη ή στον συγχρονισμό (or a combination of those). (ή σε συνδυασμό αυτών). Σε ένα πρώτο βαθμό προσέγγισης, μπορούμε να συμπεράνουμε τις ιδιότητες σχετικά με τον αποστολέα ή τον αποδέκτη των μηνυμάτων στους σταθμούς αυτούς που θα μας επιτρέπουν την ανάπτυξη της ασφαλούς σύνδεσης με μια φυσικά αποδειγμένη συσκευή, όπως θα αναφέρουμε παρακάτω. Ο [Kindberg et al. 2002b] τα αποκαλεί φυσικά περιορισμένα κανάλια (*physically constrained channels*), είναι ο όρος που χρησιμοποιούμε εδώ. Ο [Balfanz et al. 2002] αναφέρεται κανάλια περιορισμένης θέσης (*location-limited channels*). Οι Stajano και Anderson [1999] πρώτοι αξιοποίησαν ένα τέτοιο κανάλι, με τη μορφή φυσικής επαφής. Εμείς κάναμε αναφορά σε μερικά παραδείγματα από αυτά τα κανάλια για τους σκοπούς της φυσικής σύνδεσης συσκευής στο τμήμα 16.2.2.

Σε ένα σενάριο, μία από τις συσκευές δημιουργεί ένα νέο κλειδί συνόδου και το στέλνει στο άλλο μέσω ενός *receive-constrained* καναλιού, το οποίο παρέχει ένα βαθμό μυστικότητας - δηλαδή, περιορίζει ποιές συσκευές μπορούν να λάβουν το κλειδί αυτό. Μερικά παραδείγματα των τεχνολογιών για τη λήψη σε περιορισμένα κανάλια είναι οι εξής:

- Φυσική επαφή (Physical contact.). Κάθε συσκευή έχει τερματικούς σταθμούς για άμεση ηλεκτρική σύνδεση [Stajano και Anderson, 1999]. Βλέπε σχήμα 8.1.



Σχήμα 8.1 Secure device association using physical contact

- Υπέρυθρες (Infrared). Υπέρυθρες ακτίνες μπορούν να γίνουν κατεύθυνσης με ακρίβεια περίπου 60 βαθμούς και μειώνεται η απόδοση τους από τους τοίχους και τα παράθυρα. Ένας χρήστης μπορεί 'beam' το κλειδί στην απαιτούμενη συσκευή δέκτη σε απόσταση μέχρι και περίπου ένα μέτρο [Balfanz et al. 2002].
- Ήχος (Audio). Τα δεδομένα μπορούν να διαβιβαστούν σαν διαμορφώσεις ενός σήματος ήχου, όπως παίζει η μουσική απαλά σε ένα δωμάτιο, αλλά ακούγεται και λίγο πέρα από αυτό [Madhavapeddy et al.2003].
- Λέιζερ (Laser). Αυτή η μέθοδος επιτρέπει μεγαλύτερη ακρίβεια από ό, τι οι άλλες τεχνικών εμβέλειας.
- Barcode and camera. Μία συσκευή εμφανίζει το μυστικό κλειδί ως ένα γραμμικό κώδικα (ή άλλη κωδικοποιημένη εικόνα) στην οθόνη του, την οποία η άλλη συσκευή – που είναι εξοπλισμένη με μια κάμερα, όπως το τηλέφωνο με κάμερα - διαβάζει και αποκωδικοποιεί. Αυτή η ακρίβεια μεθόδου είναι αντίστροφη σε σχέση με την απόσταση μεταξύ των συσκευών.

Σε γενικές γραμμές, φυσικά περιορισμένα κανάλια παρέχουν μόνον ένα περιορισμένο βαθμό ασφάλειας. Ένας εισβολέας με ένα αρκετά ευαίσθητο δέκτη μπορεί να κρυφακούσει υπέρυθρα ή ακουστικά, Ένας εισβολέας με μια ισχυρή κάμερα μπορεί να είναι σε θέση να διαβάσει ένα γραμμικό κώδικα, ακόμη και σε μια μικρή οθόνη. Το φως λέιζερ υπόκειται στην ατμοσφαιρική διασπορά, αν και οι κβαντικές τεχνικές διαμόρφωσης μπορούν να καταστήσουν το διεσπαρμένο σήμα άχρηστο σε έναν ωτακουστή [Gibson et al. 2004]. Ωστόσο, όταν επεκτείνονται οι τεχνολογίες στις κατάλληλες περιστάσεις, οι επιθέσεις απαιτούν ιδιαίτερες προσπάθειες και η ασφάλεια που λαμβάνεται μπορεί να είναι αρκετά καλή για καθημερινή χρήση.

Μια δεύτερη προσέγγιση για την ασφαλή ανταλλαγή ενός κλειδιού συνόδου είναι να χρησιμοποιήσουμε ένα περιορισμένο κανάλι για την φυσική επικύρωση του δημόσιου κλειδιού σε μία συσκευή, η οποία την διαβιβάζει στην άλλη συσκευή. Οι συσκευές τότε συμμετάσχουν σε ένα πρότυπο πρωτόκολλο για να ανταλλάξουν ένα κλειδί συνόδου χρησιμοποιώντας το επικυρωμένο δημόσιο κλειδί. Φυσικά, αυτή η μέθοδος προϋποθέτει ότι οι συσκευές είναι αρκετά ισχυρές να εκτελέσουν κρυπτογραφία δημόσιου κλειδιού.

Ο απλούστερος τρόπος για να επικυρωθεί το δημόσιο κλειδί της συσκευής είναι να το στείλει σε ένα *send-constrained* κανάλι, το οποίο επιτρέπει σε ένα χρήστη να επικυρώσει το κλειδί, όπως προέρχεται από την εν λόγω φυσική συσκευή. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι να εφαρμοστούν κατάλληλα *send-constrained* κανάλια. Για παράδειγμα, η φυσική επαφή παρέχει ένα *send-constrained* κανάλι αφού μόνο μία άμεσα συνδεδεμένη συσκευή μπορεί να στείλει στο κανάλι.

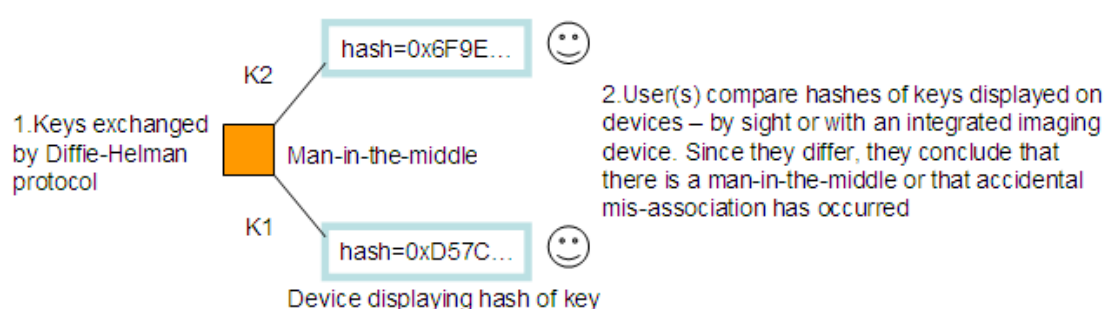
Μια τρίτη προσέγγιση που χρησιμοποιεί φυσικά περιορισμένα κανάλια είναι για τις συσκευές να ανταλλάξουν ένα κλειδί συνόδου αισιόδοξα αλλά ανασφαλώς, και στη συνέχεια να χρησιμοποιήσει ένα φυσικό περιορισμένο κανάλι για να επικυρώσει το κλειδί - δηλαδή, να χρησιμοποιήσει ένα φυσικό περιορισμένο κανάλι για να βεβαιωθεί ότι το κλειδί κατέχεται μόνο από την απαιτούμενη φυσική πηγή.

Πρώτα πρέπει να εξετάσουμε πώς θα ανταλλάξουμε ένα κλειδί συνόδου αυθόρμητα, αλλά ενδεχομένως με λανθασμένο τρόπο, και στην συνέχεια θα εξετάσουμε ορισμένες τεχνολογίες για την επικύρωση της ανταλλαγής. Αν η επαλήθευση αποτύχει, τότε η διαδικασία μπορεί να επαναληφθεί.

Στο τμήμα 5.2 περιγράψαμε τις φυσικής και ανθρώπινης μεσολάβησης τεχνικές για τη σύνδεση δύο συσκευών, όπως το δύο πλήκτρων πρωτόκολλο στο οποίο οι συσκευές δικτύου ανταλλάσαν τις διευθύνσεις τους όταν οι άνθρωποι πιέζαν τα κουμπιά τους σχεδόν ταυτόχρονα. Είναι εύκολο να προσαρμοστεί το εν

λόγω πρωτόκολλο, έτσι ώστε οι συσκευές να ανταλλάξουν τα κλειδιά συνόδου χρησιμοποιώντας το Diffie-Hellman πρωτόκολλο [Diffie και Hellman, 1976]. Αλλά, ως έχει, η μέθοδος δεν είναι ασφαλής: είναι ακόμα δυνατό για διαφορετικές ομάδες χρηστών να κάνουν τυχαία λανθασμένη σύνδεση συσκευών με το τρέξιμο το πρωτόκολλο ταυτόχρονα, και για κακόβουλους παράγοντες να ξεκινήσουν οι man-in-the-middle επιθέσεις.

Οι ακόλουθες τεχνικές μας επιτρέπουν να επικυρωθεί ένα κλειδί πριν τις χρησιμοποιήσουμε. Περιλαμβάνουν τα στέλνω-περιορισμένα κανάλια (send-constrained channels) αν και τα λαμβάνω-περιορισμένα κανάλια (receive-constrained channels) θα μπορούσαν επίσης να χρησιμοποιηθούν. Είναι μια ιδιότητα του Diffie -Hellman πρωτόκολλου ότι ένας άνθρωπος στη μέση δεν μπορεί (εκτός με αμελητέα πιθανότητα) να ανταλλάξει το ίδιο κλειδί με κάθε συσκευή, ώστε να μπορούμε να επικυρώσουμε την ένωση, συγκρίνοντας τα ασφαλή κλειδιά κατακερματισμού των κλειδιών που λαμβάνονται από τις δύο συσκευές μετά τη λειτουργία του Diffie -Hellman πρωτόκολλου (σχήμα 8.2).



Σχήμα 8.2 Detecting a man-in-the-middle

- Εμφανίσεις hashes (Displayed hashes). Ο Stajano και Ο Anderson τόνισαν ότι κάθε συσκευή που θα μπορούσε να εμφανίσει το hash του δημόσιου κλειδιού του (public key) ως δεκαεξαδικούς χαρακτήρες ή σε κάποια άλλη μορφή που οι άνθρωποι να μπορούν να συγκρίνουν. Ωστόσο, ισχυρίστηκαν ότι αυτό το είδος ανθρώπινης συμμετοχής είναι πολύ επιρρεπής σε λάθη. Η παραπάνω μέθοδος, barcode θα ήταν πιο αξιόπιστη μέθοδος, αυτή η μέθοδος είναι άλλο ένα παράδειγμα χρήσης ενός περιορισμένου καναλιού: η οπτική διαδρομή μεταξύ της οθόνης ενός προϊόντος και της κάμερας της άλλης, έφερε κοντά για να το μεταδίδει με ασφάλεια την ασφαλή hash από την απαιτούμενη συσκευή .
- Υπερηχογράφημα (Ultrasound.). Ένα σήμα υπερήχων, σε συνδυασμό με ένα σήμα radio, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να συμπεράνει την απόσταση και την κατεύθυνση της συσκευής η οποία έστειλε ένα hash, χρησιμοποιώντας τεχνικές παρόμοιες με εκείνες που χρησιμοποιούνται για την Active Bat που περιγράφονται στο τμήμα 7.3 [Kindberg και Zhang 2003b] .

Όσον αφορά την εξέταση όλων των παραπάνω μεθόδων, διαφέρουν ως προς το βαθμό ασφάλειας που παρέχουν, λόγω των ιδιοτήτων των περιορισμένων καναλιών, αλλά όλα είναι κατάλληλα για αυθόρμητη ένωση. Δεν απαιτείται η online πρόσβαση σε οποιοδήποτε άλλο συστατικό. Κανένας δεν απαιτεί από τους χρήστες να επικυρώσουν τον εαυτό τους ή να ανακαλύψουν τα ηλεκτρονικά ονόματα τους ή τα προσδιοριστικά των συσκευών τους – αντ' αυτού, στους χρήστες παρέχονται τα φυσικά στοιχεία για το ποιές συσκευές είναι με ασφάλεια ενωμένες Με την παραδοχή αυτή, οι χρήστες έχουν δημιουργήσει εμπιστοσύνη σε αυτές τις συσκευές (και των χρηστών τους). Φυσικά, η ασφάλεια που έχει επιτευχθεί είναι τόσο καλή όσο και η αξιοπιστία των συσκευών που συμμετέχουν:

είναι δυνατόν «να συνδέσει με ασφάλεια» (*securely associate*), μια συσκευή με μία άλλη, που στην πραγματικότητα ξεκινά μια επίθεση.

Ο [Stajano και O Aderson, 1999 / Stajano 2002] χρησιμοποίησαν φυσικά περιορισμένα κανάλια στο πλαίσιο του 'resurrecting duckling' πρωτοκόλλου. Το πρωτόκολλο αυτό έχει σχέση με το παράδειγμα της ασύρματης οθόνης για την παρακολούθηση της καρδιάς, όπου πολλές πανομοιότυπες συσκευές πρέπει να συνδέονται και να συνδέονται εκ νέου ασφαλώς μεταξύ των ασθενών.

8.2.2 Επικύρωση βασισμένη στην τοποθεσία (Location-based authentication)

Τα παραδείγματα του επισκέπτη που χρησιμοποιεί την υπηρεσία προβολής ενός σεμιναρίου και η εκτύπωση εγγράφων ενός χρήστη σε ένα καφέ μπορεί να εξεταστούν στο πλαίσιο των επισκεπτών και των διοικητικών υπαλλήλων. Από την όψη των επισκεπτών, αυτοί μπορούν με ασφάλεια να συνδέσουν τη συσκευή τους στον προβολέα ή εκτυπωτή με χρήση ενός από τα παραπάνω φυσικά περιορισμένα κανάλια, με σκοπό την προστασία της ιδιωτικής ζωής και της ακεραιότητας των δεδομένων τους (αν και η εκτύπωση ενός ευαίσθητου εγγράφου σε μια καφετέρια μπορεί να απειρίσκεπτη).

Αλλά οι διαχειριστές του καθενός από αυτά τα έξυπνα διαστήματα έχουν επιπλέον απαιτήσεις: καθώς θέλουν οι επισκέπτες τους να απολαμβάνουν την ασφάλεια, θα πρέπει να εφαρμόσουν τον έλεγχο της πρόσβασης. Μόνο οι άνθρωποι φυσικά στα διαστήματά τους ((ομιλητές στο δωμάτιο σεμιναρίου τους, άνθρωποι που πίνουν τον καφέ τους), θα πρέπει να είναι σε θέση να χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες τους. Και όμως, όπως έχουμε εξηγήσει, το να επικυρώνεις ταυτότητες των χρηστών μπορεί να είναι ακατάλληλο, λόγω των απαιτήσεων των επισκεπτών για προστασία της ιδιωτικής ζωής τους, και η ανάγκη των διοικητών να ενσωματώσουν ένα ρεύμα των χρηστών και των συσκευών που εμφανίζονται αυθόρμητα και εξαφανίζονται.

Μια προσέγγιση για την έγκριση που ικανοποιεί τις απαιτήσεις αυτές είναι η βάση του ελέγχου της πρόσβασης για τη θέση (*location*) των υπηρεσιών στους πελάτες της, παρά την ταυτότητά τους. Ο [Kindberg et al. 2002b] περιγράφει ένα πρωτόκολλο για τον έλεγχο ταυτότητας της θέσης των πελατών χρησιμοποιώντας ένα φυσικό περιορισμένο κανάλι που διαποτίζει το έξυπνο χώρο, αλλά δεν φθάνει πέρα από αυτό. Παραδείγματος χάριν, το κανάλι θα μπορούσε να κατασκευαστεί βάσει του παίζοντας μουσική σε ένα καφέ ή με υπέρυθρες σε μια αίθουσα συσκέψεων. Υπάρχει επίσης ένα πληρεξούσιο γνησιότητας της τοποθεσίας (*location authentication proxy*) που ενσωματώνεται στο αντίστοιχο έξυπνο διάστημα - αυτό είναι, άμεσα συνδεδεμένο με το ίδιο περιορισμένο κανάλι - την οποία θέση-συγκεκριμένες υπηρεσίες εμπιστεύονται. Για παράδειγμα, η Acme εταιρεία café μπορεί να θέλει να επαφέρει πελάτες της στην αλυσίδα της με δωρεάν downloads μέσα ενημέρωσης, αλλά θέλει να διασφαλίσει ότι κανείς έξω από μια καφετέρια Acme δεν θα μπορεί να έχει πρόσβαση στα μέσα ενημέρωσης, ακόμη και αν η λήψη υπηρεσιών είναι συγκεντρωτική και συνδεδεμένη στο Internet. Το πρωτόκολλο υποθέτει ότι είναι οι χρήστες των υπηρεσιών πρόσβασης μέσω ενός web browser και χρησιμοποιεί web-εκ νέου κατεύθυνση, έτσι ώστε οι συσκευές των επισκεπτών να λαμβάνουν διαφανή απόδειξη.

Ο [Sastry et al. 2003] χρησιμοποιεί χρονικά περιορισμένα κανάλια χρησιμοποιώντας υπέρυθρους για να επαληθεύσει τις αξιώσεις θέσης. Η βάση του πρωτοκόλλου τους είναι ότι, Η βάση του πρωτοκόλλου τους είναι ότι, δεδομένου ότι η ταχύτητα του ήχου είναι φυσικά περιορισμένη, μόνο μια συσκευή που είναι όταν ισχυρίζεται ότι μπορεί να μεταδώσει ένα μήνυμα αρκετά γρήγορα ώστε να είναι υπέρηχο σε έναν προορισμό στη θέση, όταν επαναλαμβάνοντας μία nonce που περιέχονται στην αίτηση πακέτων.

Όπως και με ασφαλή σύνδεση της συσκευής, η γνησιότητα της τοποθεσίας εξασφαλίζει μόνο ένα σύστημα σε περιορισμένο βαθμό. Ακόμη και αν μια υπηρεσία

έχει επαληθεύσει ο πελάτης να είναι σε καλή θέση (*bona fide location*), ότι ο πελάτης θα μπορούσε ωστόσο να είναι κακόβουλος και να ενεργήσει ως μεσολαβητής για τους πελάτες σε άλλες τοποθεσίες.

8.2.3 Προστασία ιδιωτικής ζωής (Privacy protection)

Η Location-based επικύρωση καταδεικνύει μια ανταλλαγή που την καθιστά δύσκολη να προστατεύσει την ιδιωτική ζωή στα πτητικά συστήματα: ακόμα κι αν ο χρήστης παρακρατά την ταυτότητά τους, αυτός ή αυτή αποκαλύπτει μια θέση που μπορεί να συνδεθεί ασυναίσθητα με άλλους τύπους και που ενδεχομένως να προσδιορίσει τις πληροφορίες. Τα μέτρα προστασίας απαιτούνται σε όλα τα κανάλια των οποίων οι πληροφορίες για το χρήστη μπορούν να διατρήξουν. Παραδειγματος χάριν, ακόμα κι αν ένας χρήστης έχει πρόσβαση σε μια ηλεκτρονική υπηρεσία ανώνυμα σε ένα cafe, η ιδιωτική του ζωή μπορεί να καταστραφεί εάν μια κάμερα τον καταγράφει. Και εάν ένας χρήστης πρέπει να πληρώσει για μια υπηρεσία έπειτα πρέπει να παρέχουν τις ηλεκτρονικές λεπτομέρειες πληρωμής, ακόμα κι αν κάνουν έτσι μέσω ενός τρίτου. Μπορούν επίσης να αγοράσουν τα αγαθά που πρέπει να παραδοθούν φυσικά στη διεύθυνσή τους. Στο επίπεδο συστημάτων, η βασική απειλή είναι ότι, συνειδητά ή ασυναίσθητα, οι χρήστες παρέχουν τα προσδιοριστικά των διάφορων ειδών στα έξυπνα διαστήματα όταν τα επισκέπτονται και έχουν πρόσβαση σε υπηρεσίες εκεί. Κατ' αρχάς, μπορούν να παρέχουν τα ονόματα και τις διευθύνσεις στις προσβάσεις υπηρεσιών.

Δεύτερον, οι διεπαφές δικτύου του Bluetooth ή του IEEE 802.11 για τις προσωπικές συσκευές τους, κάθε μία διατηρεί μια σταθερή διεύθυνση MAC επιπέδου, που θα είναι ορατή σε άλλες συσκευές, όπως τα σημεία πρόσβασης. Τρίτον, εάν οι χρήστες φέρνουν ετικέτες όπως τις ετικέτες RFID (παραδειγματος χάριν, αυτοί που ενσωματώνονται στα ενδύματά τους έτσι ώστε τα έξυπνα διαστήματα - πλυντήρια ρούχων τους μπορούν αυτόματα να επιλέξουν έναν κατάλληλο κύκλο πλύσης), κατόπιν τα έξυπνα διαστήματα θα μπορούσαν ενδεχομένως να αισθανθούν εκείνες τις ετικέτες στις πόρτες και σε άλλα σημεία 'pinch-points'. Οι RFID θεωρούνται παγκοσμίως μοναδικές και μπορεί να χρησιμοποιηθούν τόσο για τον εντοπισμό του χρήστη του με αυτές (όπως το είδος των ρούχων που φορούν), καθώς και για σκοπούς παρακολούθησης.

Οποιοσδήποτε η πηγή τους, τα προσδιοριστικά μπορούν να συνδεθούν με μια θέση και μια δραστηριότητα σε μία δεδομένη στιγμή, και μπορούν έτσι *potentially* να συνδεθούν με τις προσωπικές πληροφορίες του χρήστη. Οι χρήστες σε ένα έξυπνο διάστημα μπορούν να κρυφακούσουν και να συλλέξουν τα προσδιοριστικά. Εάν τα έξυπνα διαστήματα (ή οι υπηρεσίες που ενσωμάτωσαν στα έξυπνα διαστήματα) συνεργούν, κατόπιν θα μπορούσαν να ακολουθήσουν τα προσδιοριστικά στις θέσεις και να συμπεράνουν τις μετακινήσεις, όλες που οδηγούν ενδεχομένως στην απώλεια της ιδιωτικής ζωής.

Η έρευνα είναι σε εξέλιξη στο πώς να κάνει αυτό που είναι σήμερα δύσκολο στην καλωδίωση αναγνωριστικών στοιχείων (όπως ασύρματα διευθύνσεις MAC Η RFID και) σε «ήπιες» διευθύνσεις ('soft' addresses), που μπορούν να αντικατασταθούν από καιρό σε καιρό για να εμποδίσουν την παρακολούθηση. Η δυσκολία με τις MAC διευθύνσεις (όπως και τις διευθύνσεις δικτύων πιο υψηλού επιπέδου όπως οι διευθύνσεις IP) είναι ότι η αλλαγή τους προκαλεί διαταραχές στην επικοινωνία, το οποίο πρέπει να αλλαχτεί έναντι της προστασίας της ιδιωτικής ζωής [Gruteser and Grunwald 2003]. Η δυσκολία με τις RFID είναι ότι, ενώ μια RFID-που φέρει ο χρήστης δεν θέλει να παρακολουθείται από τους «λάθος» αισθητήρες, σε γενικές γραμμές, ο χρήστης θέλει μια RFID ετικέτα να διαβάζεται από «σωστούς» αισθητήρες. Μια τεχνική για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος είναι η ετικέτα για χρήση (one-way) hash λειτουργίες τόσο για την αντικατάσταση των αποθηκευμένων αναγνωριστικό όσο και για την δημιουργία εκπεμπόμενου αναγνωριστικού, κάθε φορά που διαβάζεται [Ohkubo et al. 2003]. Μόνο ένα εμπιστευμένο συμβαλλόμενο μέρος που ξέρει το αρχικό μοναδικό

προσδιοριστικό της ετικέτας μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα εκπεμπόμενο προσδιοριστικό για να ελέγξει ποια ετικέτα διαβάστηκε. Επιπλέον, δεδομένου ότι οι ετικέτες περνούν το αποθηκευμένο προσδιοριστικό τους μέσω μιας μονόδρομης hash λειτουργίας πριν εκπέμψουν, οι επιτιθέμενοι είναι ανίκανοι (εκτός αν μπορούν να πειράξουν την ετικέτα) να μάθουν το αποθηκευμένο προσδιοριστικό και έτσι την υποκριτική ετικέτα – παραδείγματος χάριν, με την ψευδή πρόθεση ότι ένας κολλημένος χρήστης ήταν παρών στον τόπο ενός εγκλήματος.

Γυρίζοντας στα προσδιοριστικά λογισμικού που οι πελάτες παρέχουν στις υπηρεσίες, μια προφανής προσέγγιση στην ιδιωτικότητα προστασίας *hels* είναι στο *substitute* καθεμία ένα ανώνυμο προσδιοριστικό – ένα που επιλέγεται τυχαία για κάθε αίτημα υπηρεσιών – ή ένα **ψευδώνυμο**: ένα ψεύτικο προσδιοριστικό που εν τούτοις χρησιμοποιείται με συνέπεια για τον ίδιο πελάτη για κάποια χρονική περίοδο. Το πλεονέκτημα ενός ψευδωνύμου πέρα από ένα ανώνυμο προσδιοριστικό είναι ότι επιτρέπει σε έναν πελάτη να χτίσει μια σχέση εμπιστοσύνης ή μια καλή φήμη με μια δεδομένη υπηρεσία αλλά χωρίς απαραίτητως να αποκαλύψει την αληθινή του ταυτότητα.

Θα ήταν πάρα πολύ επίμοχθο για έναν χρήστη να διαχειριστεί τα ανώνυμα ή ψευδώνυμα προσδιοριστικά έτσι αυτό τώρα γίνεται κανονικά από ένα τμήμα συστημάτων αποκαλούμενο ένα **πληρεξούσιο μυστικότητας** (*a privacy proxy*). Το πληρεξούσιο μυστικότητας είναι ένα συστατικό που ο χρήστης εμπιστεύεται για να διαβιβάσει όλα τα αιτήματα υπηρεσιών ανώνυμα. Κάθε μια από τις συσκευές του χρήστη έχει ένα ασφαλές, ιδιωτικό κανάλι στο πληρεξούσιο μυστικότητας. Ανώνυμα προσδιοριστικά ή ψευδώνυμα υποτίτλων εκείνου του πληρεξούσιου για όλα τα αληθινά προσδιοριστικά στα αιτήματα υπηρεσιών.

Ένα πρόβλημα με ένα πληρεξούσιο μυστικότητας είναι ότι είναι ένα κεντρικό σημείο της ευπάθειας: αν επιτεθούν επιτυχώς στο πληρεξούσιο, τότε όλες οι χρήσεις των υπηρεσιών του πελάτη αποκαλύπτονται. Ένα άλλο πρόβλημα είναι ότι τα πληρεξούσια δεν κρύβουν ποιά υπηρεσία έχει πρόσβαση ο χρήστης. Ένας ωτακουστής ή συνεργοί σύνολο ωτακουστές θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει την ανάλυση της κυκλοφορίας: δηλαδή, θα μπορούσε να παρατηρήσει συσχέτιση της κυκλοφορίας μεταξύ των μηνυμάτων που απορρέουν από ή προς τη συσκευή ενός συγκεκριμένου χρήστη και τα μηνύματα που απορρέουν από ή προς μια συγκεκριμένη υπηρεσία – εξετάζοντας τέτοιους παράγοντες όπως το συγχρονισμό και τα μεγέθη των μηνυμάτων.

Η *Mίξη* (*Mixing*) είναι μια στατιστική τεχνική για το συνδυασμό της επικοινωνίας από πολλούς χρήστες με τρόπο ώστε οι επιτιθέμενοι να μην μπορούν να διαχωρίσουν εύκολα ενέργειες ενός χρήστη από ένα άλλο, και, επομένως, συμβάλλοντας στη διατήρηση της ιδιωτικής ζωής του χρήστη. Μια εφαρμογή της μίξης είναι να αντιπαραβληθεί ένα δίκτυο επικαλύψεων των πληρεξούσιων που κρυπτογραφούν, αθροίζουν, ξαναπαραγγέλλουν και διαβιβάζουν τα μηνύματα μεταξύ τους για διάφορους λυκίσκους αφότου έχουν εισαγάγει το δίκτυο, με έναν τρόπο που το κάνει για να συσχετίσει σκληρά οποιοδήποτε μήνυμα που εισάγει το δίκτυο από έναν πελάτη ή μια υπηρεσία με οποιοδήποτε μήνυμα που αφήνει, αντίστοιχα σε μια υπηρεσία ή σε έναν πελάτη [[Cham 1981](#)]. Κάθε πληρεξούσιο εμπιστεύεται και μοιράζεται τα κλειδιά μόνο με τους γείτονές του. Θα ήταν δύσκολο να συμβιβαστεί το δίκτυο χωρίς τη συνεργία όλων των πληρεξούσιων. Ο [[Al-Muhtadi et al. 2002](#)] περιγράφει μια αρχιτεκτονική για τη ανώνυμη δρομολόγηση μηνυμάτων από έναν πελάτη σε ένα έξυπνο χώρο για τις υπηρεσίες.

Μια άλλη εφαρμογή της μίξης είναι να κρυφτούν οι θέσεις των χρηστών με την εκμετάλλευση της παρουσίας πολλών χρηστών σε κάθε θέση. Οι [[Beresford and Stajano, 2003](#)] περιγράφουν ένα σύστημα για τις επισκιάσμένες τοποθεσίες των χρηστών μέσω της χρήσης των μίγμα ζωνών (*mix zones*), τα οποία είναι περιοχές όπου οι χρήστες δεν έχουν πρόσβαση στις υπηρεσίες *location-aware*, όπως οι διάδρομοι μεταξύ των έξυπνων δωματίων. Η ιδέα είναι ότι οι χρήστες αλλάζουν τις ψευδώνυμες ταυτότητές τους στις ζώνες μίγμάτων, όπου κανενός χρήστη η θέση δεν είναι γνωστή. Εάν οι μίγμα ζώνες (*mix zones*) είναι αρκετά μικρές περιοχές και αν αρκετοί άνθρωποι περνούν μέσα από αυτές, τότε ζώνες

μίγμα (mix zones) μπορεί να παίζουν ρόλο παρόμοιο με ένα δίκτυο από ανώνυμα πληρεξούσια.

8.3 Περίληψη και προοπτική

Αυτό το τμήμα παρέχει μια εισαγωγή στα προβλήματα την ασφάλεια και τη μυστικότητα στα πτητικά συστήματα, και μια σύντομη ματιά σε κάποιες απόπειρες λύσεων, συμπεριλαμβανομένης της ασφαλούς αυθόρμητης ένωσης, επικύρωση βασισμένη στη θέση (location-based authentication), καθώς και διάφορες τεχνικές που αποσκοπούν στην προστασία της ιδιωτικής ζωής. Αυτό είναι ένας σημαντικός τομέας της έρευνας: στην ασφάλεια και, ειδικότερα, στην προστασία της ιδιωτικής ζωής ίσως αποδεικνύονται εμπόδια στη χρήση των πτητικών συστημάτων.

Κεφάλαιο 9 Προσαρμογή (Adaptation)

Οι συσκευές στα πτητικά συστήματα που μελετώνται σε αυτό το κεφάλαιο είναι πιο ετερογενείς από τα PCs σε δύναμη επεξεργασίας, σε I/O ικανότητες, όπως το μέγεθος της οθόνης, το εύρος ζώνης του δικτύου, τη μνήμη και την χωρητικότητα ενέργειας. Η ετερογένεια είναι απίθανο να διευκολύνει σημαντικά λόγω των πολλαπλάσιων σκοπών που έχουμε για τις συσκευές. Οι απαιτήσεις της μεταφοράς και της ενσωμάτωσης των συσκευών σημαίνουν ότι οι συσκευές που είναι οι φτωχότερες και οι πλουσιότερες σε πόρους όπως η ενέργεια και το μέγεθος οθόνης είναι πιθανό να συνεχίσουν να διαφέρουν σε μεγέθη. (η μόνη γενική θετική τάση στους πόρους είναι στην όλο και περισσότερο πυκνή αλλά προσιτή επίμονη αποθήκευση [Want and Pering 2003]. Και τι είναι σίγουρο που δεν θα αλλάξει, ατενίζοντας το μέλλον, είναι η παρουσία αλλαγής του χρόνου εκτέλεσης: runtime συνθήκες, όπως το διαθέσιμο εύρος ζώνης και η ενέργεια είναι επιρρεπείς στο να αλλάξουν ριζικά.

Αυτό το τμήμα εισάγει τα *adaptive* συστήματα: αυτά που βασίζονται σε ένα μοντέλο διαφορετικών πόρων, και που προσαρμόζουν την runtime συμπεριφορά τους για την τρέχουσα διαθεσιμότητα των πόρων. Ο στόχος των προσαρμοστικών συστημάτων (*adaptive systems*) είναι να φιλοξενήσει ετερογένεια, επιτρέποντας την επαναχρησιμοποίηση λογισμικού σε περιβάλλοντα που ποικίλλουν σε παράγοντες όπως τις δυνατότητες της συσκευής και τις προτιμήσεις των χρηστών, και να προσαρμόσει τους όρους χρέωσης των πόρων χρόνου εκτέλεσης με την προσαρμογή της συμπεριφοράς της εφαρμογής χωρίς τις κρίσιμες ιδιότητες εφαρμογής. επίτευξη των στόχων αυτών μπορεί να είναι εξαιρετικά δύσκολη. Αυτό το τμήμα δίνει μια γεύση και των δύο εκείνων τομέων της προσαρμογής.

9.1 Context-aware προσαρμογή του περιεχομένου (Context-aware adaptation of content)

Στην παράγραφο 6.1 είδαμε ότι μερικές συσκευές στα πτητικά συστήματα παρέχουν περιεχόμενα πολυμέσων η μία στην άλλη. Η Εφαρμογή πολυμέσων λειτουργεί με την ανταλλαγή ή την ροή δεδομένων πολυμέσων, όπως εικόνες, βίντεο και ήχου.

Μια απλή προσέγγιση για την ανταλλαγή περιεχομένου θα ήταν για τους παραγωγούς περιεχομένου να στείλουν το ίδιο περιεχόμενο, ανεξάρτητα από το περιεχόμενο που καταναλώνει η συσκευή, και για αυτήν τη συσκευή να καταστεί το περιεχόμενο κατάλληλο για τις ανάγκες και τους περιορισμούς της. Πράγματι, αυτή η προσέγγιση λειτουργεί μερικές φορές, εφ' όσον το περιεχόμενο μπορεί να προσδιοριστεί επαρκώς αφηρημένο ότι η συσκευή παραλήπτης μπορεί πάντα να βρει μια συγκεκριμένη παράσταση που να ταιριάζει στις ανάγκες της.

Εντούτοις, βγάζει ότι οι παράγοντες όπως οι περιορισμοί εύρους ζώνης και η ετερογένεια συσκευών καθιστούν εκείνη την προσέγγιση μη πρακτική γενικά. Αντίθετα από τα PCs, οι ικανότητες των συσκευών στα πτητικά συστήματα που λαμβάνουν, που επεξεργάζονται, που αποθηκεύουν και που επιδεικνύουν το περιεχόμενο πολυμέσων, ποικίλλουν ευρέως. Τα μεγέθη οθόνης τους ποικίλουν - ορισμένες δεν έχουν καν οθόνη - έτσι στέλνοντας ορισμένου μεγέθους εικόνες και κείμενο με ένα σταθερό μέγεθος γραμματοσειράς, όλα σε μια σταθερή διάταξη, συχνά οδηγεί σε ανεπαρκή αποτελέσματα. Οι συσκευές μπορούν ή δεν μπορούν να έχουν όλες τις άλλες μορφές του I/O που θεωρούνται αυτονόητες σε προσωπικούς υπολογιστές: πληκτρολόγια, μικρόφωνα, ακουστική παραγωγή, κ.λπ. ακόμα κι αν μια συσκευή έχει το I/O υλικό για να δώσει μια μορφή περιεχομένου όπως το βίντεο, ενδέχεται να μην έχει το λογισμικό που απαιτείται για μια δεδομένη κωδικοποίηση. (παραδείγματος χάριν, MPEG ή Quicktime) ή μπορεί να έχει τους ανεπαρκείς πόρους μνήμης ή επεξεργασίας για να δώσει τα μέσα στην πλήρη πίστη, όπως το βίντεο στο πλήρες ποσοστό ψηφίσματος ή πλαισίων. Τέλος, μια συσκευή μπορεί να έχει όλους τους πόρους για να δώσει την περιεκτικότητα σε

δωρητές, αλλά εάν το εύρος ζώνης στη συσκευή είναι πάρα πολύ χαμηλό, δεν μπορεί να σταλεί εκτός αν συμπιεστεί κατάλληλα.

Γενικότερα, το περιεχόμενο που μια υπηρεσία πρέπει να παραδώσει σε μία δεδομένη συσκευή είναι μία λειτουργία του πλαισίου (context): ο παραγωγός μέσων πρέπει να λάβει υπόψη όχι μόνο τις consuming ικανότητες της συσκευής, αλλά και τέτοιους παράγοντες όπως τις προτιμήσεις του χρήστη της συσκευής, και τη φύση του στόχου του/της. Παραδείγματος χάριν, ένας ιδιαίτερος χρήστης μπορεί να προτιμήσει το κείμενο από τις εικόνες σε μια μικρή οθόνη, ένας άλλος μπορεί να προτιμήσει την ακουστική παραγωγή από την οπτική παραγωγή. Επιπλέον, τα στοιχεία που η υπηρεσία παραδίδει μέσα σε ένα κομμάτι του περιεχομένου μπορεί να πρέπει να είναι μια λειτουργία του στόχου του χρήστη. Παραδείγματος χάριν, τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα που απαιτούνται σε έναν χάρτη μιας δεδομένης περιοχής θα εξαρτηθούν από το εάν ο χρήστης είναι ένας τουρίστας που ψάχνει την έλξη ή ένας εργαζόμενος που ψάχνει τα σημεία πρόσβασης υποδομής [Chalmers et al.2004]. σε μια οθόνη περιορισμένης συσκευής, ο χάρτης είναι πιο πιθανό να είναι ευανάγνωστος, αν περιέχει μόνο έναν τύπο χαρακτηριστικών.

Θα ήταν πάρα πολύ επίπονο για τους συντάκτες πολυμεσικών περιεχομένων να δίνουν ξεχωριστές λύσεις για πολλά διαφορετικά πλαίσια. Η εναλλακτική λύση είναι να προσαρμοστούν τα αρχικά στοιχεία προγραμματιστικά σε μια κατάλληλη μορφή, με την επιλογή, την παραγωγή του περιεχομένου, ή το μετασχηματισμό του – ή οποιουδήποτε συνδυασμού εκείνων των τριών διαδικασιών. Μερικές φορές τα αρχικά δεδομένα εκφράζονται ανεξάρτητα από το πώς θα έπρεπε να παρουσιάζονται - για παράδειγμα, τα δεδομένα θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν σε μορφή XML, και τα σενάρια σε eXtensible Style Language. Οι Μετασχηματισμοί (XSLT) χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία αποδοτικών μορφών για ένα δεδομένο πλαίσιο. Σε άλλες περιπτώσεις, το αρχικό στοιχείο είναι ήδη ένας τύπος στοιχείων πολυμέσων, όπως οι εικόνες, σε εκείνη την περίπτωση, η διαδικασία προσαρμογής είναι γνωστή ως *διακωδικοποίηση (transcoding)*. Η προσαρμογή μπορεί να εμφανιστεί μέσα στους τύπους μέσων (παραδείγματος χάριν, επιλέγοντας από τα στοιχεία χαρτών ή μειώνοντας το ψήφισμα θορίου μιας εικόνας) και στους τύπους μέσων (παραδείγματος χάριν, μετατρέποντας το κείμενο σε ομιλία ή *αντίστροφα*, σύμφωνα με την προτίμηση των χρηστών και όχι μόνο).

Το πρόβλημα του περιεχομένου της προσαρμογής έχει λάβει πολλή προσοχή για client-server συστήματα στο διαδίκτυο, ειδικά στο Web. Το πρωτόκολλο HTTP επιτρέπει έναν τύπο περιεχομένου διαπραγμάτευσης : ένας πελάτης καθορίζει τις προτιμήσεις για τους τύπους MIME του περιεχομένου που μπορεί να δεχθεί σε κεφαλίδες στην αίτησή του, ο διακομιστής μπορεί να προσπαθήσει να ταιριάξει με τις προτιμήσεις του περιεχομένου που επιστρέφει. Αλλά ο μηχανισμός είναι υπερβολικά περιορισμένος για context-aware προσαρμογή - για παράδειγμα, ο πελάτης μπορεί να καθορίσει κωδικοποιήσεις εικόνων, , αλλά όχι το μέγεθος της οθόνης της συσκευής. Το World Wide Web Consortium (W3C), μέσω της Device Independence working group [www.w3 XIX], και η Open Mobile Alliance (OMA) [www.openmobilealliance.org] αναπτύσσουν πρότυπα σύμφωνα με τα οποία οι δυνατότητες της συσκευής και οι διαμορφώσεις της μπορούν να εκφράζονται με λεπτομέρεια. Το W3C παρήγαγε το Composite Capabilities/Preferences profile (CC/PP) για να επιτραπεί σε συσκευές διαφόρων τάξεων να προσδιορίσουν τις δυνατότητες και τις διαμορφώσεις τους, όπως το μέγεθος της οθόνης και το εύρος ζώνης. Η προδιαγραφή του OMA's *user agent profile* προσφέρει ένα CC / PP λεξιλόγιο για κινητά τηλέφωνα. Μπορεί να είναι τόσο λεπτομερείς για ένα συγκεκριμένο προϊόν με σκοπό την επέκταση πάνω από 10KB. Ένα τέτοιο προφίλ θα ήταν υπερβολικά δαπανηρό σε εύρος ζώνης και ενέργεια για να στείλουν μαζί με τις αιτήσεις, οπότε ένα κινητό τηλέφωνο στέλνει μόνο το URI του προφίλ του σε μια κεφαλίδα αίτησης. Ο διακομιστής ανακτά τις προδιαγραφές για την παροχή αντίστοιχου περιεχομένου, και αποθηκεύει προσωρινά τις προδιαγραφές για μελλοντική χρήση.

Ένα σημαντικό είδος προσαρμογής για περιορισμό του εύρους ζώνης συσκευές είναι ειδικοί τύποι συμπίεσης. [Fox et al. 1998] περιγράφει μια αρχιτεκτονική στην οποία τα πληρεξούσια εκτελούν τη συμπίεση στη μύγα μεταξύ των υπηρεσιών (Η οποία μπορεί ή δεν μπορεί να αποτελεί μέρος του ιστού) και των πελατών. Υποστηρίξτε τρία κύρια χαρακτηριστικά γνωρίσματα στην αρχιτεκτονική τους:

- Για να προσαρμόσει το περιορισμένο εύρος ζώνης, η συμπίεση πρέπει να είναι με απώλειες αλλά ειδικά για τον τύπο των media, έτσι ώστε οι σημασιολογικές πληροφορίες να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αποφασίσουν ποιά χαρακτηριστικά των media, είναι σημαντικό να διατηρηθούν. Παραδείγματος χάριν, μια εικόνα μπορεί να συμπιεστεί πετώντας μακριά την χρωματική της πληροφορία.
- Η μετατροπή πρέπει να γίνεται on the fly, διότι στατικά έτοιμες μορφές περιεχομένου δεν θα παρέχουν επαρκή ευελιξία για την αντιμετώπιση των δυναμικών δεδομένων και ένα αυξανόμενο σύνολο των μεταθέσεων των πελατών και των υπηρεσιών.
- Η μετατροπή θα πρέπει να εκτελείται σε proxy servers, ώστε να είναι και οι πελάτες και οι υπηρεσίες με διαφάνεια και να διαχωρίζονται από transcoding ανησυχίες. Ο κώδικας δεν θα πρέπει να ξαναγραφεί, και η δραστηριότητα υπολογισμού έντασης transcoding μπορεί να λειτουργεί σε κατάλληλα επεκτάσιμο υλικό όπως συγκροτήματα από rack-mounted ηλεκτρονικούς υπολογιστές, για να τηρούν latencies σε αποδεκτά όρια.

Όταν πρόκειται για πτητικά συστήματα όπως έξυπνα διαστήματα, πρέπει να επανεξετάσουμε ορισμένες από τις υποθέσεις που διατυπώνονται για το διαδίκτυο και άλλης Διαδίκτυου-κλίμακας προσαρμογής. Τα Πτητικά συστήματα είναι πιο απαιτητικά ως προς το ότι ενδέχεται να απαιτείται προσαρμογή μεταξύ κάθε ζεύγους δυναμικά συσχετισμένων συσκευών, και έτσι η προσαρμογή δεν περιορίζεται σε πελάτη ειδικών υπηρεσιών στην υποδομή. Υπάρχουν τώρα πιθανώς πολλοί περισσότεροι πάροχοι των οποίων το περιεχόμενο θα πρέπει να προσαρμοστεί. Επιπλέον, οι πάροχοι μπορούν επίσης να είναι με περιορισμένους πόρους για την εκτέλεση ορισμένων τύπων προσαρμογής τους εαυτούς τους.

Μια συνέπεια είναι για τα έξυπνα διαστήματα να παρέχουν εξουσιοδοτήσεις στις υποδομές τους για την προσαρμογή του περιεχομένου μεταξύ των πτητικών συστατικών που φιλοξενούν [Kiciman και Fox 2000 / Pnnkanti et al.2001]. Η δεύτερη συνέπεια είναι η ανάγκη να σταθούμε σε ποιους τύπους περιεχομένου προσαρμογής μπορεί και πρέπει να γίνει στις μικρές συσκευές – πιο συγκεκριμένα, η συμπίεση είναι ένα σημαντικό παράδειγμα.

Ακόμη και αν υπάρχει ένα ισχυρό proxy προσαρμογής στην υποδομή, μια συσκευή εξακολουθεί να πρέπει να στείλει τα στοιχεία στο εν λόγω πληρεξούσιο. Συζητήσαμε παραπάνω για το πώς η επικοινωνία είναι ακριβή έναντι της επεξεργασίας. Σε γενικές γραμμές, μπορεί να είναι υψηλότερης ενεργειακής απόδοσης η συμπίεση των δεδομένων πριν από τη διαβίβαση. Ωστόσο, ο τρόπος διεξαγωγής των προσβάσεων μνήμης που γίνονται κατά τη διάρκεια της συμπίεσης έχει μια ισχυρή επίδραση στην κατανάλωση ενέργειας. Ο [Barr και Asanovic, 2003] δείχνουν ότι μπορεί να κοστίζει περισσότερη ενέργεια για να συμπίεσει τα πρώτα στοιχεία που χρησιμοποιούν οι εφαρμογές, αλλά ότι η προσεκτική βελτιστοποίηση της συμπίεσης και αποσυμπίεσης αλγορίθμων, , μπορεί να οδηγήσει σε συνολική κατανάλωση ενέργειας σε σύγκριση με τη διαβίβαση των ασυμπίεστων δεδομένων.

9.2 Προσαρμογή στους μεταβαλλόμενους πόρους του συστήματος (Adapting to changing system resources)

Ενώ οι πόροι του υλικού, όπως το μέγεθος της οθόνης είναι διαφορετικό μεταξύ των συσκευών, είναι τουλάχιστον σταθεροί και γνώριμοι. Σε αντίθεση, οι εφαρμογές στηρίζονται επίσης στους πόρους που υπόκεινται στην αλλαγή του χρόνου εκτέλεσης και που μπορεί είναι δύσκολο να προβλεφθεί, όπως η διαθέσιμη ενέργεια και το εύρος ζώνης του δικτύου. Στην παρούσα ενότητα θα συζητήσουμε τεχνικές για την αντιμετώπιση αυτών των αλλαγών στα επίπεδα των πόρων κατά την εκτέλεση. Θα πούμε για το λειτουργικό σύστημα υποστήριξης για εφαρμογές που τρέχουν σε πτητικά συστήματα (OS support for adaptation to volatile resources), καθώς και υποστήριξη για την υποδομή έξυπνου διαστήματος για ενχancing τους διαθέσιμους πόρους (Taking advantage of smart space resources) με τις εφαρμογές.

9.2.1 Λειτουργικό σύστημα στήριξης της προσαρμογής στους πτητικούς πόρους (OS support for adaptation to volatile resources)

Ο [Satyanarayanan, 2001], περιγράφει τρεις προσεγγίσεις για την προσαρμογή. Μια προσέγγιση είναι οι εφαρμογές να ζητούν και να λαμβάνουν κρατήσεις πόρων. Ενώ οι κρατήσεις των πόρων μπορεί να είναι βολικό για τις εφαρμογές, οι ικανοποιητικές εγγυήσεις QoS είναι μερικές φορές δύσκολο να επιτευχθούν σε πτητικά συστήματα και είναι αδύνατο ακόμη και σε περιπτώσεις όπως στην εξάντληση της ενέργειας. Μια δεύτερη προσέγγιση είναι να ενημερώσει τον χρήστη με τη μεταβολή των επιπέδων των διαθέσιμων πόρων, ώστε να μπορούν να ενεργούν σύμφωνα με την εφαρμογή. Για παράδειγμα, αν το εύρος ζώνης γίνεται χαμηλό, ο χρήστης ενός βίντεο θα μπορούσε να λειτουργήσει ένα slider στην εφαρμογή για να ενεργοποιήσετε τον ρυθμό καρτέ ή την ανάλυση. Η τρίτη προσέγγιση είναι για το λειτουργικό σύστημα να κοινοποιήσει την εφαρμογή των μεταβαλλόμενων συνθηκών των πόρων, καθώς και για την εφαρμογή να προσαρμόσει ανάλογα με τις συγκεκριμένες ανάγκες της.

Η Οδύσσεια [Noble και Satyanarayanan 1999], παρέχει υποστήριξη λειτουργικού συστήματος για εφαρμογές που προσαρμόζονται στις αλλαγές των διαθέσιμων επιπέδων των πόρων, όπως το εύρος ζώνης του δικτύου. Για παράδειγμα, εάν το εύρος ζώνης μειώνεται τότε ένα video player θα μπορούσε να αλλάξει σε ένα βίντεο με λιγότερα χρώματα, ή να ρυθμίσει την ανάλυση ή την ταχύτητα του πλαισίου. Στην αρχιτεκτονική της Οδύσσειας, οι εφαρμογές διαχειρίζονται τύπους δεδομένων, όπως βίντεο ή εικόνες, και καθώς οι συνθήκες των πόρων αλλάζει, ρυθμίζουν την πιστότητα - τύπου ιδιαίτερης ποιότητας - με την οποία μπορεί να καταστούν τα δεδομένα αυτά. Ένα συστατικό του συστήματος που ονομάζεται *viceroys* χωρίζει το σύνολο των πόρων των συσκευών μεταξύ κάθε μίας από τις διάφορες εφαρμογές που τρέχουν σε αυτές. Ανά πάσα στιγμή, κάθε εφαρμογή τρέχει με ένα παράθυρο ανοχής (a *window of tolerance*) στις αλλαγές των συνθηκών των πόρων. Το παράθυρο της ανοχής είναι ένα διάστημα των επιπέδων των πόρων που θα προκριθεί να είναι επαρκώς ευρύς ώστε να είμαστε ρεαλιστές όσον αφορά τις πραγματικές διακυμάνσεις των πόρων, αλλά αρκετά στενό για την εφαρμογή να συμπεριφέρεται περισσότερο ή λιγότερο σταθερή εντός των ορίων αυτών. Όταν το *viceroys* πρέπει να αλλάξει τα επίπεδα των πόρων για μία τιμή έξω από το παράθυρο της ανοχής, θα κάνει ένα *urcall* στην εφαρμογή, η οποία στη συνέχεια αντιδρά αναλόγως. Για παράδειγμα, ένα video player μπορεί να αλλάξει σε άσπρο και μαύρο, αν το εύρος ζώνης επιτύχει σε πολύ χαμηλό επίπεδο. Πέρα από αυτό, θα μπορούσε να προσαρμοστεί ομαλά στο ρυθμό των πλαισίων και / ή στην ανάλυση.

9.2.2 Εκμεταλλεύόμενοι των πόρων των έξυπνων διαστημάτων (Taking advantage of smart space resources)

Για παράδειγμα, η μετατροπή της ομιλίας του χρήστη ομιλία σε κείμενο είναι *aprocessing-intensive* δραστηριότητα, την οποία οι φορητές συσκευές είναι μόλις και μετά βίας σε θέση να εκτελέσουν ικανοποιητικά. Ένας από τους στόχους είναι να αυξηθεί η ικανότητα ανταπόκρισης της εφαρμογής για τον χρήστη – ένας υπολογιστή στην υποδομή μπορεί να έχει πολλές φορές την επεξεργαστική ισχύ των φορητών συσκευών. Αλλά αυτό είναι επίσης ένα παράδειγμα της *energy-aware* προσαρμογής: ο δεύτερος στόχος είναι η εξοικονόμηση μπαταριών της φορητής συσκευής, διαθέτοντας την λειτουργία στο ηλεκτρικό δίκτυο.

Υπάρχουν προκλητικές απαιτήσεις που συνδέονται με το *cyber foraging*. Η εφαρμογή θα πρέπει να αποσυντεθεί με τέτοιο τρόπο ώστε μέρος της να μπορεί να υποστεί επεξεργασία από έναν αποτελεσματικά υπολογιστικό διακομιστή αλλά η εφαρμογή πρέπει ακόμα να λειτουργεί σωστά σε περίπτωση που δεν είναι διαθέσιμος κανένας διακομιστής υπολογισμού. Ο *server* εκτελεί ένα μέρος της εφαρμογής που περιλαμβάνει σχετικά λίγη επικοινωνία με τη φορητή συσκευή - αλλιώς ο χρόνος που απαιτείται από την ανακοίνωση κατά τη διάρκεια μιας χαμηλού εύρους ζώνης σύνδεση θα μπορούσε να αντισταθμίσει τα κέρδη της διεργασίας. Επιπλέον, η γενική κατανάλωση ενέργειας για τη φορητή συσκευή πρέπει να είναι ικανοποιητική. Δεδομένου ότι η επικοινωνία είναι *energy-intensive*, αυτό δεν συνεπάγεται αυτόματα ότι η ενέργεια θα σωθεί με τη χρησιμοποίηση ενός υπολογιστικού *server*. Μπορεί να είναι ότι το ενεργειακό κόστος της επικοινωνίας με τον υπολογισμό του διακομιστή αντισταθμίζουν την εξοικονόμηση ενέργειας από την διεργασία εκφόρτωσης (*offloading*).

Ο [Balan et al. 2003] συζητά το πρόβλημα του διαχωρισμού της εφαρμογής για την αντιμετώπιση των ανωτέρω προκλήσεων, καθώς και την περιγραφή ενός συστήματος για την παρακολούθηση των επιπέδων των πόρων (όπως η υπολογιστική διαθεσιμότητα του διακομιστή, το εύρος ζώνης και την ενέργεια) και, κατά συνέπεια, την προσαρμογή στεγανοποίησης της εφαρμογής μεταξύ της φορητής συσκευής και τον υπολογισμό των *servers* χρησιμοποιώντας μία από ένα μικρό σύνολο επιλογών αποσύνθεσης. Παραδείγματος χάριν, εξετάστε μια κατάσταση στην οποία ένας χρήστης μιλά σε μια κινητή συσκευή για να υπαγορεύσει το κείμενο, το οποίο στη συνέχεια μεταφράζεται σε μια ξένη γλώσσα (σε αυτή της χώρας που επισκέπτεται). Υπάρχουν διάφοροι τρόποι της διάσπασης της παρούσας εφαρμογής μεταξύ της κινητής συσκευής και των υπολογιστικών *servers*, με διαφορετικές συνέπειες για τη χρησιμοποίηση των πόρων. Εάν περισσότεροι υπολογιστικοί *servers* είναι διαθέσιμοι, τότε τα διάφορα στάδια της αναγνώρισης και της *translocation* μπορεί να κατανεμηθεί μεταξύ τους? Αν μόνο ένας υπολογιστικός *server* είναι διαθέσιμος, τότε θα μπορούσε να τρέχει μαζί με αυτό το μηχάνημα ή μεταξύ της κινητής συσκευής και του υπολογιστικού διακομιστή.

Οι [Goyal και Carter, 2004] υιοθετούν μια πιο στατική προσέγγιση στη διαίρεση της εφαρμογής, η οποία θεωρείται ότι έχει διασπαστεί σε ξεχωριστά προγράμματα επικοινωνίας. Παραδείγματος χάριν, μια κινητή συσκευή θα μπορούσε να εκτελέσει τη λεκτική αναγνώριση με δύο τρόπους. Στην πρώτη κατάσταση, η εφαρμογή τρέχει εξ ολοκλήρου - και πολύ αργά - για την κινητή συσκευή. Στο δεύτερο τρόπο, η κινητή συσκευή τρέχει το περιβάλλον εργασίας χρήστη, το οποίο αποστέλλει το ψηφιακό ήχο της φωνής του χρήστη σε ένα πρόγραμμα που εκτελείται σε ένα υπολογιστικό διακομιστή. Αυτό το πρόγραμμα στέλνει το αναγνωρισμένο κείμενο πίσω για τη φορητή συσκευή για να εμφανιστεί στην οθόνη. Θα ήταν πολύ δαπανηρό στην ενέργεια για την κινητή συσκευή να στείλει το πρόγραμμα αμοιβαίας αναγνώρισης στις λήψεις υπολογιστικού *server* από εξωτερική πηγή και τρέχει.

9.3 Περίληψη και προοπτική

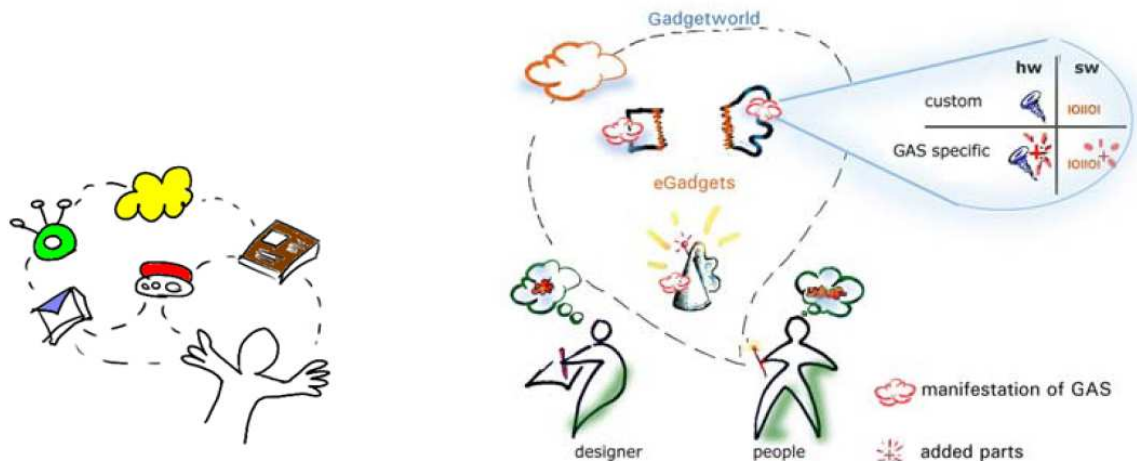
Αυτό το τμήμα έχει περιγράψει δύο κύριες κατηγορίες προσαρμογής στα πτητικά συστήματα, οι οποίες υπαγορεύονται από την ετερογένειά τους και η μεταβλητότητα των συνθηκών του χρόνου εκτέλεσής τους. Υπάρχει η προσαρμογή των πολυμεσικών δεδομένων στο πλαίσιο των media καταναλωτών, όπως τα χαρακτηριστικά της συσκευής και το έργο του χρήστη της συσκευής. Και υπάρχει και η προσαρμογή στα δυναμικά επιπέδων των πόρων του συστήματος, όπως η ενέργεια και το εύρος ζώνης

Εμείς υποστηρίξαμε ότι, κατ' αρχήν, θα ήταν καλύτερα να παράγουν προσαρμοστικό λογισμικό που να μπορεί να φιλοξενήσει διάφορες συνθήκες σύμφωνα με ένα καλά κατανοητό μοντέλο διακύμανσης, παρά να αναπτύσσεται το λογισμικό και το υλικό σε μια μόδα *ad hoc* καθώς η ανάγκη πιέζει. Εντούτοις, η παραγωγή τέτοιου προσαρμοστικού λογισμικού είναι δύσκολη και δεν υπάρχει γενική συμφωνία του πώς να γίνει.

Εντούτοις, κατά τη δημιουργία του νέου προσαρμοστικού λογισμικού από την αρχή, υπάρχουν τεχνικές από την κοινότητα τεχνολογίας λογισμικού όπως είναι οι *aspects-oriented programming* [Elrad et al. 2001] για να βοηθήσουν τους προγραμματιστές να διαχειριστούν την προσαρμογή.

Κεφάλαιο 10 Περιρρέουσα Νοημοσύνη

Το όραμα της Περιρρέουσας Νοημοσύνης (ΠΝ) αναφέρεται σε ένα περιβάλλον όπου συνυπάρχουν ως υποδομή διάφορες Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) και εξειδικευμένες διεπαφές, μέσα από τις οποίες οι άνθρωποι χρησιμοποιούν εφαρμογές και υπηρεσίες χωρίς να αντιλαμβάνονται ότι αλληλεπιδρούν με την τεχνολογία. Έτσι, αντίθετα με ότι συμβαίνει σήμερα, οι άνθρωποι εξακολουθούν να διεξάγουν τις καθημερινές τους δραστηριότητες με φυσικό τρόπο, χωρίς η τεχνολογική υποδομή να γίνεται αισθητή. (σχήμα 10.1).



Σχήμα 10.1 Αλληλεπίδραση με Αντικείμενα (e-gadgets) σε Περιβάλλον ΠΝ (από κείμενα της πρωτοβουλίας *Disappearing Computer* και του έργου *e-gadgets*)

Όπως περιγράφεται στην έκθεση της επιτροπής ISTAG (Information Society Technologies Advisory Group) της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (ΕΕ) [ISTAG, 2001], ο δρόμος προς την επίτευξη του οράματος της ΠΝ απαιτεί τη σύνθεση καινοτόμων ερευνητικών αποτελεσμάτων και την εξέλιξη μιας σειράς τεχνολογιών, όπως:

- "διακριτικό", σχεδόν αόρατο υλικό υπολογιστών,
- μια "αφανή" ασύρματη υποδομή που διασφαλίζει τη συνέχεια των επικοινωνιών σταθερών και κινητών επικοινωνιών,
- δυναμικά και ισχυρά καταναμημένα δίκτυα υπολογιστών και συσκευών,
- φυσικές (δηλαδή, κοντά στον ανθρώπινο τρόπο διάδρασης) διεπαφές χρήσης, και
- αλληλοεξάρτηση των τεχνολογιών και ασφάλεια.

“η έννοια της περιρρέουσας νοημοσύνης αναφέρεται στο όραμα της εξέλιξης της κοινωνίας της γνώσης: οι άνθρωποι περιβάλλονται από φυσικές ευφρείς διεπαφές χρήσης (*intelligent intuitive interfaces*), που είναι ενσωματωμένες σε όλα τα καθημερινά αντικείμενα. Το περιβάλλον ΠΝ είναι σε θέση να αναγνωρίζει την παρουσία κάθε ανθρώπου, και να προσαρμόζεται σ’ αυτήν. Και το πιο σημαντικό είναι ότι οι άνθρωποι δε συνειδητοποιούν ότι βρίσκονται σε ένα υπολογιστικό περιβάλλον - η ΠΝ είναι συνήθως ‘αόρατη’. Η έμφαση δηλαδή είναι στην ευκολία χρήσης, και στην υποστήριξη και ενδυνάμωση της αλληλεπίδρασης των ανθρώπων με το περιβάλλον” (ISTAG, 2001)

10.1 Τεχνουργήματα: οι Δομικοί Λίθοι

Κάθε νέα τεχνολογική επανάσταση γίνεται αντιληπτή μέσα από τα αντικείμενα που την υλοποιούν και τις νέες δυνατότητες (συνήθως με τη μορφή υπηρεσιών) που παρέχονται στο "μέσο" χρήστη. Τα αντικείμενα που μας περιβάλλουν, ως γνήσια προϊόντα της βιομηχανικής επανάστασης, έχουν φυσικά χαρακτηριστικά, δηλαδή ιδιότητες που προκύπτουν από το γεγονός ότι υφίστανται στο φυσικό, τρισδιάστατο κόσμο μας. Στην πραγματικότητα, πέραν του υπολογιστή, δεν έχουν έως τώρα αποκτήσει ευρεία διάδοση αντικείμενα που είναι προϊόντα της επανάστασης της πληροφορικής.

Η ενσωμάτωση υπολογιστικής ισχύος σε καθημερινά αντικείμενα οδηγεί στη σχεδίαση "έξυπνων τεχνουργημάτων" (smart artifacts), τα οποία μπορεί να είναι εντελώς νέα (π.χ. ψηφιακοί βοηθοί) ή να αποτελούν "βελτιωμένες εκδόσεις" αντικειμένων καθημερινής χρήσης (όπως ρούχα, στυλό, χαρτί, έπιπλα, κινητές ή σταθερές συσκευές, κλπ). Τα έξυπνα τεχνουργήματα αποτελούν τους δομικούς λίθους για την υλοποίηση του οράματος της "περιρρέουσας νοημοσύνης".

Τα αντικείμενα αυτά, οι πληροφορικές συσκευές (information appliances) κατά τον D. Norman [Norman, 1999], ενσωματώνουν αισθητήρες, μικροσκοπικές πλακέτες με επεξεργαστή και μνήμη και κάρτες ασύρματων δικτύων, λειτουργούν αυτόνομα και είναι βελτιστοποιημένα ως προς το περιορισμένο σύνολο δραστηριοτήτων που μπορούν να υποστηρίξουν (Σχήμα 10.2). Έτσι αποκτούν μια *δυσική υπόσταση*: είναι φυσικά αντικείμενα, και ταυτόχρονα έχουν ψηφιακή υπόσταση και επιτρέπουν στους ανθρώπους να πραγματοποιούν νέες δραστηριότητες, ή παλιές δραστηριότητες με νέους, πιο αποτελεσματικούς ή πιο ευχάριστους τρόπους.



Σχήμα 10.2 Μερικά από τα πρώτα Τεχνουργήματα: μιά κούπα και μια καρέκλα με Αισθητήρες

Σύμφωνα με τον D. Norman, οι *δυνατότητες χρήσης* (affordances) είναι "... οι αντιληπτές και πραγματικές ιδιότητες του αντικειμένου, και κυρίως εκείνες οι θεμελιακές ιδιότητες που καθορίζουν πώς το αντικείμενο μπορεί να χρησιμοποιηθεί" [Norman, 1999]. Τα τεχνουργήματα, σε σύγκριση με τα κλασικά αντικείμενα, φέρουν δύο νέες δυνατότητες:

- *δυνατότητα σύνθεσης*: τα τεχνουργήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δομικά στοιχεία μεγαλύτερων και περισσότερο πολύπλοκων συστημάτων

- **δυνατότητα μετατροπής:** τα τεχνουργήματα έχουν τη δυνατότητα να τροποποιούν τις υπηρεσίες που παρέχουν μέσω του λογισμικού

Έτσι, παρόλο που ακόμη το σχήμα τους παραπέμπει στις συνήθεις δυνατότητες χρήσης τους (π.χ. μια καρέκλα παρέχει τη δυνατότητα να καθίσει κανείς πάνω της), η συμπεριφορά των τεχνουργημάτων μπορεί να επεκταθεί, προσαρμοστεί ή τροποποιηθεί με την εκτέλεση μικρών προγραμμάτων, ή να επεκταθεί μέσα από τη συνεργασία με άλλα τεχνουργήματα.

Η δυνατότητα συνεργασίας αποτελεί μια καθοριστική νέα ιδιότητα των τεχνουργημάτων σε σχέση με τα παραδοσιακά αντικείμενα, η οποία διευκολύνει τη σχεδίαση συστημάτων διάχυτου υπολογισμού και την ανάδυση νέων, μη προβλέψιμων συλλογικών συμπεριφορών (Kameas, 2005).

10.2 Συστήματα Διάχυτου Υπολογισμού

Ως διάχυτο υπολογισμό μπορούμε να ορίσουμε "τη χρήση υπολογιστών οπουδήποτε" [Alcaniz, 2005]. Οι υπολογιστές γίνονται διαθέσιμοι μέσω του φυσικού περιβάλλοντος, αλλά με τρόπο "αόρατο" στον άνθρωπο, ο οποίος τελικά γίνεται χρήστης ενός συστήματος διάχυτου υπολογισμού (ΣΔΥ).

Ένα Σύστημα Διάχυτου Υπολογισμού χαρακτηρίζεται από:

- **διάχυση:** η αλληλεπίδραση με το σύστημα δε γίνεται μέσω ενός σταθμού εργασίας, μικρού ή μεγάλου, αλλά η πρόσβαση στη δυνατότητα εκτέλεσης υπολογισμών (η οποία αποτελεί την υπηρεσία) είναι διάχυτη στο περιβάλλον, και
- **διαφάνεια:** η τεχνολογία αυτή δεν εισβάλλει στη ζωή του ανθρώπου ανατρέποντας τα μοντέλα εκτέλεσης διαδικασιών του, αλλά είναι αόρατη και ενσωματωμένη στο υπάρχον περιβάλλον δραστηριοποίησης

Το σύστημα αυτό είναι σύνθετο και η συμπεριφορά του πολύπλοκη. Όσον αφορά στην άμεση αντίληψη του ανθρώπου, ένα σύστημα διάχυτου υπολογισμού αποτελείται από ένα σύνολο συσκευών (σταθερών, φορητών ή φορητών, ιδιωτικής ή δημόσιας χρήσης), αντικειμένων και αισθητήρων. Όλα αυτά επικοινωνούν και συνεργάζονται ανταλλάσσοντας δεδομένα, απλά ή πολυμεσικά, προσπελαύνοντας πληροφορίες, δημόσιες ή ιδιωτικές, εκτελώντας συναλλαγές, κατ' εντολή ή με δική τους πρωτοβουλία. Η επικοινωνία είναι εφικτή χάρη σ'ένα συνήθως ασύρματο δίκτυο επικοινωνίας το οποίο είναι "αόρατο", και εμφανίζεται στο προσκήνιο μόνο όταν ο άνθρωπος χρειάζεται να συνδεθεί (σύντομα η σύνδεση θα είναι μόνιμη – όπως συμβαίνει σήμερα με το κινητό τηλέφωνο – οπότε και αυτή η τεχνολογία θα "αποσυρθεί" στο υπόβαθρο).

Ένα σύστημα διάχυτου υπολογισμού (ΣΔΥ) όμως διαθέτει και μια δεύτερη, **ψηφιακή υπόσταση**, η οποία του επιτρέπει να παρέχει υπηρεσίες στον άνθρωπο. Οι υπηρεσίες αυτές χαρακτηρίζονται από τη δυνατότητα πρόσβασης σε τεράστιο πλήθος δεδομένων, την ταχύτητα υλοποίησης, αλλά και τη δυνατότητα προσαρμογής τους στις απαιτήσεις, ιδιότητες, προτιμήσεις και ικανότητες του ανθρώπου και του περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκεται κάθε φορά.

Στην πραγματικότητα, ο άνθρωπος, με την παρουσία του και μόνο σ'ένα περιβάλλον Περιρρέουσας Νοημοσύνης, μετατρέπεται αυτόματα σε χρήστη των Συστημάτων Διάχυτου Υπολογισμού που λειτουργούν στο χώρο που βρίσκεται. Επιδίωξη της Περιρρέουσας Νοημοσύνης είναι να βοηθήσει τον άνθρωπο να γίνει δημιουργός και συνδιαμορφωτής του χώρου στον οποίο δραστηριοποιείται, δίνοντάς του τη δυνατότητα να προσαρμόζει τις υπάρχουσες υπηρεσίες και να συνθέτει νέες, οι οποίες δεν είχαν προβλεφθεί από τους κατασκευαστές του συστήματος, και οι οποίες ταιριάζουν καλύτερα στους σκοπούς του (Kameas, 2003)

Η πολύπλοκη συμπεριφορά ενός Συστήματος Διάχυτου Υπολογισμού είναι συνήθως αποτέλεσμα του μεγάλου αριθμού συστατικών μερών που αλληλεπιδρούν για να παράσχουν μια υπηρεσία (η οποία μπορεί να είναι σχετικά απλή), αλλά και του γεγονότος ότι δεν είναι δυνατό να προβλεφθούν εξ αρχής όλες οι απαιτήσεις των χρηστών και τα διαφορετικά περιβάλλοντα λειτουργίας του συστήματος.

10.3 Ενοποιώντας τα Κομμάτια: το Μεσολογισμικό

Από τεχνική άποψη, ένα Σύστημα Διάχυτου Υπολογισμού είναι στην πραγματικότητα ένα μεγάλο καταναμημένο σύστημα, οι κόμβοι του οποίου δεν είναι συνηθισμένοι υπολογιστές, αλλά τεχνουργήματα. Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, ο στόχος των ΣΔΥ είναι η διαφάνεια, δηλαδή η απόκρυψη των εσωτερικών μηχανισμών διαχείρισης των πόρων του συστήματος (επεξεργαστές, μνήμη, αισθητήρες, δίκτυο, ισχύς, εφαρμογές, δεδομένα, κλπ) από τους χρήστες. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται το *μεσολογισμικό* (middleware).

Το μεσολογισμικό εμφανίστηκε στη δεκαετία του 1980 ως λογισμικό διαχείρισης δικτύων. Κατά την επόμενη δεκαετία εξελίχθηκε σε λογισμικό που υποστήριζε την ανάπτυξη καταναμημένων εφαρμογών και γνώρισε τεράστια διάδοση. Το μεσολογισμικό είναι λογισμικό που βοηθά μια εφαρμογή να επικοινωνήσει με άλλες εφαρμογές, δίκτυα, υλικό και λειτουργικά συστήματα. Ταυτόχρονα, απαλλάσσει τους προγραμματιστές από τη διαχείριση των πολύπλοκων διασυνδέσεων που περιλαμβάνει ένα καταναμημένο σύστημα.

Ο κλασικός ορισμός ενός λειτουργικού συστήματος είναι ότι επιτρέπει τη χρήση του υλικού. Αντίστοιχα, το μεσολογισμικό επιτρέπει τον προγραμματισμό ενός καταναμημένου συστήματος.

Σ'ένα Σύστημα Διάχυτου Υπολογισμού είναι αναπόφευκτη η ετερογένεια των συστατικών του. Οι συσκευές κατασκευάζονται από διαφορετικές εταιρείες, τα πρωτόκολλα επικοινωνίας συνεχώς εξελίσσονται, τα πρότυπα υπόκεινται σε διαφορετική νομοθεσία ανά περιοχή, οι υπηρεσίες περιγράφονται διαφορετικά, και βεβαίως, οι χρήστες διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους.

Μια από τις αποστολές του μεσολογισμικού είναι να καλύψει την ετερογένεια, ώστε το ΣΔΥ να φαίνεται ενιαίο στο χρήστη, χωρίς όμως να την καταστρέφει. Η υποστήριξη της ετερογένειας είναι αυτή που επιτρέπει την προσαρμοστικότητα του συστήματος, τη ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών και τη "μεταφορά" του σε διαφορετικές κουλτούρες [Christopoulou, 2005].

10.3.1 Τα Ασύρματα Δίκτυα

Το μεσολογισμικό συστημάτων διάχυτου υπολογιστού στηρίζεται στην ύπαρξη ασυρμάτων δικτύων. Στην ενότητα αυτή γίνεται μια εισαγωγή ' στην τρέχουσα τεχνολογία τους.

Τα κύρια πλεονεκτήματα των ασύρματων δικτύων είναι:

- δεν υπάρχει το κόστος της καλωδίωσης: για την εγκατάσταση ενός δικτύου σε μία επιχείρηση δεν απαιτείται η διάνοιξη καναλιών μέσα στους τοίχους του κτιρίου για να περάσουν τα απαιτούμενα καλώδια για την ενσύρματη καλωδίωση, κάτι που επιβαρύνει το κόστος εγκατάστασης, όσο και το κόστος επέκτασης, αναβάθμισης και συντήρησης του δικτύου
- δυνατότητα μεταφερσιμότητας του δικτύου: στην περίπτωση που μία επιχείρηση αποφασίσει να αλλάξει κτιριακές εγκαταστάσεις, τα ασύρματα δίκτυα δεν αυξάνουν το κόστος της μεταφοράς, αφού δε χρειάζεται να γίνει κάποια ιδιαίτερη μελέτη για την εγκατάσταση του νέου δικτύου, τροποποιήσεις στο κτίριο, ούτε καν εξοπλισμός, που δε θα είναι δυνατό να αποσπαστεί από το παλαιό κτίριο.
- ικανότητα δικτύου να έχει μεταβλητή διάταξη: εδώ μπορούμε να διακρίνουμε δύο περιπτώσεις: την περίπτωση όπου το ασύρματο δίκτυο στηρίζεται, έστω και υποτυπωδώς, σε μία σταθερή δομή, και την περίπτωση άνευ περιορισμών τοπολογίας (ad-hoc δίκτυο)
- δυνατότητα προσφοράς επικοινωνίας: ακόμη και σε καταστάσεις όπου είτε δεν υπάρχει τηλεπικοινωνιακή υποδομή (τέτοιες περιπτώσεις είναι οι εξερευνησεις, οι στρατιωτικές επιχειρήσεις σε μη φιλικό περιβάλλον, κλπ), είτε η υποδομή έχει καταστραφεί μερικώς ή ολικώς (π.χ. περιπτώσεις φωτιάς ή φυσικών καταστροφών που έχουν πλήξει το επικοινωνιακό υπόβαθρο μίας περιοχής, κλπ), είτε δεν είναι φερέγγυα η υποδομή λόγω ελλίπους συντήρησης ή κακής ποιότητας.

Τα κυριότερα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται στις ασύρματες επικοινωνίες είναι τα ακόλουθα:

- **802.11a:**

Αποτελεί βιομηχανικό πρότυπο από τον Σεπτέμβριο του 1999. Έχει ταχύτητα επικοινωνίας 54Mbps και εμβέλεια 10 έως 50 μέτρα σε εσωτερικούς χώρους και 200 μέτρα σε εξωτερικούς χώρους. Εφαρμόζεται σε περιβάλλοντα όπου μπορεί να υπάρξει μία έστω και υποτυπώδης δομή πάνω στην οποία και θα στηριχθεί το ασύρματο δίκτυο αφού το 802.11a κάνει χρήση σταθερών σημείων (AP) τα οποία και αναλαμβάνουν την αναμετάδοση των πακέτων που στέλνει στο δίκτυο ο κάθε κόμβος. Επειδή λειτουργεί σε συχνότητα 5.2 GHz., έχει πλεονέκτημα αφού κανένα άλλο πρωτόκολλο ή συσκευή δεν έχει εκπομπές σε αυτήν τη μπάντα συχνοτήτων. Έτσι σε αντίθεση με τα υπόλοιπα πρωτόκολλα δεν υπάρχουν παρεμβολές από λοιπές συσκευές όπως φούρνοι μικροκυμάτων και φορητά τηλεφωνά.

- **802.11b:**

Σχεδιάστηκε και δημοσιεύτηκε ταυτόχρονα με το 802.11a το Σεπτέμβριο του 1999. Λειτουργεί με ταχύτητα επικοινωνίας 11Mbps με μέγιστη εμβέλεια σε εσωτερικούς χώρους από 25 έως 75 μέτρα και 500 μέτρα σε εξωτερικούς. Χρησιμοποιεί συχνότητες στην περιοχή από 2.4 έως 2.4835 GHz.

- **802.11g:**
Αποτελεί μετεξέλιξη του 802.11b που δημοσιεύτηκε τον Ιούνιο του 2003. Κάνει χρήση της ίδιας περιοχής συχνοτήτων αλλά και της ίδιας αρχής λειτουργίας με αυτό, ώστε να υπάρχει προς τα πίσω συμβατότητα. Ειδική μέριμνα δόθηκε ώστε να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα παρεμβολών που υπήρχαν στο 802.11b λόγω του μεγάλου αριθμού συσκευών που κάνει χρήση της περιοχής συχνοτήτων γύρω από τα 2.4 GHz.
- **Bluetooth (802.15):**
Αποτελεί μία διαφορετική προσέγγιση στο χώρο των ασύρματων δικτύων. Βασικά σχεδιαστικά χαρακτηριστικά στην υλοποίηση του Bluetooth είναι το χαμηλό κόστος τόσο του εξοπλισμού που απαιτεί όσο και η ευκολία χρησιμοποίησης του σε εφαρμογές. Ακόμα έχει πάρα πολύ μικρή κατανάλωση ισχύος. Τα προβλήματα που παρουσιάζει είναι η πολύ μικρή του εμβέλεια, η οποία περιορίζεται μόλις στα 15 μέτρα και τα μόλις 721Kbps πραγματικής ταχύτητας μετάδοσης πληροφορίας
- **WiMAX (802,16):**
Κάνει χρήση του φάσματος ραδιοσυχνοτήτων στα 3,5GHz, παρέχει ταχύτητα έως και 70 Mbit/s και έχει εμβέλεια 50 Km με προϋπόθεση την ύπαρξη οπτικής επαφής. Ωστόσο σε πραγματικές συνθήκες αστικού περιβάλλοντος η σύνδεση είναι εφικτή σε αποστάσεις 5 ως 8 Km.

Κεφάλαιο 11

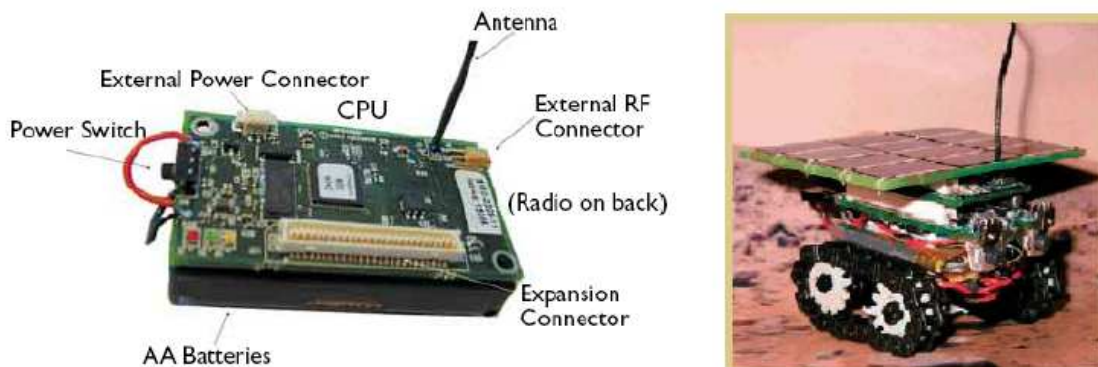
Πεδία Έρευνας

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιάσουμε τρία χαρακτηριστικά πεδία εφαρμογής της έρευνας που διεξάγεται στα Συστήματα Διάχυτου Υπολογισμού: τη σχεδόν αόρατη "έξυπνη σκόνη", τις πληροφορικές συσκευές που αντικαθιστούν σταδιακά τα σημερινά αντικείμενα του χώρου γύρω μας, και τους φορητούς υπολογιστές που θα μπορούν να ενσωματώνονται στα ρούχα μας. Και στα τρία πεδία, η έρευνα περιστρέφεται γύρω από παρόμοια ζητήματα: επίγνωση του περιβάλλοντος (context awareness), διάδοση μηνυμάτων και επικοινωνία, αλληλεπίδραση και συνεργασία, παροχή ισχύος και ελαχιστοποίηση κατανάλωσης, αξιοπιστία. Διαφέρουν όμως οι τελικοί αποδέκτες και οι πιθανές εφαρμογές.

11.1 Έξυπνη Σκόνη

Ως έξυπνη σκόνη (smart dust) χαρακτηρίζεται ένα ΣΔΥ που αποτελείται από ένα τεράστιο αριθμό πάρα πολύ μικρών, εντελώς αυτόνομων συσκευών, με δυνατότητες αίσθησης, υπολογισμού και επικοινωνίας, οι οποίες έχουν την ικανότητα να αυτό-οργανώνονται και να συνεργάζονται για να επιτελέσουν ένα έργο αναγνώρισης του περιβάλλοντος. Κάθε κόμβος έξυπνης σκόνης (ονομάζεται mote) λειτουργεί με μπαταρία, περιλαμβάνει ένα μικρό σύνολο αισθητήρων, ένα απλό επεξεργαστή και μια κεραία ραδιοσυχνοτήτων μικρής εμβέλειας, ώστε να μπορεί να συμμετέχει σε ένα ασύρματο δίκτυο (σχήμα 11.1). Το μέγεθός του είναι όσο πιο μικρό γίνεται (στις τρέχουσες υλοποιήσεις είναι ήδη μικρότερο του 1 cm³) και η αξία του ευτελής. Πολλοί κόμβοι μαζί, όμως, μπορούν να αυτό-οργανωθούν για να επιτελέσουν μια δραστηριότητα για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (μέχρι να τελειώσουν οι μπαταρίες τους).

Παραδείγματα εφαρμογής της τεχνολογίας αυτής είναι η χαρτογράφηση περιοχής, η καταγραφή σύνθεσης εδάφους, αέρα, κλπ, άγνωστης ή επικίνδυνης περιοχής, η πυροπροστασία, ο εντοπισμός ζωής (π.χ. στα ερείπια ενός σεισμού) ή διαρροής σε άγνωστα, αφιλόξενα ή δυναμικά μεταβαλλόμενα περιβάλλοντα.



Σχήμα 11.1 Ένα Μεγενθυμένο Smart Dust Mote, και η εφαρμογή της ιδέας σ'ένα μινι Ρομποτικό Όχημα

11.2 Πληροφορικές Συσκευές

Σύμφωνα με τον Gordon Moore, συνιδρυτή της Intel, ο προσωπικός υπολογιστής (PC) "ωριμάζει" από ένα προσαρμοζόμενο σύστημα για όλες τις δουλειές, σε μια γκάμα συσκευών καθεμία από τις οποίες είναι σχεδιασμένη για να υποστηρίζει συγκεκριμένες εφαρμογές του τελικού χρήστη. Αυτό που απομένει να απαντηθεί είναι πότε αυτές οι πληροφορικές συσκευές θα κατακλύσουν την αγορά [Norman, 1999]. Προς το παρόν, οι τεχνολογίες που απαιτούν οι πληροφορικές συσκευές, δηλαδή ευέλικτες οθόνες, αδιάλειπτη

παροχή ισχύος και αξιόπιστα και γρήγορα δίκτυα, δεν έχουν ακόμη επιτύχει τον κατάλληλο βαθμό ωριμότητας και διάδοσης. Όμως αυτό είναι ζήτημα χρόνου, αν λάβουμε υπόψη τις συγκροτημένες ερευνητικές προσπάθειες και την επένδυση των μεγάλων εταιρειών του χώρου (Philips, Siemens, HP, Nokia κλπ).

Πρέπει να θεωρούμε τις πληροφορικές συσκευές ως ΣΔΥ, και όχι ως απομονωμένες συσκευές. Ο στόχος τους είναι να παράσχουν λύσεις στον καταναλωτή, όχι να χρησιμοποιούνται ως ψηφιακά παιχνίδια (αν και με τον τρόπο αυτό θα εισαχθούν, πιθανότατα, στην αγορά). Σε ένα τέτοιο σενάριο, ή συσκευή ως αντικείμενο είναι μόνο ένα κομμάτι του συστήματος – τα υπόλοιπα περιλαμβάνουν αναλώσιμα, περιεχόμενο και υπηρεσίες. Επιπλέον, αυτά τα νέου τύπου υπερ-αντικείμενα (hyper-objects κατά το hyper-text) θα αποτελούν κόμβους ενός ΣΔΥ, το οποίο θα εμφανίζεται λειτουργικά ενοποιημένο στον τελικό χρήστη, με στόχο να διαταράξει όσο λιγότερο γίνεται τα μοντέλα δραστηριοτήτων του [Mavrommati, 2003].

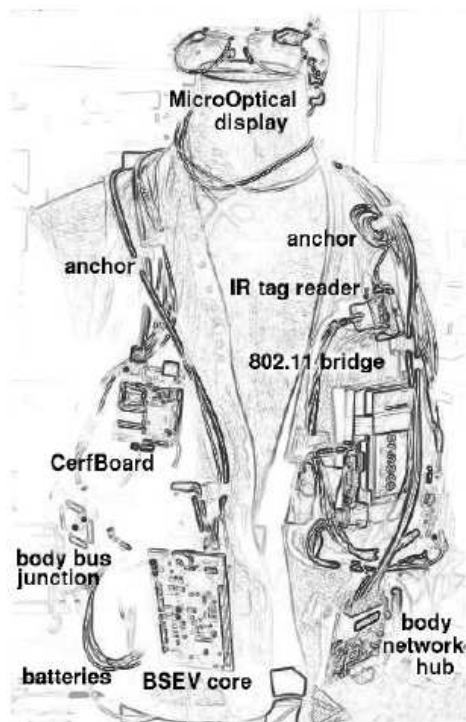
Στην πραγματικότητα, χρησιμοποιούμε ήδη πολλές πληροφορικές συσκευές, χωρίς ίσως να το γνωρίζουμε: κατάλογοι διευθύνσεων και ψηφιακά ημερολόγια, ψηφιακοί βοηθοί, συστήματα πλοήγησης στα αυτοκίνητα, ψηφιακές κάμερες και κινητά τηλέφωνα (ίσως οι δύο ταχύτερα αναπτυσσόμενοι τομείς όπου εμφανίζονται ΣΔΥ), ψηφιακές ιατρικές συσκευές, πλατφόρμες δικτυακών παιχνιδιών, αλλά και ηλεκτρικές συσκευές, όπως τηλεοράσεις, ψυγεία και φούρνοι. Οι περισσότερες από τις συσκευές αυτές προς το παρόν ενσωματώνουν τη δυνατότητα επεξεργασίας. Λίγες έχουν δυνατότητες δικτύωσης, και ακόμη λιγότερες αντιλαμβάνονται το περιβάλλον λειτουργίας ώστε να μπορούν να προσαρμοστούν σε αυτό. Η διάδραση με το χρήστη είναι δύσκαμπτη, η προστασία ανύπαρκτη και η αξιοπιστία μικρή.

Σε λίγο καιρό, η βιομηχανία πληροφορικών συσκευών θα προσφέρει ένα τεράστιο σύνολο επιλογών στον τελικό χρήστη, καθώς τα προβλήματα που οφείλονται στην ετερογένεια των συσκευών θα λυθούν, είτε με τη χρήση οντολογιών, είτε με την υιοθέτηση προτύπων από τους κατασκευαστές. Ήρθε ο καιρός να κάνουμε την τεχνολογία να υπακούσει στις ανάγκες των ανθρώπων.

11.3 Φορητοί Υπολογιστές

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα της έννοιας της διάχυτης υπολογιστικότητας είναι η έννοια των φορητών υπολογιστών (wearable computers), οι οποίοι είναι συνήθως ενσωματωμένοι στα ρούχα μας, ή μπορεί να τους φέρουμε μαζί μας όπως ένα ρολόι, ή να είναι ενσωματωμένοι σε αντίστοιχα αντικείμενα, όπως κινητό τηλέφωνο, κλπ (σχήμα 11.2).

Οι εφαρμογές των φορητών υπολογιστών είναι επίσης αμέτρητες: ο φορητός υπολογιστής είναι πάντα διαθέσιμος (always on, always accessible). Κατ' αρχήν, η χρήση τους είναι ιδανική για περιπτώσεις όπου ο χρήστης δεν έχει ελεύθερα τα χέρια του, τα μάτια του, κλπ. Για παράδειγμα, ένας μηχανικός μπορεί να έχει πρόσβαση σε πληροφορίες την ώρα που επισκευάζει ένα μηχάνημα. Ένας στρατιωτικός μπορεί επίσης να λαμβάνει χρήσιμες πληροφορίες την ώρα που έχει στραμμένη την προσοχή του αλλού. Πολύ σημαντικές είναι οι εφαρμογές σε άτομα με ειδικές ανάγκες, όπως για παράδειγμα η καθοδήγηση ατόμων με προβλήματα όρασης, καθώς και η συνεχής ιατρική παρακολούθηση από απόσταση.



Σχήμα 11.2 Σχηματική Αναπαράσταση και Πρωτότυπη Υλοποίηση ενός Φορητού Υπολογιστή (από το MIT Media Lab)

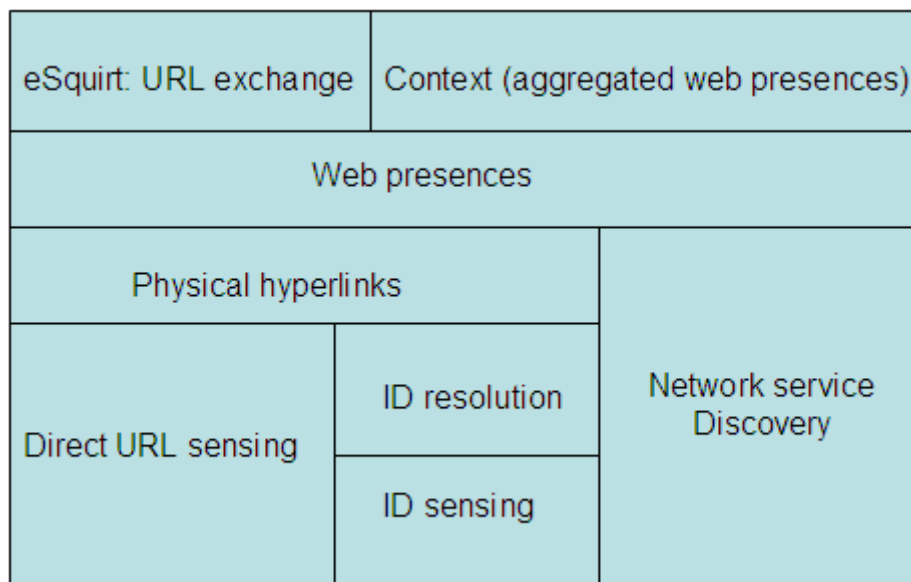
11.4 Περιπτώσιολογική μελέτη Cooltown

Ο στόχος του προγράμματος Cooltown του Hewlett-Packard [Kindberg et al. 2002a / Kinberg and Barton 2001] ήταν να παράσχει την υποδομή για το νομαδικό υπολογισμό, έναν όρο που το πρόγραμμα χρησιμοποίησε για τον ανθρώπινο-προσανατολισμένο κινητό και πανταχού παρόντα υπολογισμό. Ο όρος 'Nomadic' αναφέρεται στους ανθρώπους που κινούνται μεταξύ των θέσεων όπως το σπίτι, της εργασίας και των καταστημάτων καθώς πηγαίνουν για τις καθημερινές ζωές τους. Ο όρος 'Computing' αναφέρεται εδώ στις υπηρεσίες που παρέχονται σε εκείνους τους νομαδικούς χρήστες – όχι μόνο υπηρεσίες όπως το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο που μπορεί να παρασχεθεί οπουδήποτε υπάρχει σύνδεση, αλλά ειδικότερα υπηρεσίες που ενσωματώνονται στις οντότητες στον καθημερινό φυσικό κόσμο μέσω του οποίου οι χρήστες κινούνται. Για να έχουν πρόσβαση σε τέτοιες υπηρεσίες, οι άνθρωποι υποτίθεται ότι φορούν ή φόρεσαν τις ασύρματα συνδεδεμένες και με αισθητήρες εξοπλισμένες συσκευές όπως τηλέφωνα, PDA ή έξυπνα ρολόγια.

Πιο συγκεκριμένα, ο στόχος του προγράμματος ήταν να εφαρμοστούν τα παθήματα που έγιναν μαθήματα από την επιτυχία του Ιστού στο νομαδικό υπολογισμό, μέσω δύο στόχων. Κατ' αρχάς, δεδομένου ότι ο Ιστός παρέχει ένα πλούσιο σύνολο πόρων στον εικονικό κόσμο, πολλά μπορούν ενδεχομένως να αποκτηθούν με την επέκταση των υφιστάμενων πόρων στον Παγκόσμιο Ιστό για τον φυσικό κόσμο. Ένας στόχος για το σχέδιο Cooltown εκφράστηκε στο αξίωμα 'everything has a web page': Κάθε οντότητα στο φυσικό μας κόσμο, είτε ηλεκτρονική είτε όχι, είναι να έχουμε μια σχετική πηγή web ονομάζεται παρουσία στο διαδίκτυο (*web presence*), κατά την οποία, ο χρήστης είναι σε θέση να έχει βολική πρόσβαση όταν είναι παρουσία της εν λόγω οντότητας. Μια παρουσία Ιστού θα μπορούσε απλά να είναι ιστοσελίδα που περιέχει τις πληροφορίες για την οντότητα. αλλά θα μπορούσε να είναι οποιαδήποτε υπηρεσία που παράχθηκε σε συνδυασμό με την οντότητα. Παραδείγματος χάριν, η παρουσία Ιστού ενός

φυσικού προϊόντος θα μπορούσε να είναι υπηρεσία για τη λήψη των μερών αντικατάστασης.

Ο δεύτερος στόχος ήταν να επιτευχθεί ο υψηλός βαθμός του Ιστού διαλειτουργικότητας για τις αλληλεπιδράσεις με τις συσκευές. Οι νομαδικοί χρήστες μπορεί να χρειάζονται να αλληλεπιδράσουν σε χώρους που δεν έχουν επισκεφθεί πριν, με την παρουσία Ιστού δεν το έχουν αντιμετωπίσει ποτέ πριν. Δεν θα ήταν αποδεκτό για το χρήστη να πρέπει να φορτώσει το νέο λογισμικό ή να μετατρέψει το υπάρχον λογισμικό στις φορητές συσκευές τους προκειμένου να ωφεληθεί από εκείνες τις υπηρεσίες.



Σχήμα 11.4 *Επίπεδα Cooltown*

Οι πτυχές της αρχιτεκτονικής Cooltown στην οποία θα επικεντρωθούμε εδώ (σχήμα 11.3) είναι: παρουσίες ιστού (web presences), φυσικές υπερσυνδέσεις (*physical hyperlinks*, οι οποίες είναι συνδέσεις από φυσικές οντότητες σε web παρουσίες και, επομένως, στις υπερσυνδέσεις πόρων του Ιστού?Και το **eSquirt**, ένα πρωτόκολλο για τη λειτουργικότητα με τις παρούσες συσκευές Ιστού.

11.4.1 Web presences

Το Cooltown θεωρεί τις φυσικές οντότητες να διαιρεθούν σε τρεις κατηγορίες: άνθρωποι (people), θέσεις (places), και πράγματα (things). Η παρουσία Ιστού ενός προσώπου, μιας θέσης ή ενός πράγματος είναι ενδεχομένως οποιοσδήποτε πόρος Ιστού που επιλέγεται για να ταιριάξει μια συγκεκριμένη εφαρμογή, αλλά η Cooltown υιοθετεί ορισμένους ρόλους για τα presences Ιστού των ανθρώπων και των θέσεων. Τα presences Ιστού των πραγμάτων και των ανθρώπων συλλέγονται στα presences Ιστού των θέσεων, έτσι η περιγραφή ακολουθεί εκείνη την διαταγή.

Πράγματα.Things.

Ένα πράγμα είναι είτε μια συσκευή είτε μια μη-ηλεκτρονική φυσική οντότητα. Τα πράγματα γίνονται web-present με την ενσωμάτωση web-servers σε αυτά ή από τη φιλοξενία των web-presence μέσα σε ένα web server. Εάν το πράγμα είναι μια συσκευή, και το URL της είναι αυτό της υπηρεσίας που εφαρμόζει. Παραδείγματος χάριν, μία 'Internet radio' είναι μία συσκευή που παίζει μουσική η οποία φιλοξενεί τη δική της web presence. Ένας χρήστης, ο οποίος είχε ανακαλύψει το URL ενός διαδικτυακού radio ανακτά μία ιστοσελίδα με τους ελέγχους που του επιτρέπει να "το συντονίζει" σε μία πηγή μετάδοσης Internet, να προσαρμόζει τις ρυθμίσεις της, όπως τον όγκο, ή να φορτώνει τα δικά του αρχεία ήχου. Αλλά ακόμη και μη

ηλεκτρονικά πράγματα μπορεί να έχουν παρουσία στο διαδίκτυο - έναν πόρο ιστού που σχετίζεται με το πράγμα αλλά θα φιλοξενηθεί από ένα web server κάπου αλλού. Για παράδειγμα, το έγγραφο του web presence τυπωμένο θα μπορούσε να είναι ένα αντίστοιχο ηλεκτρονικό έγγραφο: αντί να πρέπει να έχω ένα φωτοαντίγραφο του εκτυπωμένου εγγράφου (με επακόλουθη μείωση της ποιότητας), ο χρήστης μπορεί να ανακαλύψει την δικτυακή παρουσία του από το φυσικό τεχνούργημα - όπως θα εξηγήσουμε στο τμήμα 11.4.2 - και να ζητήσει μια νέα εκτύπωση. Η διαδικτυακή παρουσία ενός CD μουσικής μπορεί να υπάρχει με κάποιο σχετικό ψηφιακό περιεχόμενο, όπως επιπλέον μουσικά κλιπ και φωτογραφίες, που φιλοξενούνται στην προσωπική συλλογή media του ιδιοκτήτη.

Άνθρωποι. People.

Οι άνθρωποι γίνονται web present ιστοσελίδες με την προσφορά των σφαιρικών αρχικών σελίδων Ιστού με τις υπηρεσίες για τη διευκόλυνση της επικοινωνίας μαζί τους και προσφέροντας πληροφορίες με το τρέχον πλαίσιο τους. Παραδείγματος χάριν, οι χρήστες χωρίς κινητά τηλέφωνα θα μπορούσαν να καταστήσουν τον τοπικό τηλεφωνικό αριθμό διαθέσιμο μέσω της παρουσίας Ιστού τους - μια αξία που η παρουσία Ιστού τους ενημερώνει αυτόματα καθώς κινούνται γύρω. Αλλά ενδέχεται επίσης να επιλέξουν για την παρουσία τους στο διαδίκτυο να καταγράψουν τη θέση τους ρητά - μέσα από μια σύνδεση με παρουσία ιστού του τόπου στον οποίο είναι φυσικά παρών

Θέσεις. Places. Οι θέσεις είναι έξυπνα διαστήματα, για να χρησιμοποιήσουμε την ορολογία αυτού του κεφαλαίου. Οι χώροι γίνονται web present με την καταχώρηση των Web presences των ανθρώπων και των πραγμάτων μέσα τους - και ακόμη και τα presences Ιστού των τοποθετημένων ή σχετικών θέσεων - με έναν κατάλογο ειδικής θέσης υπηρεσίας. Μια θέση του καταλόγου περιέχει επίσης σχετικά σταθερές πληροφορίες, όπως η περιγραφή των φυσικών ιδιοτήτων της θέσης και της λειτουργίας. Η υπηρεσία καταλόγου επιτρέπει στα συστατικά για να ανακαλύψει και να αλληλεπιδράσει έτσι με το δυναμικό σύνολο presences Ιστού μέσα στον χώρο. Χρησιμοποιείται επίσης ως πηγή πληροφοριών για τη θέση και το περιεχόμενό του που παρουσιάζονται στους ανθρώπους, υπό μορφή ιστοσελίδας.

Οι καταχωρήσεις καταλόγου για τα presences Ιστού μέσα σε μια θέση μπορούν καθιερωθούν με δύο κύριους τρόπους. Πρώτον, μια υπηρεσία ανακάλυψης δικτύου (τμήμα 5.1) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καταχωρήσει αυτόματα οποιαδήποτε παρουσία στο διαδίκτυο που εφαρμόζεται από συσκευές που βρίσκονται στο χώρο του δευτερεύοντος δικτύου του - συσκευές που έχουν συνδεθεί ασύρματα στο εσωτερικό του μέρους ή στα μέρη υποδομής διακομιστών. Εντούτοις, ενώ οι υπηρεσίες ανακάλυψης δικτύων είναι χρήσιμες, υποφέρουν από το πρόβλημα ότι δεν φιλοξενείται όλη η παρουσία Ιστού από τις συσκευές στο υποδίκτυο της θέσης. Η παρουσία ιστού των μη ηλεκτρονικών φυσικών οντοτήτων, όπως οι άνθρωποι, τα έντυπα έγγραφα και τα CD μουσικής που κινούνται στο χώρο ή τίθενται σε αυτό μπορεί να φιλοξενηθούν οπουδήποτε. Αυτές οι παρουσίες web πρέπει να καταχωρηθούν εκεί *manually* ή μέσω μηχανισμών αντίληψης, σε μια διαδικασία που ονομάζεται φυσική εγγραφή (*physical registration*) [Barton et al.2002] - για παράδειγμα, με την αντίληψη των RFID ετικετών τους.

Μια υπηρεσία αποκαλούμενη *web presence manager* [Debaty and Caswell 2001] διαχειρίζεται τις παρούσες θέσεις του Ιστού - παραδείγματος χάριν, όλα τα δωμάτια μέσα σε ένα κτήριο - και μπορεί επίσης να διαχειριστεί τα presences Ιστού των ανθρώπων και των πραγμάτων.

11.4.2 Φυσικοί υπερσύνδεσμοι (Physical hyperlinks)

Οι Web παρουσίες είναι web πόροι όπως κάθε άλλοι πόροι, ώστε ιστοσελίδες να μπορούν να περιέχουν κείμενο ή συνδέσμους εικόνες σε web παρουσίες όπως και κάθε άλλους συνδέσμους. Ο σχεδιασμός του Cooltown επιτρέπει στους ανθρώπους επιπροσθέτως να πηγαίνουν απευθείας στις web παρουσίες από την φυσική πηγή

τους: συγκεκριμένα, το ειδικό φυσικό πρόσωπο, μέρος ή πράγμα που αντιμετώπισαν κατά τις καθημερινές μετακινήσεις τους στον φυσικό κόσμο.

Μια φυσική υπερ-σύνδεση (*physical hyperlink*) είναι κάθε μέσο με το οποίο ένας χρήστης μπορεί να ανακτήσει το URL του για web presence οντότητα από την ίδια τη φυσική οντότητα ή τα άμεσα περιχώρα της. Θεωρούμε τώρα τρόπους εφαρμογής φυσικών υπερσυνδέσεων. Πρώτον, εξετάστε το HTML markup για μια τυπική σύνδεση σε μια ιστοσελίδα, για παράδειγμα:

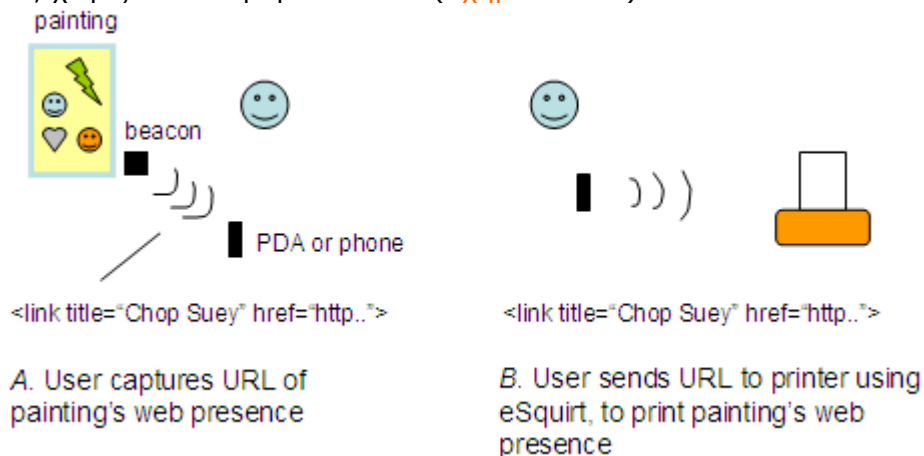
```
<a href=http://cdk4.net/ChopSuey.html> Hopper's painting Chop Suey</a>.
```

Αυτό συνδέει το κείμενο 'Hopper's painting Chop Suey' σε μία ιστοσελίδα <http://cdk4.net/Hopper/html> σχετικά με τον πίνακα ζωγραφικής του Edward Hopper το Chop Suey στο οποίο αναφέρεται. Τώρα, εξετάστε το ζήτημα του πώς ένας επισκέπτης σε ένα μουσείο που συναντά τον πίνακα ζωγραφικής εκεί θα μπορούσε να κάνει κλικ στον πίνακα για να λάβει πληροφορίες σχετικά με τον πίνακα αυτόν στο browser του κινητού τηλεφώνου του, στο PDA του ή σε άλλη φορητή συσκευή. Αυτό θα απαιτήσει έναν τρόπο να ανακαλύψετε το URL της ζωγραφικής από τη φυσική διαμόρφωση της ίδιας της ζωγραφικής. Ένας τρόπος θα ήταν να γράψετε το URL στον τοίχο με ζωγραφική, έτσι ώστε ο χρήστης μπορούσε να το τυπώσει στον browser της συσκευής του. Αλλά αυτό θα ήταν άκομπος και επίπονο.

Αντ' αυτού, Το Cooltown χρησιμοποιεί το γεγονός ότι οι χρήστες έχουν τους αισθητήρες ενσωματωμένες στις συσκευές τους, και ερευνά δύο κύριες προσεγγίσεις για την ανακάλυψη του URL των οντοτήτων μέσω εκείνων των αισθητήρων: *direct sensing* και *indirect sensing*.

Άμεση αντίληψη (Direct sensing): σε αυτό το μοντέλο, η συσκευή του χρήστη αντιλαμβάνεται το URL άμεσα από μια ετικέτα (an 'automatic identification' tag) ή ένα αναγνωριστικό σήμα που συνδέεται με την οντότητα ενδιαφέροντος ή βρίσκεται δίπλα σε αυτή (δείτε το τμήμα 7.3), μια σχετικά μεγάλη οντότητα, όπως ένα δωμάτιο θα μπορούσε να έχει πολλές ετικέτες ή αναγνωριστικά που να βρίσκονται σε ιδιαίτερα εμφανή σημεία. Μια ετικέτα είναι μια παθητική συσκευή ή ένα χειροποίητο αντικείμενο που παρουσιάζει το URL όταν τοποθετεί ο χρήστης τον αισθητήρα της συσκευής του κοντά σε αυτήν. Παραδείγματος χάριν, ένα τηλέφωνο με κάμερα θα μπορούσε σε γενικές γραμμές να εκτελέσει την οπτική αναγνώριση χαρακτήρων ενάντια στο URL μίας πινακίδας ή θα μπορούσε να διαβάσει το URL που κωδικοποιήθηκε σε έναν δισδιάστατο γραμμωτό κώδικα.

Ειδικότερα, το πρόγραμμα Cooltown ανέπτυξε τα αναγνωριστικά σήματα υπό μορφή μικρών συσκευών (μερικά εκατοστόμετρα) που εκπέμπουν μια σειρά κάθε λίγα δευτερόλεπτα πέρα από τις υπέρυθρες ακτίνες χρησιμοποιώντας ένα one-shot, χωρίς σύνδεση πρωτόκολλο (σχήμα 11.4 A).



Σχήμα 11.4 Capturing and printing the web presence of a painting

Η εκπεμπόμενη σειρά είναι ένα xml- έγγραφο που αποτελείται από το URL της παρουσίας Ιστού της οντότητας και ενός σύντομου τίτλου. Πολλές φορητές συσκευές όπως τα κινητά τηλέφωνα και PDAs έχουν ενσωματώσει τους υπέρυθρους πομποδέκτες και είναι έτσι σε θέση να λαμβάνουν εκείνες τις σειρές. Όταν ένα πρόγραμμα πελατών λαμβάνει τη σειρά (string), μπορεί, παραδείγματος χάριν, είτε να αναγκάσει τον ξεφυλλιστή της συσκευής για να πάει στο λαμβανόμενο URL άμεσα είτε αυτό μπορεί να δημιουργήσει έναν σύνδεσμο υπερκειμένου από το λαμβανόμενο τίτλο στο λαμβανόμενο URL και να προσθέσει εκείνο τον σύνδεσμο υπερ-κειμένου σε έναν κατάλογο λαμβανόμενων συνδέσμων υπερκειμένου, τον οποίο ο χρήστης μπορεί να επιλέγει όποτε θέλει.

Έμμεση αντίληψη (Indirect sensing): η έμμεση αντίληψη είναι όπου η συσκευή του χρήστη λαμβάνει ένα προσδιοριστικό από μια ετικέτα ή ένα αναγνωριστικό σήμα, το οποίο ψάχνει μέχρι να αποκτήσει μια διεύθυνση URL. Η αισθητήρια συσκευή ξέρει το URL ενός resolver – ένας κεντρικός υπολογιστής ονομάτων που διατηρεί μια συλλογή των κτηρίων από τα προσδιοριστικά σε URLs και που επιστρέφει τοURL συνδεδεμένο στο δεδομένο προσδιοριστικό [Kindberg 2002]. Ιδανικά, ο όρος διάστημα χρησιμοποιήθηκε για την οντότητα αναγνωριστικών η οποία θα είναι αρκετά μεγάλη για να επιτρέψει σε κάθε φυσική οντότητα να έχει ένα μοναδικό αναγνωριστικό και, συνεπώς, να καταργηθεί η δυνατότητας για ambiguity. Εντούτοις, σε γενικές γραμμές, τα τοπικά προσδιοριστικά θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν εφ' όσον μόνο πάντα φαίνονται να καταναλώνουν ένα τοπικό resolver – διαφορετικά, πλαστά αποτελέσματα θα επιτευχθούν δεδομένου ότι κάποιος άλλος να έχει χρησιμοποιήσει το ίδιο προσδιοριστικό για μια διαφορετική οντότητα.

Η έμμεση αντίληψη χρησιμοποιείται μερικές φορές επειδή οι περιορισμοί στην τεχνολογία ετικετών σημαίνει ότι η άμεση αντίληψη URL είναι αδύνατη. Παραδείγματος χάριν, οι γραμμικοί γραμμωτοί κώδικες (barcodes) δεν έχουν την ικανοποιητική ικανότητα να αποθηκεύσουν ένα αυθαίρετο URL, οι φτηνές ετικέτες RFID αποθηκεύουν μόνο ένα καθορισμένου μήκους δυαδικό προσδιοριστικό. Σε κάθε περίπτωση, το αποθηκευμένο αναγνωριστικό πρέπει να εξεταστεί προκειμένου να αποκτήσει URL παρουσία Ιστού.

Αλλά υπάρχει επίσης ένας θετικός λόγος να χρησιμοποιηθεί η έμμεση αντίληψη (indirect sensing): επιτρέπει σε μια δεδομένη φυσική οντότητα να έχει ένα σύνολο παρουσίες web αντί για μία. Ακριβώς όπως η ίδια φράση 'Horper's painting Chop Suey' θα μπορούσε να εμφανιστεί σε διάφορες ιστοσελίδες, αλλά να συνδέεται με διαφορετικές ιστοσελίδες, έτσι μια δεδομένη φυσική ζωγραφική θα μπορούσε να οδηγήσει σε διαφορετικές παρουσίες web ανάλογα με την επιλογή του resolver. Για παράδειγμα, μια παρουσία στο διαδίκτυο της ζωγραφικής θα μπορούσε να είναι μια σύνδεση με μια υπηρεσία που να τυπώνει ένα αντίγραφο σε ένα κοντινό εκτυπωτή στο μουσείο. Άλλη δικτυακή παρουσία για την ίδια τη ζωγραφική θα μπορούσε να είναι μια σελίδα που να παρέχει πληροφορίες σχετικά με την ζωγραφική από ένα ανεξάρτητο τρίτο μέρος που να μην έχει σχέση με το μουσείο.

Η εφαρμογή του resolution ακολουθεί την αρχιτεκτονική του ιστού, στον οποίο κάθε resolver είναι μια ανεξάρτητη ιστοσελίδα. Το λογισμικό πελατών είναι ένας ξεφυλλιστής που αυξάνεται από ένα απλό plug-in. Οι resolvers παρέχουν ηλεκτρονικές φόρμες που περιέχουν ένα πεδίο το οποίο ο πελάτης γεμίζει σαν πλευρά - επίδραση της αντίληψης, παρά την παρουσίαση του τομέα στο χρήστη για τη χειρωνακτική είσοδο. ως παρενέργεια της τηλεπισκόπησης, αντί να παρουσιάζουν το πεδίο στο χρήστη για χειροκίνητη έναρξη. Όταν ο χρήστης, για παράδειγμα, σαρώνει ένα γραμμικό κώδικα, το συνακόλουθο αναγνωριστικό συμπληρώνεται αυτόματα στη μορφή και τις θέσεις του πελάτη με τη μορφή του resolver. Ο resolver επιστρέφει την αντίστοιχη διεύθυνση URL, αν υπάρχει τέτοια.

Δεδομένου ότι οι resolvers είναι οι ίδιοι δικτυακοί πόροι, ο χρήστης περιηγείται σε αυτούς όπως θα έκανε σε οποιαδήποτε άλλη ιστοσελίδα [Kindberg 2002], και ενημερώνεται ο πελάτης με ποιον resolver είναι να το χρησιμοποιήσει.

Ειδικότερα, ο χρήστης μπορεί να πάρει το URL ενός τοπικού resolver χρησιμοποιώντας μια τοπική φυσική υπερ-σύνδεση. Για παράδειγμα, οι διαχειριστές του μουσείου θα μπορούσαν να θεσπίσουν του Cooltown τα αναγνωριστικά σήματα εκπέμποντας το τοπικό resolver's URL, έτσι ώστε οι επισκέπτες θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν το resolver για να αποκτήσουν τοπικά σχετική παρουσία στο διαδίκτυο για τις ζωγραφιές στο εσωτερικό του μουσείου. Ομοίως, εάν τα στοιχεία αναγνώρισης της ζωγραφικής είναι γνωστά και διεθνώς αναγνωρισμένα, τότε οι επισκέπτες θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν άλλα resolvers οπουδήποτε στο Διαδίκτυο - για παράδειγμα, Ένας Ισπανός επισκέπτης μπορεί να χρησιμοποιήσει το σελιδοδείκτη-resolver ενός ισπανικού site σχολιασμό τέχνη κατά την επίσκεψη του σε μουσείο στο Βόρειο Αμερική.

Τέλος, αν και έχουμε επισημάνει μερικά πλεονεκτήματα της indirect sensing πέρα από την direct sensing, Το κυριότερο μειονέκτημά του είναι το επιπλέον ταξίδι-γύρο του πελάτη σε έναν resolver, καθώς και οι συνέπειες για τη λανθάνουσα κατάσταση και την κατανάλωση ενέργειας.

11.4.3 Λειτουργικότητα και το πρωτόκολλο eSquirt

Μια μέθοδος για τη λειτουργικότητα μεταξύ μίας web-present συσκευής στόχου και της φορητής συσκευής του χρήστη είναι να χρησιμοποιήσουμε τυποποιημένα πρωτόκολλα web. Η φορητή συσκευή του χρήστη χρησιμοποιεί μια HTTP GET ή POST λειτουργία, η συσκευή προορισμού απαντά με ένα περιβάλλον εργασίας χρήστη με τη μορφή μιας ιστοσελίδας, την οποία η φορητή συσκευή καθιστά για τον χρήστη. Επιστρέφοντας σε ένα προηγούμενο παράδειγμα, ένα web-present Internet radio μπορεί να παρουσιάσει το URL της υπηρεσίας Ιστού του μέσω ενός αναγνωριστικού στραμμένο προς τα έξω για τους χρήστες του. Ο χρήστης περπατά μπροστά από το radio και δείχνει τον υπέρυθρο δέκτη στην φορητή συσκευή του - ας πούμε το PDA του. ο πελάτης στο PDA του λαμβάνει το URL από radio και πέρναει το URL στον browser του. Το αποτέλεσμα είναι του radio η 'home' σελίδα στο PDA, με ελέγχους για να ρυθμίσει τον ήχο του, να φορτώσει και να παίζει αρχεία ήχου από το PDA, κ.λπ..

Ένας web-present εκτυπωτής σε ένα μουσείο θα μπορούσε να συμπεριφερθεί ομοίως. Ο χρήστης λαμβάνει την αρχική σελίδα του εκτυπωτή μέσω του αναγνωριστικού σήματός του, και μπορεί έτσι να φορτώσει το περιεχόμενο στον εκτυπωτή και να διευκρινίσει του εκτυπωτή τις ρυθμίσεις μέσω ιστοσελίδας. Φυσικά, οι συσκευές όπως οι εκτυπωτές μπορούν να έχουν τα φυσικά διεπαφές με τον χρήστη; αλλά οι απλούστερες συσκευές όπως τα ψηφιακά πλαίσια εικόνων δεν μπορούν, και ένα εικονική διεπαφή του χρήστη είναι έπειτα ουσιαστική.

Η παραπάνω μορφή λειτουργικότητας είναι data-oriented και έτσι ανεξάρτητη συσκευή, όπως τον Ιστό γενικά. Δεδομένου ότι η συσκευή προορισμού παρέχει την δική της διεπαφή χρήστη, ένας χρήστης μπορεί να ελέγξει τη συσκευή μέσω του browser της χωρίς καμία απαίτηση ειδικού λογισμικού. Παραδείγματος χάριν, ένας χρήστης με ένα αρχείο εικόνας στο PDA του μπορεί να την στείλει σε μια αυθαίρετη συσκευή επεξεργασίας εικόνας, είτε πρόκειται για έναν εκτυπωτή ή μια ψηφιακή κορνίζα, ας πούμε και ένας χρήστης με ένα αρχείο ήχου στο PDA του, μπορεί να το ακούσει σε μια αυθαίρετη συσκευή κατανάλωσης ήχου, είτε πρόκειται, για παράδειγμα, μία συχνότητα Διαδικτύου ή ένα «έξυπνο» σύστημα HiFi.

Ένα πρόβλημα με αυτά τα σενάρια είναι ότι ο χρήστης σχετικά με λιγοστούς πόρους φορητής συσκευής, η οποία μπορεί να έχει μια ασύρματη σύνδεση χαμηλού-εύρους ζώνης, είναι στην ικανοποιημένη διάβαση μεταξύ της πηγής του περιεχομένου και βυθίζεται. Υποθέστε ότι ο χρήστης έχει λάβει μια εικόνα μιας ζωγραφικής στο Cooltown-enchanced μουσείο, ή έχει λάβει ένα ακουστικό κομμάτι κάποιου που μιλά για τη ζωγραφική. Σε κάθε περίπτωση, οι τεχνικές προσαρμογής του κεφαλαίου 9 μπορεί να είχαν εφαρμοστεί λόγω των περιορισμένων πόρων όπως το μέγεθος της οθόνης και το εύρος ζώνης, με συνέπεια τις κάπως χαμηλής πιστότητας εκδόσεις της εικόνας ή του ήχου στη

φορητή συσκευή. Όταν ο χρήστης περνά την εικόνα σε έναν εκτυπωτή στο μουσείο, ή τον ήχο στο ραδιόφωνο Διαδικτύου στο δωμάτιο ξενοδοχείων τους, θα είναι παρόντες με χαμηλής ποιότητας εκδόσεις ακόμα κι αν εκείνες οι συσκευές είναι ικανές με υψηλής ποιότητας απόδοση και μπορεί να έχουν μία υψηλού – εύρου ζώνης, συνδεδεμένη με καλώδιο, σύνδεση.

Το πρωτόκολλο eSquirt Cooltown για τη λειτουργικότητα μεταξύ των συσκευών αφαιρεί το πρόβλημα χαμηλής πιστότητας– αποφεύγει την πολύτιμη κατανάλωση εύρους ζώνης και ενέργειας – με τη διάβαση του URL του περιεχομένου από μια συσκευή σε άλλη, αντί το ίδιο το περιεχόμενο. Στην πραγματικότητα, το πρωτόκολλο είναι ίδιο με αυτό που χρησιμοποιείται για να στείλει ένα URL από ένα αναγνωριστικό σήμα Cooltown σε μια συσκευή πέρα από τις υπέρυθρες ακτίνες (σχήμα 11.4B). οι συσκευές περνούν αυτή τη μικρή ποσότητα δεδομένων πέρα από το χαμηλής - ενέργειας υπέρυθρο μέσο, και αυτή είναι η μόνη λειτουργία δικτύων στην οποία κάθε συσκευή εμπλέκεται κατά την διάρκεια του eSquirt πρωτόκολλο με τον εαυτό της. Εντούτοις, η λαμβάνουσα συσκευή μπορεί έπειτα να ενεργήσει ως πελάτης Ιστού για να ανακτήσει το περιεχόμενο που χρησιμοποιεί το URL, και να εκτελέσει μια λειτουργία όπως η απόδοση των επακόλουθων στοιχείων.

Παραδείγματος χάριν, ένας χρήστης που έχει λάβει το URL μιας εικόνας ενός πίνακα ζωγραφικής Horper από ένα αναγνωριστικό δίπλα στους πίνακες ζωγραφικής, στέλνει την διεύθυνση URL σε έναν εκτυπωτή χρησιμοποιώντας το PDA του που είναι συμβατό με το eSquirt. Το πρωτόκολλο που χρησιμοποιεί το eSquirt είναι αναξιόπιστο, αλλά, όπως με ένα τηλεχειριστήριο της τηλεόρασης, εάν η μετάδοση αποτύχει έπειτα ο χρήστης πιέζει το κουμπί "squirt" πάλι έως ότου επιβεβαιώσει η ανατροφοδότηση στον εκτυπωτή την επιτυχία. Ο εκτυπωτής (μάλλον, η υπηρεσία εκτύπωσης, η οποία μπορεί να εφαρμοστεί στην υποδομή) κατόπιν δρά ως πελάτη Ιστού για να ανακτήσει το περιεχόμενο από το URL – in its full-fidelity form – και το εκτυπώνει αυτό.

Η φορητή συσκευή του χρήστη μπορεί να ενεργήσει σαν μία ανεξάρτητη συσκευή clipboard for URLs, παρόμοια με μια ανεξάρτητη εφαρμογή clipboard για δεδομένα σε copy-and-paste λειτουργίες σε ένα desktop περιβάλλον εργασίας χρήστη. Ο χρήστης χρησιμοποιεί τη συσκευή για να 'copy and paste' URLs μεταξύ των πηγών και των sinks για να μεταφέρει το περιεχόμενο μεταξύ τους.

Η ανεξαρτησία της συσκευής είναι το σημαντικότερο πλεονέκτημα του παραδείγματος eSquirt. Το πρωτόκολλο eSquirt λειτουργεί πάντα τον ίδιο τρόπο, αυτό που διαφέρει είναι η επεξεργασία του URL από τον παραλήπτη. Εντούτοις, ο χρήστης πρέπει να έχει μια λογική ιδέα ποιων συνδυασμών URLs και λήψεις συσκευών έχουν νόημα. Ο λαμβάνων σχεδιαστής της συσκευής πρέπει να αναμείνει μερικά λάθη: ένας χρήστης μπορεί να squirt κατα λάθος ένα URL ενός αρχείου ήχου σε έναν εκτυπωτή. Εντούτοις, είναι ακόμα μη ενδεδειγμένο να σχεδιαστούν τέτοια λάθη εκ των προτέρων. Τα μέτρα πρόληψης, όπως ο τύπος ελέγχου, μπορεί να οδηγήσουν στα φαινόμενα των χαμένων ευκαιριών και της εύθραυστης λειτουργικότητας που προσδιορίσαμε μέσα στο τμήμα 5.2.

Ενώ η απλότητα είναι μια δύναμη του πρωτοκόλλου eSquirt, ένα μειονέκτημα είναι ότι στηρίζεται στη χρησιμοποίηση των τοποθετήσεων προεπιλογής στη λαμβάνουσα συσκευή, ή χρησιμοποιεί τους φυσικούς ελέγχους για να εισαγάγει τις ρυθμίσεις του. Δηλαδή το eSquirt δεν αφορά το παράδειγμα λειτουργικότητας με το οποίο αρχίσαμε αυτήν την υποενότητα, κατά το οποίο μια συσκευή πελατών αποκτά μια εικονική διεπαφή χρήστη για τον έλεγχο των ρυθμίσεων της συσκευής προορισμού.

11.5 Υποστήριξη της Συνεργασίας σ'ένα Περιβάλλον Περιρρέουσας Νοημοσύνης

Στην ενότητα αυτή περιλαμβάνονται διάφορες περιπτώσεις ΣΔΥ, με ιδιαίτερη έμφαση σε θέματα συνεργασίας. Συγκεκριμένα, γίνεται αναφορά σε μια εφαρμογή στο σπίτι, περιβάλλοντα εκπαίδευσης και συστήματα που

επιτρέπουν την συναντίληψη μεταξύ μελών μιας κατανεμημένης ομάδας.

11.5.1 Το Έξυπνο Σπίτι

Η ενσωμάτωση της Περιρρέουσας Νοημοσύνης στο χώρο του σπιτιού θα μας επιτρέψει να υλοποιήσουμε νέες εφαρμογές, οι οποίες θα ξεπερνούν κατά πολύ τις υπάρχουσες εφαρμογές "αυτοματισμού σπιτιών". Είναι γνωστό ότι υπάρχουν σύγχρονα σπίτια εξοπλισμένα με ενσύρματα ή ασύρματα δίκτυα και αισθητήρες φωτός, θερμοκρασίας, υγρασίας, ήχου, κλπ, στα διάφορα δωμάτια. Ήδη υπάρχει η δυνατότητα εντοπισμού της θέσης του ενοίκου και ανάλογης παροχής ορισμένων υπηρεσιών (π.χ. προσαρμογή εξωτερικού και εσωτερικού φωτισμού, ασφάλιση σπιτιού όταν ο ένοικος απουσιάζει, κλπ). Το έξυπνο σπίτι εκμεταλλεύεται αυτές τις δυνατότητες και, υλοποιώντας τις τελευταίες τεχνολογικές εξελίξεις, μπορεί να μαθαίνει τις προσωπικές μας προτιμήσεις, να προσαρμόζεται σε αυτές, παρέχοντας συνεχώς νέες δυνατότητες (σχήμα 11.5).



Σχήμα 11.5 Επικοινωνία των Αντικειμένων σε ένα Σπίτι με Διάχυτο Υπολογισμό
Το ψυγείο επικοινωνεί με τον υπολογιστή, η καρέκλα με το στερεοφωνικό, το ρούχο με την ηλεκτρική σκούπα, κλπ (από το δικτυακό τόπο της εταιρίας Siemens).

11.5.2 Ένα σενάριο:

Η Βάλια ζει στην Αθήνα και εργάζεται στο τμήμα προώθησης προϊόντων μιας μικρομεσαίας ιδιωτικής επιχείρησης. Τα τελευταία τρία χρόνια μένει σε ένα "έξυπνο" δωάρι διαμέρισμα, και όπως λέει και η ίδια "η ζωή της έχει αλλάξει...". Αισθάνεται το σπίτι της όχι απλά σαν ένα χώρο που της παρέχει προστασία και ξεκούραση, αλλά σαν το δικό της προσωπικό "τζίνι", εξοπλισμένο με ατελείωτες δυνατότητες, αλλά και με την ικανότητα να μαθαίνει τις προσωπικές της προτιμήσεις και να παρέχει συνεχώς νέες υπηρεσίες.

Από την αρχή, το σπίτι παρείχε όλες τις συνηθισμένες διευκολύνσεις σε σχέση με τις συνθήκες διαβίωσης. Σε όλα τα δωμάτια υπάρχουν αισθητήρες

φωτός, θερμοκρασίας, υγρασίας και ήχου για την αυτόματη ρύθμιση της έντασης του εξωτερικού και εσωτερικού φωτισμού και της θερμοκρασίας. Το σπίτι είναι εξοπλισμένο με σύγχρονη υποδομή πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών, που επιτρέπει τον εντοπισμό της θέσης της μέσα στο σπίτι και την ενεργοποίηση των συσκευών του αντίστοιχου δωματίου, ώστε να της μεταφερθούν εκεί τηλεφωνήματα, ο ήχος της μουσική ή η εικόνα της τηλεόρασης και του υπολογιστή της.

Όπως όμως ανακάλυψε σιγά-σιγά, το σπίτι της παρείχε μια ακόμη εκπληκτική δυνατότητα: μπορούσε να "συνδιαλλαγεί" με αντικείμενα καθημερινής χρήσης (έπιπλα, ρούχα, βιβλία, συσκευές, κλπ), αρκεί αυτά να είχαν τη δυνατότητα εκτέλεσης υπολογισμών και ασύρματης επικοινωνίας. Και το σημαντικότερο: μπορεί η ίδια να καθορίσει τις υπηρεσίες που προκύπτουν από τη συνεργασία μεταξύ των αντικειμένων, χρησιμοποιώντας τον προσωπικό της ψηφιακό βοηθό, ή κάποια από τις δικτυωμένες τηλε-οθόνες. Μετά από πολλές προσπάθειες ("το παραδέχομαι, μερικές φορές σκέφτηκα να ετοιμάσω τις βαλίτσες μου", λέει) κατάφερε να βελτιώσει πολλές από τις καθημερινές της δραστηριότητες, εμπλέκοντας ενεργά το έξυπνο σπίτι της σε αυτές!

Έτσι, το πρωί όταν χτυπά το ξυπνητήρι της, ανοίγουν μετά από λίγο και οι κουρτίνες – όμως η φωτεινότητα του δωματίου αυξάνει σιγά-σιγά, καθώς το σπίτι "έμαθε" ότι δεν της αρέσει το απότομο ξύπνημα. Σε λίγο το δωμάτιο αποκτά άπλετο φως που την βοηθάει να ξυπνήσει με κέφι. Βέβαια, όταν ο καιρός είναι βροχερός και μουντός, το σπίτι φροντίζει να της δείξει ορισμένες από τις φωτογραφίες που τράβηξε ο Μαρκ στην τελευταία του επίσκεψη στην Ταϋλάνδη. Μερικές φορές μάλιστα την προτρέπει να του τηλεφωνήσει, εμφανίζοντας ένα απαλό φως γύρω από τη φωτογραφία του που βρίσκεται στο κομοδίνο της – είναι δυνατό το σπίτι της να "συμπαθεί" τον Μαρκ;

Όταν αποφασίσει να σηκωθεί από το κρεβάτι, με το που θα φορέσει τις παντόφλες της αρχίζει να ετοιμάζεται ζεστός καφές. Αυτή ήταν η πρώτη "σύνδεση" που κατάφερε: μόλις οι παντόφλες της καταλάβουν ότι πατάει πάνω τους (και με ορισμένες προϋποθέσεις, όπως ότι πατούσε αυτή η ίδια και όχι ο γάτος της), στέλνουν εντολή στην καφετιέρα να αρχίσει το βράσιμο του νερού (αργότερα πρόσθεσε και μια μικρή πολυτέλεια: την εντολή στο θερμοσίφωνα να ετοιμάσει ζεστό νερό). Ευτυχώς η καφετιέρα "έμαθε" γρήγορα τις σωστές αναλογίες, ενώ μπορεί και επικοινωνεί με το ψυγείο, 2-3 ημέρες πριν τελειώσει ο καφές. Το ψυγείο της Βάλιας είναι αρκετά έξυπνο ώστε να στέλνει δύο φορές την εβδομάδα στο δικτυακό τόπο του πολυκαταστήματος της γειτονιάς κατάλογο με τα είδη που χρειάζονται αναπλήρωση.

Μετά το πρωινό και τον καφέ φεύγει από το σπίτι για τη δουλειά, όπως κάνει κάθε μέρα. Σήμερα όμως καθώς πηγαίνει να βγει από την πόρτα, παρατηρεί ότι ένα από τα σποτ-φώτα του σπιτιού της δείχνει την ομπρέλα της. "Α, μάλλον το δελτίο καιρού θα προβλέπει για σήμερα βροχή" σκέφτεται η Βάλια, παίρνει λοιπόν την ομπρέλα μαζί της καλού κακού, και φεύγει. Φεύγοντας, σβήνουν όλα τα φώτα και οι συσκευές πίσω της, για οικονομία ενέργειας, και τα παράθυρα κλειδώνουν. Το βράδυ που θα επιστρέψει, μετά από μία κουραστική μέρα, το σπίτι θα την υποδεχθεί με χαλαρωτική μουσική, και η μπανιέρα θα έχει ετοιμάσει ένα ζεστό αφρόλουτρο.

Τεχνολογία:

Πολλές από τις δυνατότητες που περιγράφονται στο σενάριο αυτό είναι σήμερα τεχνολογικά εφικτές, αλλά με τρόπο όχι οικονομικό. Οι περισσότερες οικιακές συσκευές διαθέτουν ενσωματωμένους επεξεργαστές, και σιγά-σιγά ενσωματώνουν και τη δυνατότητα ασύρματης επικοινωνίας. Όμως η μετατροπή ενός αντικειμένου σε "τεχνούργημα" (δηλαδή η κατασκευή αντικειμένων που ενσωματώνουν ΤΠΕ) απαιτεί την επίλυση τεχνολογικών προβλημάτων, όπως παροχή ισχύος και αξιόπιστη λειτουργία, αλλά και περισσότερο "λεπτών" ζητημάτων, όπως ενσωμάτωση των νέων δυνατοτήτων στη φόρμα του αντικειμένου, και επανασχεδίαση της διάδρασης του ανθρώπου με τα

αντικείμενα.

Η εγκατάσταση ενός ασύρματου δικτύου είναι εύκολη, αλλά πρέπει να λυθούν ζητήματα όπως ισχύς, εμβέλεια, αξιοπιστία, ασφάλεια, υγιεινή, κλπ, πριν αρχίσει η μαζική εγκατάσταση δικτύων στο σπίτι. Και βέβαια, δεν είναι δεδομένη η σωστή επικοινωνία ανάμεσα στις διάφορες συσκευές, καθώς αυτές συνήθως θα προέρχονται από διαφορετικούς κατασκευαστές και η καθεμία θα "μιλά τη δική της γλώσσα".

Όλες αυτές οι δυνατότητες όμως, θα καταλήξουν σε μία μικρή "τεχνολογική δικτατορία" μέσα στο σπίτι, αν ο κάτοικος δεν είναι σε θέση να κατανοεί τι συμβαίνει κάθε φορά και να ελέγχει το περιβάλλον του. Ο κάτοικος θα πρέπει να έχει στη διάθεση του κατάλληλα σχεδιασμένα εργαλεία, ώστε αφενός να μπορεί με εύληπτο τρόπο να κατανοήσει τη λειτουργία κάθε αντικειμένου και του έξυπνου σπιτιού συνολικά, και αφ' έτερου να την τροποποιήσει, ή να την ακυρώσει, ή να δημιουργήσει εντελώς νέες λειτουργίες που εξυπηρετούν τις δικές του ανάγκες.

11.6 Συνεργατική Μάθηση σε Περιβάλλον Περιρρέουσας Νοημοσύνης

Η εκπαίδευση είναι μια κοινωνική δραστηριότητα που μπορεί να αλλάξει ριζικά και να βελτιωθεί θεαματικά με τη βοήθεια της Περιρρέουσας Νοημοσύνης. Η εκπαίδευση διεξάγεται παραδοσιακά σε κλειστούς χώρους. Με τη βοήθεια της ΠΝ μπορεί να ξεπεραστούν τα φυσικά όρια του χώρου, και οι εκπαιδευόμενοι να συνεργάζονται ενώ βρίσκονται σε απομακρυσμένα σημεία, ενώ ταυτόχρονα αποκτούν απεριόριστη πρόσβαση σε πηγές και υλικό. Η δικτυακή υποδομή που απαιτεί η ΠΝ θα μπορεί να υποστηρίξει όλα τα είδη επικοινωνίας, σε πραγματικό χρόνο ή όχι.

11.6.1 Ένα σενάριο:

Ας ακολουθήσουμε τον Αλέξη, ένα μαθητή της Α' Λυκείου, σε μια "τυπική" ημέρα στο σχολείο. Ήδη από το πρωί, ο Αλέξης έχει προγραμματίσει να συμμετάσχει σε μια "τάξη" Φυσικής. Για να είμαστε πιο ακριβείς, δεν το προγραμματίσε ο ίδιος, αλλά ο Ντικ, ο έξυπνος ψηφιακός βοηθός του, τον οποίο μεταφέρει πάντα μαζί του. Ο Ντικ λοιπόν, επικοινωνώντας με τους αντίστοιχους βοηθούς των συμμαθητών του Αλέξη, και διαπίστωσε ότι ο Κώστας και η Ελεάννα "ταιριάζουν", δηλαδή έχουν παρόμοια ενδιαφέροντα. Έτσι, οι ψηφιακοί βοηθοί συμφώνησαν ότι οι τρεις τους (Αλέξης, Κώστας και Ελεάννα) θα συγκροτήσουν μια κοινή εργαστηριακή ομάδα. Ο Αλέξης θα προτιμούσε να συμμετέχει και η Μαριέττα (είχε δώσει ρητή εντολή στο Ντικ), αλλά φαίνεται ότι αυτή είχε κλείσει ήδη να συμμετέχει σε άλλη ομάδα (φυσικά, με την ίδια διαδικασία, δηλαδή μέσω του ψηφιακού βοηθού της). Ο Ντικ το εξήγησε στον Αλέξη, αλλά αυτός ακόμη δεν είναι σίγουρος - πιστεύει ότι ο Ντικ δεν προσπάθησε πολύ, γιατί θεωρεί ότι η Ελεάννα ταιριάζει με τον Αλέξη περισσότερο απ' ό,τι η Μαριέττα (όντως, μπορεί ο Ντικ να μην έχει μάθει τον Αλέξη τόσο καλά ακόμη...).

Ο Αλέξης είναι ένα σύγχρονο παιδί. Προτιμά να ντύνεται με ρούχα όχι εντυπωσιακά αλλά λειτουργικά, τα οποία περιλαμβάνουν ακουστικά και μικρόφωνο, και αισθητήρες που φροντίζουν να διατηρούν ευχάριστη τη θερμοκρασία του σώματός του και να φιλτράρουν τον αέρα. Όπως όλοι οι φίλοι του, διαθέτει τον προσωπικό ψηφιακό βοηθό του (το Ντικ) από την Α' Δημοτικού. Ο Ντικ παρακολουθεί συνεχώς τον Αλέξη, κι έτσι τον μαθαίνει όλο και καλύτερα - τις δεξιότητές του, τις δυσκολίες του, τις προτιμήσεις του, κλπ. Ο Ντικ είναι συνεχώς συνδεδεμένος στο διαδίκτυο, και μπορεί να χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες της Περιρρέουσας Νοημοσύνης για να βοηθά τον Αλέξη στις καθημερινές του δραστηριότητες: από τη διατροφή και τη διασκέδαση, μέχρι τις καθημερινές μετακινήσεις του, τις σχολικές και εξωσχολικές του

δραστηριότητες, την ενημέρωσή του, κλπ.

Το εργαστήριο Φυσικής θα πραγματοποιηθεί σήμερα στην αίθουσα Ο12 του γειτονικού Πανεπιστημίου. Ο Αλέξης δεν έχει ξαναπάει εκεί, αν και μερικές φορές συχνάζει στο κυλικείο του Πανεπιστημίου. Δεν μπορεί ν'αντισταθεί – το κυλικείο διαθέτει τεράστιους τοίχους-οθόνες, μερικές από τις οποίες λειτουργούν ως χώρος συζητήσεων, ενώ σε άλλες παίζονται καταπληκτικά τρισδιάστατα παιχνίδια! Καθώς ο Αλέξης ετοιμάζεται να βγει από το χώρο του Λυκείου, ζητά από τον Ντικ να τον ενημερώσει για τις εργαστηριακές ασκήσεις που περιλαμβάνει το σημερινό πρόγραμμα. Ο Ντικ του διαβάσει τις εκφωνήσεις, του υπενθυμίζει ότι πρόκειται να υλοποιήσουν ένα πείραμα που ο κάθε μαθητής έχει προετοιμάσει ατομικά στο σπίτι του, και του προτείνει μια σύντομη επανάληψη της σχετικής θεωρίας. Γιατί όχι; Ο Αλέξης έχει 10' περπάτημα μέχρι να φτάσει στο χώρο του Πανεπιστημίου. Καθώς ο Ντικ του διαβάσει τμήματα της θεωρίας, ο Αλέξης εντοπίζει κάποια σημαντικά σημεία που είχε αρχίσει να ξεχνά. Κάποια στιγμή στο μέσο της διαδρομής, ο Αλέξης λέει στον Ντικ να σταματήσει προσωρινά την αφήγηση και να τον φέρει άμεσα σε επικοινωνία με τους άλλους δύο της ομάδας (τον Κώστα και την Ελεάννα). Καθώς αρχίζει η συζήτηση, ο Αλέξης ζητά από τον Ντικ να προβάλλει σε όλους ένα παλαιότερο πείραμα που μοιάζει με το σημερινό. Τα τρία παιδιά βλέπουν το πείραμα (ο Αλέξης και ο Κώστας στις οθόνες των βοηθών τους και η Ελεάννα στα καινούρια προσαρμοζόμενα ολογραφικά γυαλιά της) και, με βάση τα ενδιαφέροντά τους, μοιράζουν μεταξύ τους τις αρμοδιότητες που θα αναλάβουν στο σημερινό εργαστήριο. Τα παιδιά προγραμματίζουν να συναντηθούν στην είσοδο της αίθουσας, αν και κανένα δε γνωρίζει που βρίσκεται, και κλείνουν τη σύντομη επικοινωνία τους.

Καθώς ο Αλέξης πλησιάζει στο χώρο του Πανεπιστημίου, ζητά από τον Ντικ να συνοψίσει τα βήματα του πειράματος που του αναλογούν, και να του δείξει ένα σχέδιο της αίθουσας Ο12 (που ο Ντικ λαμβάνει άμεσα από το δικτυακό τόπο του Πανεπιστημίου). Ο Αλέξης επιλέγει ένα πάγκο κοντά στο παράθυρο και ζητά από τον Ντικ να τον "κλείσει" για την ομάδα του. Καθώς εισέρχεται στο Πανεπιστήμιο, ο Ντικ φροντίζει να ενημερώσει το "περιβάλλον" (την Περιρρέουσα Νοημοσύνη) ότι ο Αλέξης δε γνωρίζει τη διαδρομή προς την αίθουσα Ο12. Έτσι, ο Αλέξης δεν έχει παρά να ακολουθήσει τα φωτεινά σήματα που εμφανίζονται στους τοίχους και τις πόρτες των κτιρίων.

Τα τρία παιδιά συναντιούνται στην είσοδο της Ο12 και προχωρούν προς τον πάγκο με αριθμό 4. Μόλις κάθονται γύρω του, τρεις επίπεδες ενσωματωμένες οθόνες ενεργοποιούνται και τους καλωσορίζουν. Οι έξυπνοι βοηθοί των παιδιών έχουν ήδη φροντίσει να ενημερώσουν την αίθουσα για τα μαθησιακά προφίλ των μαθητών, ενώ η παρουσία των μαθητών αναγνωρίζεται από την ψηφιακή ετικέτα που φέρει κάθε μαθητής. Αμέσως ο Αλέξης ζητά να μεταφερθεί η προβολή στο γειτονικό παράθυρο, ώστε να κερδίσει χώρο πάνω στον πάγκο. Επάνω του βρίσκονται τα συνηθισμένα εργαλεία, αλλά και ένα νέο. Η Ελεάννα το ακουμπά και αμέσως προβάλλονται στα γυαλιά της πληροφορίες για τη λειτουργία του και οδηγίες χρήσης.

Ο καθηγητής μπαίνει στην αίθουσα και πηγαίνει στην έξυπνη έδρα, η οποία τον ενημερώνει ότι όλοι οι μαθητές του (εκτός από δύο) είναι παρόντες, και επομένως το μάθημα μπορεί να ξεκινήσει. Η έδρα του καθηγητή επικοινωνεί με τους πάγκους των μαθητών μέσα από ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο. Ο καθηγητής ζητά από την αίθουσα να επαναλάβει την εργαστηριακή άσκηση. Ο ίδιος έχει ετοιμάσει μια παρουσίαση της θεωρίας του μαθήματος, και ζητά από την αίθουσα να αρχίσει την προβολή της. Καθώς ξεκινά να μιλά, τα φώτα στην αίθουσα ρυθμίζονται ανάλογα (χαμηλώνουν ελαφρώς τα φώτα προς τους μαθητές, και φωτίζεται λίγο περισσότερο ο καθηγητής), και ξεκινά η αυτόματη προβολή του υλικού που έχει ετοιμάσει ο καθηγητής στον έξυπνο πίνακα. Οι έξυπνοι βοηθοί των μαθητών λαμβάνουν την παρουσίαση, την προβάλλουν στις οθόνες των πάγκων, και καταγράφουν τις σημειώσεις που κρατά κάθε μαθητής. Τα τρία παιδιά συμφωνούν να επιτρέψουν στους βοηθούς τους να

ανταλλάσσουν σημειώσεις.

Εκείνη τη στιγμή στις οθόνες κάθε μαθητή εμφανίζεται η αίτηση της Τριανταφυλλιάς να συμμετάσχει στο εργαστήριο. Η Τριανταφυλλιά είναι η μια από τις δύο μαθήτριες που απουσιάζουν, και έχει πάρει άδεια από τον καθηγητή να συμμετάσχει από το σπίτι της. Τα τρία παιδιά (και ιδιαίτερα ο Κώστας) της προτείνουν να ενταχθεί στην ομάδα τους. Αυτή συμφωνεί, και οι προσωπικοί βοηθοί των τριών παιδιών αναλαμβάνουν να ενημερώσουν τον προσωπικό βοηθό της Τριανταφυλλιάς για το σημερινό εργαστήριο.

Στο μεταξύ, ο καθηγητής σταματά προσωρινά τη διάλεξη και ζητά από τους μαθητές να αρχίσουν τη διεξαγωγή του πειράματος. Οι μαθητές δεν επιτρέπεται να συνομιλούν, έτσι τα παιδιά της ομάδας του Αλέξη συνεργάζονται με νεύματα ή με γραπτά σημειώματα που ανταλλάσσουν δια μέσου των ψηφιακών τους βοηθών. Καθώς συναντούν μια δύσκολη έννοια, ο Αλέξης δημοσιεύει στον χώρο συζητήσεων της τάξης μια αίτηση για βοήθεια. Δυστυχώς δεν υπάρχει ανταπόκριση από τους συμμαθητές του, οπότε ο καθηγητής πλησιάζει τον πάγκο τους. Έχοντας ήδη ενημερωθεί για την απορία, ο προσωπικός βοηθός του καθηγητή έχει συνθέσει μια σύντομη παρουσίαση που θα βοηθήσει τα παιδιά να ξεπεράσουν το δύσκολο σημείο. Η προβολή αρχίζει στο παράθυρο που βρίσκεται πίσω από την ομάδα, ενώ το περιβάλλον εργασίας του Αλέξη προσωρινά μεταφέρεται στην οθόνη του πάγκου.

Ο καθηγητής δεν είναι σίγουρος για την απάντηση που πρέπει να δώσει στην απορία του Αλέξη, οπότε ζητά από τον προσωπικό του βοηθό να διερευνήσει ποιοι συνάδελφοι Φυσικοί είναι διαθέσιμοι να βοηθήσουν για μερικά λεπτά. Σε μερικά δευτερόλεπτα, εμφανίζεται στην οθόνη του πάγκου ένας συνάδελφος που βρίσκεται στο αυτοκίνητό του, στο δρόμο για το σχολείο. Συμμετέχει στη συζήτηση, και όταν η απορία λύνεται τους αποχαιρετά.

Στο τέλος του μαθήματος, οι ψηφιακοί βοηθοί προγραμματίζουν τις εργασίες των μαθητών για το σπίτι, καθώς και την επόμενη συνάντηση - πιθανώς με τη συμμετοχή και μερικών άλλων συμμαθητών, των οποίων τα ενδιαφέροντα (απ' ότι λένε οι ψηφιακοί τους βοηθοί) ταιριάζουν με αυτά του Αλέξη, του Κώστα και της Ελεάννας.

Τεχνολογία:

Το σενάριο αυτό περιέχει αρκετά στοιχεία που σήμερα δεν έχουν υλοποιηθεί, βασίζονται όμως σε σημερινές συσκευές ή υπηρεσίες και είναι ενδεικτικά των δυνατοτήτων της ΠΝ. Για παράδειγμα, ο Ντικ αποτελεί εξέλιξη των αρκετά διαδεδομένων ψηφιακών προσωπικών βοηθών (personal digital assistants – PDAs). Σήμερα γίνονται ερευνητικές προσπάθειες για την ενσωμάτωση Τεχνητής Νοημοσύνης σε PDAs, οι οποίες έχουν δείξει θετικά αποτελέσματα σε περιορισμένες εφαρμογές (π.χ. έξυπνο φιλτράρισμα μηνυμάτων, χρήση προφίλ χρήστη στην προσπέλαση πληροφοριών, κλπ). Απέχουμε όμως αρκετά από την υλοποίηση προσωπικών βοηθών που θα επιδεικνύουν κοινωνική νοημοσύνη (social intelligence) και θα είναι ικανοί να λαμβάνουν ορθές αποφάσεις για πολύπλοκα ζητήματα, να αναλαμβάνουν πρωτοβουλίες, να διαπραγματεύονται, να επικοινωνούν με άγνωστα συστήματα λογισμικού και να αντιλαμβάνονται και να ερμηνεύουν το περιβάλλον. Μια συμπληρωματική προσέγγιση είναι η απόπειρα σύνθεσης πολύπλοκων υπηρεσιών από πιο απλές υπηρεσίες. Στο μοντέλο αυτό, τα τεχνουργήματα έχουν αντικατασταθεί από υπηρεσίες τις οποίες ο χρήστης συνθέτει για να υλοποιήσει το σκοπό του. Έτσι, η εκτέλεση ενός πειράματος μπορεί να απαιτεί την πρότερη μελέτη κάποιας ύλης, την ανταλλαγή μηνυμάτων με τους συνεργάτες, την επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο, την καταγραφή σημειώσεων, τη σύνθεση μιας αναφοράς, κλπ (σχήμα 11.6).

Το σενάριο περιλαμβάνει την αναγνώριση της θέσης των ανθρώπων, μια δυνατότητα που σήμερα μπορεί να υλοποιηθεί με διαφορετικές τεχνολογίες (π.χ. GPS σε ανοιχτό χώρο, RFID σε κλειστό χώρο). Ακόμη, υπονοείται η δυνατότητα επίγνωσης του περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκονται οι άνθρωποι,

και προσαρμογής σε αυτό. Πρόκειται για σημαντικό ανοιχτό ερευνητικό ζήτημα, στο οποίο δεν έχει ακόμη δοθεί γενικευμένη επίλυση.



Σχήμα 11.6 Το Σύστημα Classroom2000
Περιλαμβάνει ένα Ψηφιακό Πίνακα (1) και δημιουργεί αυτόματα Σημειώσεις από τη Διάλεξη (2) [Abowd, 1999]

Βιβλιογραφία

Διεπαφή Χρήστη – Υπολογιστή

Δρ. Δημοσθένης Ακουμιανάκης
Κλειδάριθμος

Distributed Systems Concepts and Design

by George Coulouris,
Jean Dollimore and
Tim Kindberg
Addison Wesley

Βιβλίο "Distributed Systems, Concepts and Design"
(G.Coulouris, J.Dollimore, T.Kindberg),
[ISBN 0201619180](#)

Ambient Intelligence in Everyday Life

by Emile Aarts
Springer

Fundamentals of Mobile and Pervasive Computing

by Frank Adelstein,
Sandeep K.S. Gupta,
Golden G. Richard III and
Loren Schwiebert
Mc Graw Hill

Pervasive Computing The mobile World

by Pertti Korhonen,
Philippe Kahn and
Nick Shelness
Springer

Βιβλίο "*Distributed Computing Fundamentals, Simulations, and Advanced Topics*"
(H. Attiya, J. Welch), [ISBN 0471453242](https://doi.org/10.1002/9781119114532)

Άρθρα / Μελέτες / Έρευνες / Διαλέξεις

Η «Αθέατη» Τεχνολογία: Pervasive Computing.

Συμπληρωματική και εξελικτική πορεία με: e-Learning και m-Learning

Απόστολος Ζήβελδης

Πληροφορικός ΠΕ19, M.Sc. Computer Science – Γραφείο Δικτυακής Εκπαιδευτικής Πύλης ΥπεΠΘ

Αθήνα, Ελλάδα

aziveld@sch.gr

Γιάννης Ανδρουλάκης

<http://www.epaggelmaties.com/writer/2001-2003/pervasivecomputing.html>

Συνεργατικά Συστήματα

Διάχυτου Υπολογισμού και

Περιρρέουσας Νοημοσύνης

Αχιλέας Καμέας και Χαράλαμπος Καραγιαννίδης

Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο και Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας



January 2008 (vol. 9, no. 1), art. no. 0801-mds2008010001
1541-4922 © 2008 IEEE

Published by the IEEE Computer Society

Sensor Network Middleware

DAVIM: Adaptable Middleware for Sensor Networks

- | | | | |
|-------------------------------------|----------------|------------------------------------|-------------|
| 1)[Diffie και Hellman, 1976] | σελ.80 | 29)[Pottie και Kaiser, 2000] | σελ.66 |
| 2)[Chaum, 1981] | σελ.83 | 30)[Culler et al. 2001] | σελ.37 |
| 3)[Clark, 1988] | σελ.59 | 31)[Debaty and Caswell, 2001] | σελ.101 |
| 4)[Weiser, 1991] | σελ.15 | 32)[Edwards and Grinter, 2001] | σελ.35 |
| 5)[Wellner, 1991] | σελ.34 | 33)[Elrad et al. 2001] | σελ.90 |
| 6)[Want et al. 1992] | σελ.16, 60 | 34)[Heidemann et al.2001] | σελ.67 |
| 7)[Weiser, 1993] | σελ.12 | 35)[Hightower και Borriello, 2001] | σελ.69, 70 |
| 8)[Harter and Hopper, 1994] | σελ.16, 54, 63 | 36)[Holmquist et al.2001] | σελ.50 |
| 9)[Schilit et al. 1994] | σελ.63 | 37)[ISTAG,2001] | σελ.91 |
| 10)[Ishii and Ullmer, 1997] | σελ.34 | 38)[Kinberg and Barton, 2001] | σελ.99 |
| 11)[Kleinrock 1997] | σελ.12 | 39)[Kindberg and Fox 2001] | σελ.42 |
| 12)[Fox et al. 1998] | σελ.87 | 40)[Langheinrich, 2001] | |
| 13)[Williams, 1998] | σελ.57 | 41)[Murphy et al. 2001] | σελ.56 |
| 14)[Abowd, 1999] | | 42)[Pnnekanti et al.2001] | σελ.87 |
| 15)[Adjie-Winoto et al.1999] | σελ.43, 58 | 43)[Satyanarayanan, 2001] | σελ.88 |
| 16)[Arnold et al.1999] | σελ.47 | 44)[Al-Muhtadi et al. 2002] | σελ.83 |
| 17)[Czerwinski et al. 1999] | σελ.43 | 45)[Balazinka et al. 2002] | σελ.51 |
| 18)[Guttman, 1999] | σελ.43 | 46)[Balfanz et al. 2002] | σελ.78, 79 |
| 19)[Imielinski και Navas, 1999] | σελ.69 | 47)[Barton et al.2002] | σελ.101 |
| 20)[Noble και Satyanarayanan, 1999] | σελ.88 | 48)[deIrina et al. 2002] | σελ.72 |
| 21)[Norman, 1999] | σελ.92, 97 | 49)[Edwards et al. 2002] | σελ.58 |
| 22)[Raman and McCanne 1999] | σελ.59 | 50)[Harter et al.2002] | σελ.71 |
| 23)[Salber et al. 1999] | σελ.61, 63 | 51)[Hightower et al.2002] | σελ.73, 103 |
| 24)[Stajano και O Aderson, 1999] | σελ.76, 78, 81 | 52)[Kindberg, 2002] | σελ.38 |
| 25)[Waldo 1999] | σελ.47 | 53)[Kindberg et al. 2002a] | σελ.50, 99 |
| 26)[Hill et al.2000] | σελ.37 | 54)[Kindberg et al. 2002b] | σελ.78, 81 |
| 27)[Kiciman και Fox 2000] | σελ.87 | 55)[Perrig et al.2002] | σελ.75 |
| 28)[Krumm et al.2000] | σελ.72 | 56)[Shih et al.2002] | σελ.36 |

57)[Stajano, 2002]	σελ.81	75)[Sastry et al.2003]	σελ.81
58)[Stojmenovic, 2002]	σελ.15	76)[Want and Pering, 2003]	σελ.85
59)[SWAP-CA, 2002]	σελ.50	77)[Anderson et al. 2004]	σελ.75
60)[Want et al.2002]	σελ.39	78)[Chalmers et al.2004]	σελ.86
61)[Zhang και Kindberg, 2002]	σελ.76	79)[Culler et al.2004]	σελ.65
62)[Balan et al. 2003]	σελ.89	80)[Gehrke και Madden, 2004]	σελ.68
63)[Barr και Asanovic, 2003]	σελ.87	81)[Gibson et al. 2004]	σελ.79
64)[Beresford and Stajano, 2003]	σελ.83	82)[Goyal και Carter, 2004]	σελ.89
65)[Fall, 2003]	σελ.67	83)[Grimm, 2004]	σελ.54
66)[Fox et al. 2003]	σελ.73	84)[Hull et al. 2004]	σελ.70
67)[Graumann et al.2003]	σελ.73	85)[Johanson and Fox, 2004]	σελ.55
68)[Gruteser and Grunwald, 2003]	σελ.82	86)[Martin et al. 2004]	σελ.76
69)[Kindberg και Zhang, 2003b]	σελ.80	87)[Milanovic et al. 2004]	σελ.66
70)[Madhavapeddy et al.2003]	σελ.50, 79	88)[Ponnekanti and Fox, 2004]	σελ.53
71)[Markopoulos, 2003]	σελ.74	89)[Want, 2004]	σελ.72
72)[Mavrommati, 2003]	σελ.98	90)[Alcaniz, 2005]	σελ.93
73)[Ohkubo et al. 2003]	σελ.82	91)[Christopoulou, 2005]	σελ.94
74)[Patel and Abowd, 2003]	σελ.50	92)[Kameas, 2005]	σελ.93, 94

The Coming Age of Calm Technology [Weiser, 1996]

[Harter and Hopper, 1994]

Harter A. and Hopper A. (1994). A distributed location system for the active office. IEEE Network, Vol. 8. January/February 1994. pp 62-70

[Stajano and Aderson, 1999]

Stagano F. and Aderson R. (1999). The Resurrecting Duckling: Security Issues for Adhoc Wireless Networks. Proceedings 7th International Workshop on Security Protocols. Springer-Verlag. pp.172-194.

[Madhavapeddy et al.2003]

Madhavapeddy A. Scott D. Sharp R. (2003). Context-aware computing with sound. Proceedings Fifth International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp 2003), Seattle, WA, USA, October, pp.315-332

Για περισσότερες διευκρινίσεις άρθρων και μελετών ανατρέξτε στο βιβλίο Βιβλίο "*Distributed Systems, Concepts and Design*"(G.Coulouris, J.Dollimore, T.Kindberg),απο το οποίο έγινε και ο δανεισμός [ISBN 0201619180](https://doi.org/10.1002/9781118191800)

Ιστοσελίδες

www.xbow.com (motes-κόκκους) παράγραφο 4.2.2

www.zeroconf.org (Zero Configuration Networking) κεφάλαιο 5

www.apple.com (κεφάλαιο 5)

www.w3.org XX (Σημασιολογικός Ιστός 'Semantic Web') παράγραφο 6.3

www.dtnrg.org (Οι όροι Disruption Tolerant Networking και Delay Tolerant Networking χρησιμοποιούνται σε πρωτόκολλα για την επίτευξη υψηλότερων επιπέδων μεταφορών σε πτητικά (και συνήθως ετερογενή) δίκτυα) παράγραφο 7.2.2

www.ipnsig.org (οι τεχνικές που προορίζονται όχι μόνο για τα δίκτυα αισθητήρων αλλά και για άλλα πτητικά δίκτυα όπως τα διαπλανητικά συστήματα επικοινωνιών χρειάστηκαν για διαστημική έρευνα) παράγραφο 7.2.2

www.openmobilealliance.org (Open Mobile Alliance (OMA)) παράγραφο 9.1

www.ece.rutgers.edu/~parashar/Classes/02-03/ece572/perv-reading/pc-overview.pdf (Pervasive Computing: A Paradigm for the 21st Century)

Σχήματα

(1) Σχήμα 1.1 Χαρακτηριστικό παράδειγμα του Internet.....	σελ.9
(2) Σχήμα 1.2 Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα Intranet.....	σελ.10
(3) Σχήμα 1.3 Φορητές συσκευές σε ένα κατανομημένο σύστημα.....	σελ.12
(4) Σχήμα 2.1 Ένα δωμάτιο ανταποκρίνεται σε έναν χρήστη που φορά ένα ενεργό διακριτικό.....	σελ.17
(5) Σχήμα.α	σελ.19
(6) Σχήμα.β	σελ.20
(7) Σχήμα.γ	σελ.23
(8) Σχήμα.δ	σελ.24
(9) Σχήμα.ε	σελ.25
(10) Σχήμα.ζ	σελ.33
(11) Σχήμα 4.1 Παραδείγματα προ-διαμορφωμένης εναντίον της αυθόρμητης ένωσης.....	σελ.39
(12) Σχήμα 4.2 Η διεπαφή μιας υπηρεσίας ανακάλυψης.....	σελ.43
(13) Σχήμα 4.3 Service discovery in Jini.....	σελ.47
(14) Σχήμα 7.1 The IdentityPresence widget class of the Context Toolkit.....	σελ.63
(15) Σχήμα 7.2 A PersonFinder widget constructed using IdentityPresence widgets.....	σελ.64
(16) Σχήμα 7.3 directed diffusion.....	σελ.67
(17) Σχήμα 7.4 Μερικές location-sensing τεχνολογίες.....	σελ.69
(18) Σχήμα 7.6 Τοποθετώντας μια active bat μέσα σε ένα δωμάτιο.....	σελ.71
(19) Σχήμα 8.1 Secure device association using physical contact.....	σελ.78
(20) Σχήμα 8.2 Detecting a man-in-the-middle.....	σελ.80
(21) Σχήμα 10.1 Αλληλεπίδραση με Αντικείμενα (e-gadgets) σε Περιβάλλον ΠΝ (από κείμενα της πρωτοβουλίας Disappearing Computer και του έργου e-gadgets).....	σελ.91
(22) Σχήμα 10.2 Μερικά από τα πρώτα Τεχνουργήματα: μιά κούπα και μια καρέκλα με Αισθητήρες.....	σελ.92
(23) Σχήμα 11.1 Ένα Μεγεθυμένο Smart Dust Mote, και η εφαρμογή της ιδέας σ'ένα μινι Ρομποτικό Όχημα.....	σελ.97
(24) Σχήμα 11.2 Σχηματική Αναπαράσταση και Πρωτότυπη Υλοποίηση ενός Φορητού Υπολογιστή (από το MIT Media Lab).....	σελ.99
(25) Σχήμα 11.4 Επίπεδα Cooltown.....	σελ.100
(26) Σχήμα 11.4 Capturing and printing the web presence of a painting...σελ.102	
(27) Σχήμα 11.5 Επικοινωνία των Αντικειμένων σε ένα Σπίτι με Διάχυτο Υπολογισμό.....	σελ.106
(28) Σχήμα 11.6 Το Σύστημα Classroom2000.....	σελ.111

Τα σχήματα 1-4, 11-20, 25 δημιουργήθηκαν από εμένα αλλά η εισήγηση τους έγινε από την χρήση του βιβλίου "*Distributed Systems, Concepts and Design*" (G.Coulouris, J.Dollimore, T.Kindberg), [ISBN 0201619180](http://www.epaggetmaties.com/writer/2001-2003/pervasivecomputing.html)

Τα σχήματα 5-10 που χρησιμοποιήθηκαν είναι από ένα άρθρο του κ Γιάννη Ανδρουλάκη
<http://www.epaggetmaties.com/writer/2001-2003/pervasivecomputing.html>

Τα σχήματα 21-24, 26, 27 που χρησιμοποιήθηκαν είναι από το άρθρο με τίτλο
Συνεργατικά Συστήματα
Διάχυτου Υπολογισμού και
Περιρρέουσας Νοημοσύνης
Αχιλέας Καμέας και Χαράλαμπος Καραγιαννίδης
Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο και Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ευχαριστώ
Αλευράκη Αργυρώ - Ναυσικά