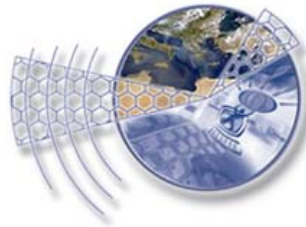




Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης



Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής και Πολυμέσων

# ΕΝΣΥΡΜΑΤΗ ΟΙΚΙΑΚΗ ΔΙΚΤΥΩΣΗ

Πτυχιακή εργασία του σπουδαστή Στεφανουδάκη Μιχάλη

Εισηγητής: Στρατάκης Δημήτριος

Πρόσβαση: Μάιος 2007  
ΕΝΣΥΡΜΑΤΗ ΟΙΚΙΑΚΗ ΔΙΚΤΥΩΣΗ

Σελίδα 1 από 81



## **ΠΡΟΛΟΓΟΣ**

Ο αριθμός των σπιτιών που διαθέτουν ηλεκτρονικούς υπολογιστές αλλά και άλλες ηλεκτρονικές συσκευές έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Οι σύγχρονες αυτές συσκευές μάλιστα διαθέτουν νέες ευρυζωνικές δυνατότητες και υπηρεσίες Παράλληλα, μεγάλη αύξηση παρουσιάζει και ο αριθμός των υπαλλήλων που δουλεύουν από το σπίτι χωρίς να πηγαίνουν σε άλλους χώρους εργασίας. Έτσι οδηγηθήκαμε στην δημιουργία της επιτακτικής ανάγκης για αξιόπιστα κι αποτελεσματικά οικιακά δίκτυα.

Η οικιακή δικτύωση αποτελεί ουσιαστικά τη συλλογή εκείνων των στοιχείων που επεξεργάζονται, διαχειρίζονται, μεταφέρουν και αποθηκεύουν πληροφορίες με στόχο την διασύνδεση και επικοινωνία των διαφόρων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών οικιακών συσκευών μέσα στο σπίτι.

Στην παρούσα εργασία θα παρουσιάσουμε εν συντομία τα κυριότερα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται στην οικιακή δικτύωση, όπως το πρωτόκολλο Ethernet, τα πρωτόκολλα που έχουν ως υποδομή τις ηλεκτρικές γραμμές τροφοδοσίας καθώς και τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούν τις τηλεφωνικές γραμμές. Θα συγκρίνουμε αυτά τα πρωτόκολλα και θα δούμε τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους όσον αφορά την επιλογή τους για την δημιουργία οικιακών δικτύων.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένεια μου, για τη συμπαράσταση και την στήριξή τους καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

**Μάιος 2007**

**Στεφανουδάκης Μιχάλης**



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....</b>	<b>1</b>
<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>5</b>
1.1. Το σύγχρονο σπίτι.....	5
1.2. Οι ανάγκες των χρηστών .....	8
1.3. Περιεχόμενα .....	9
<b>2. ΠΡΟΤΥΠΑ ΔΙΚΤΥΩΣΗΣ.....</b>	<b>11</b>
2.1. Εισαγωγή.....	11
2.2. Ethernet.....	11
2.2.1. Πλεονεκτήματα Ethernet.....	14
2.2.2. Μειονεκτήματα Ethernet.....	15
2.3. Άλλα πρότυπα Ethernet .....	16
2.3.1. 10BaseT.....	16
2.3.2. Fast και Gigabit Ethernet.....	17
2.3.3. 10GBaseT.....	18
2.4. PLC – HomePlug.....	20
2.4.1. Γενικά.....	20
2.4.2. Πρωτόκολλο HomePlug.....	24
2.4.3. Ασφάλεια HomePlug.....	29
2.4.4 Πρότυπα.....	30



2.4.5 Προϊόντα .....	33
2.4.6 Παραδείγματα Συνδεσμολογιών HomePlug.....	38
2.4.7 Μετρήσεις Οικιακών Δικτύων HomePlug .....	45
2.4.8 Συμπεράσματα .....	51
2.7. PhoneLine .....	53
2.8. Πρότυπα. ....	54
2.9. Άλλα Πρωτόκολλα.....	56
2.9.1. Οπτικές ίνες. ....	56
2.9.2. Πρωτόκολλο IEEE 1994 ή FIREWIRE.....	57
2.9.3. Πρωτόκολλο USB.....	61
2.9.4. Πρωτόκολλο X10.....	63
2.9.5. Πρωτόκολλο UNIVERSAL PLUG AND PLAY.....	64
<b>3. ΣΥΓΚΡΙΣΗ .....</b>	<b>68</b>
3.1. Σύγκριση ενσύρματης με ασύρματη δικτύωση. ....	68
3.2. Χαρακτηριστικά ασύρματης δικτύωσης. ....	69
3.3. Σύγκριση προτύπων ενσύρματης δικτύωσης σπιτιού. ....	72
3.4. Κριτήρια σύγκρισης. ....	72
3.5. Συμπεράσματα σύγκρισης. ....	73
3.6. Μετρήσεις.....	75
<b>4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>77</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>79</b>



## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1. Το σύγχρονο σπίτι

Οι τιμές του ADSL πέφτουν συνεχώς, οι ταχύτητες αυξάνονται, οι τεχνολογίες ασύρματης αλλά και ηλεκτρικής δικτύωσης βελτιώνονται και οι περισσότεροι διαθέτουν περισσότερο από ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή, σταθερό ή φορητό στο σπίτι. Μάλιστα, πρόσφατες έρευνες από την Yankee Group Research έδειξαν ότι μεγάλο μέρος των καταναλωτών που αγοράζουν καινούργιο ηλεκτρονικό υπολογιστή για το σπίτι στις Η.Π.Α. διαθέτουν ήδη έναν. Το αποτέλεσμα είναι περίπου 24,5% των νοικοκυριών στις Η.Π.Α. να διαθέτουν περισσότερο από έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή μέσα στο σπίτι, επιτραπέζιο ή φορητό.

Μεγάλες εταιρίες διαπίστωσαν αυτές τις τεχνολογικές εξελίξεις και θέλησαν να πρωτοπορήσουν ανακοινώνοντας την πρόθεσή τους για την δημιουργία ενός ψηφιακού σπιτιού. Διαπίστωσαν ότι οι επιθυμίες του καταναλωτή που έχει στο σπίτι του περισσότερο από έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή, θα στραφούν στην δημιουργία ενός τρόπου επικοινωνίας μεταξύ τους, δηλαδή, στην δημιουργία ενός γρήγορου και αξιόπιστου δικτύου. Ο πρόεδρος της κολοσσού εταιρείας Microsoft, Bill Gates, αλλά και ο Chief Executive Officer της εταιρείας Apple στις αρχές του 2001 δημοσίευσαν τα σχέδια τους για την δημιουργία ενός ψηφιακού στυλ ζωής. Σκοπός τους ήταν η δημιουργία ενός οικιακού δικτύου που θα αποτελούσε κομμάτι της καθημερινότητας των καταναλωτών.

Η δημιουργία όμως ενός τέτοιου δικτύου δεν είναι εύκολη υπόθεση και ο καταναλωτής έχει πλέον πολλές απαιτήσεις. Οι Gardner κα (2007) υποστηρίζουν ότι τα οικιακά δίκτυα είναι μια εντελώς διαφορετική υπόθεση από ότι τα δίκτυα στους χώρους εργασίας. Οι διαφορές έγκειται στις διαφορετικές εφαρμογές και στα μέσα μετάδοσης που θα μεταφερθούν τα δεδομένα. Παρόλα αυτά αναγνωρίζουν ότι όπως και στον εργασιακό χώρο, έτσι και στο οικιακό δίκτυο, ο χρήστης θέλει να μεταφέρει αρχεία μεταξύ συσκευών, να μοιραστεί συνδέσεις στο Internet καθώς και περιφερειακές συσκευές.

Ενώ, όμως, είναι εύκολο να συνδεθεί ένα modem σε έναν υπολογιστή, είναι πολύ πιο πολύπλοκο να μοιραστούν πολλοί υπολογιστές το ίδιο modem, ιδιαίτερα όταν οι υπολογιστές βρίσκονται σε διαφορετικά δωμάτια ή ακόμα και ορόφους (Teger & Waks, 2002, σελ. 114).



Παράλληλα, με την ανάπτυξη των ευρυζωνικών υπηρεσιών, έγινε επιτακτική ανάγκη η δημιουργία ενός δικτύου έτσι ώστε όλοι οι υπολογιστές του σπιτιού να μοιράζονται αυτές τις υπηρεσίες. Με την δικτύωση των ηλεκτρονικών υπολογιστών στο σπίτι εκτός από την μεταφορά απλών δεδομένων, θα πρέπει να παρέχεται επιπλέον η δυνατότητα μεταφοράς μουσικής, εικόνας και βίντεο HD. Τα σύγχρονα σπίτια έχουν εξοπλισθεί με ψηφιακές συσκευές ψυχαγωγίας όπως ψηφιακές βιντεοκάμερες, συσκευές παραγωγής MP3, DVD players κ.α. Οι Teger και Waks (2002, σελ. 115) υποστηρίζουν ότι το ενσύρματο οικιακό δίκτυο θα πρέπει να υποστηρίζει πέντε ειδών εφαρμογές: δεδομένων, τηλεφωνίας, ήχου, βίντεο και τηλεμετρία. Το οικιακό δίκτυο που θα εγκατασταθεί πρέπει να υποστηρίζει την αποτελεσματική επικοινωνία και μεταφορά δεδομένων όλων αυτών των κατηγοριών μεταξύ όλων των συσκευών και των ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Οι Lin κα (2002) δημιούργησαν ένα ενδεικτικό πίνακα για ένα συνηθισμένο σπίτι για το ποιες συσκευές θα πρέπει να ικανοποιούνται και να εξυπηρετούνται από το οικιακό δίκτυο. Ο πίνακας που περιέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για το που θα συνδέονται οι συσκευές στο δίκτυο, τι συχνότητα ανάγκης υπηρεσιών από το δίκτυο αλλά και τι μεγέθους δεδομένα θα μεταφέρουν παρουσιάζεται παρακάτω:

#	Από Κόμβο Δικτύου	Προς Κόμβο Δικτύου	Μέγεθος Δεδομένων	Συχνότητα	Χρονική Περίοδος
1	Ψυγείο	Φούρνος Μικροκυμάτων	160 bytes	2 φορές σε μια περίοδο	7:00-9:00, 11:00-1:00, 17:00-19:00, 21:00-23:00
2	Φούρνος Μικροκυμάτων	AC	72 bytes	2 φορές τη μέρα	7:00-9:00, 11:00-1:00, 17:00-19:00, 21:00-23:00
3	Τηλεόραση	Ψυγείο	750 bytes	3 φορές τη μέρα	11:00-1:00, 17:00-23:00
4	Τηλεόραση	VCR	11KBytes	3 φορές τη μέρα	11:00-1:00, 17:00-23:00
5	Τηλεόραση	H/Y	360 bytes	3 φορές τη μέρα	11:00-1:00, 17:00-23:00
6	Τηλεόραση	PDA ή MP3	15 Mbytes	3 φορές τη μέρα	11:00-1:00,



				μέρα	17:00-23:00
7	H/Y	PDA ή MP3	50 Mbytes	1 φορά τη μέρα	11:00-1:00, 17:00-23:00
8	H/Y	H/Y	60MB - 180MB	1 φορά τη μέρα	11:00-1:00, 17:00-23:00
9	Settop box	H/Y	320MB - 640MB	1 φορά τη μέρα	11:00-1:00, 17:00-23:00
10	H/Y	Internet	44MB - 131MB	1 φορά τη μέρα	11:00-1:00, 17:00-23:00
11	VCR	H/Y	320MB - 640MB	1 φορά τη μέρα	6:00-24:00
12	Κάμερα (Πχ. μπροστινής θύρας)	H/Y	110MB - 1100MB	1 φορά τη μέρα	6:00-24:00

Επιπλέον, το οικιακό δίκτυο πρέπει να παρέχει την δυνατότητα να μοιράζεται το Internet υψηλών ταχυτήτων σε όλους τους δικτυωμένους υπολογιστές αλλά να παρέχεται και η δυνατότητα αποθήκευσης και δημιουργίας αντιγράφων ασφαλείας σε δίσκους που θα είναι διαθέσιμοι σε όλους τους δικτυωμένους υπολογιστές μέσα στο σπίτι.

Οι βλέψεις στρέφονται στην δημιουργία μιας οικίας που θα προσφέρει εξαιρετικές υπηρεσίες και οι στόχοι είναι υψηλοί. Για παράδειγμα, στις 7 Απριλίου, 2001, οι εταιρίες IBM και Carrier ανακοίνωσαν τις προθέσεις τους για την κατασκευή μιας συσκευής air condition που θα υποστηρίζει Java και θα ειδοποιεί τους κατασκευαστές για λάθη μέσω e-mail, και θα επιτρέπει παράλληλα στους χρήστες να στέλνουν από απόσταση τις κατάλληλες εντολές για να ελέγξουν την θερμοκρασία ή να κλείσουν την συσκευή (Lee, et al 2002, Σελ.104).

Για να υλοποιηθούν αυτοί οι στόχοι, πρέπει πρώτα να βρεθεί η κατάλληλη υποδομή για την σύνδεση των απαραίτητων συσκευών μέσα στην οικία και την δημιουργία ενός ενσύρματου δικτύου.



## 1.2. Οι ανάγκες των χρηστών

Οι καταναλωτές δείχνουν να αγκαλιάζουν θερμά την ιδέα ενός οικιακού δικτύου που θα προσφέρει εξελιγμένες δυνατότητες. Οι Teger και Waks (2002, σελ. 115), βέβαια, αναγνωρίζουν ότι κάθε καταναλωτής και ιδιοκτήτης σπιτιού έχει τις δικές του ανάγκες και προτεραιότητες όσον αφορά τις προσφερόμενες υπηρεσίες του οικιακού δικτύου. Υποστηρίζουν ότι το δίκτυο πρέπει να προσφέρει αυτές τις υπηρεσίες με όσο το δυνατόν μικρότερο κόστος, αξιόπιστα, με ευκολία χρήσης αλλά και ευκολία εγκατάστασης.

Συγκεκριμένα, κατηγοριοποίησαν τις κυριότερες ανάγκες και υπηρεσίες που μπορεί να προσφέρει το ενσύρματο οικιακό δίκτυο στις εξής:

- Οι υπολογιστές που συνδέονται στο δίκτυο να επικοινωνούν μεταξύ τους, ανταλλάσσοντας αρχεία, να μοιράζονται περιφερειακές συσκευές (αποθηκευτικούς χώρους, εκτυπωτές, scanner κ.α.) και να μοιράζονται την ίδια σύνδεση στο Internet.
- Να διαθέτει συστήματα ασφάλειας και προστασίας του δικτύου (π.χ. firewall)
- Να συνδέει τα συστήματα ψυχαγωγίας (π.χ. Mp3 και DVD players) με τους υπολογιστές του σπιτιού αλλά και με το Internet, έτσι ώστε, για παράδειγμα, ο καταναλωτής να μπορεί να δει μια ταινία σε οποιαδήποτε οθόνη μέσα στο σπίτι, είτε αυτό είναι τηλεόραση, υπολογιστής, ή μια κονσόλα παιχνιδιού ή να καθίσταται δυνατή η συμμετοχή σε παιχνίδια πολλαπλών χρηστών από όλα τα μέλη της οικογένειας με την χρησιμοποίηση διαφορετικών ηλεκτρονικών υπολογιστών.
- Να συνδέεται εύκολα με αναλογικές ηλεκτρικές συσκευές.
- Να υποστηρίζει ασύρματες αλλά και ενσύρματες υπηρεσίες τηλεφωνίας.
- Το δίκτυο να είναι ευέλικτο έτσι ώστε ο καταναλωτής να μην εξαρτάται μόνο από έναν παροχέα υπηρεσιών και να μην χρειάζεται να ρυθμίζει το σύστημα κάθε φορά που γίνεται αλλαγή παροχέα.
- Η εγκατάσταση του δικτύου να είναι εύκολη και χωρίς μεγάλο κόστος.
- Η αξιοπιστία του οικιακού δικτύου να είναι μεγάλη μιας και σημαντικές λειτουργίες θα στηρίζονται σε αυτό.
- Η διαχείριση του δικτύου να είναι εύκολη ακόμα και για χρήστες που δεν έχουν γνώσεις γύρω από την επιστήμη των υπολογιστών και των δικτύων.





- Να μεταφέρεται πληροφορία από φορητές συσκευές (π.χ. συσκευές PDA) μέσω του ενσύρματου δικτύου σε όλο το σπίτι.

Στις μεγάλες ανάγκες και απαιτήσεις των καταναλωτών έχουν προσπαθήσει να απαντήσουν πολλές εταιρίες υλισμικού και λογισμικού. Η συγκεκριμένη αγορά και μεγάλες εταιρείες όπως οι εταιρείες Apple, Dell, HP και Sony έχουν μεταβάλλει την στρατηγική τους και έχουν προσχωρήσει στην μαζική παραγωγή προϊόντων που βοηθούν στην δημιουργία ενός οικιακού δικτύου και εκμεταλλεύονται στο έπακρο τις δυνατότητες σύνδεσης του ηλεκτρονικού υπολογιστή στο σπίτι.

Συνοψίζοντας, η οικιακή δικτύωση και η ιδέα ενός ψηφιακού σπιτιού βρίσκονται σήμερα σε στάδιο άνθισης με σοβαρές πιθανότητες επιτυχίας στην αγορά για τους παρακάτω λόγους:

- Την έκρηξη του αριθμού των χρηστών του Internet και της δυνατότητας που παρέχει για την ελεύθερη διανομή της πληροφορίας παγκοσμίως, των ευκαιριών διασκέδασης και ψυχαγωγίας αλλά και των υπόλοιπων υπηρεσιών που προσφέρει.
- Την κατακόρυφη πτώση των τιμών των ηλεκτρονικών υπολογιστών που τους κάνει παρόντες σε κάθε σπίτι αλλά και των σχετιζόμενων υπηρεσιών.
- Τη μεγάλη ανάπτυξη του κλάδου των τηλεπικοινωνιών και ειδικά των πρωτοκόλλων δικτύωσης.

### **1.3. Περιεχόμενα**

Στην συνέχεια της εργασίας, στο δεύτερο κεφάλαιο, θα αναπτύξουμε με λεπτομέρεια τα ενσύρματα πρωτόκολλα οικιακής δικτύωσης του Ethernet, του HomePlug, του Phoneline αλλά και άλλα πρωτόκολλα. Θα εστιάσουμε κυρίως στην τεχνολογία HomePlug που κάνει χρήση της ηλεκτρικής υποδομής που υπάρχει ήδη στο σπίτι. Θα παρουσιάσουμε αναλυτικά το πρωτόκολλο HomePlug, τα πρότυπα και τα αντίστοιχα προϊόντα στην αγορά ενώ στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε κάποιες συνηθισμένες τοπολογίες δικτύου και τα αποτελέσματα μετρήσεων πάνω σε αυτά.

Κατόπιν θα κάνουμε μια σύγκριση μεταξύ αυτών των πρωτοκόλλων στο τρίτο κεφάλαιο και στο τέλος θα εξάγουμε κάποια χρήσιμα συμπεράσματα γύρω από την κατάσταση που επικρατεί αλλά και το μέλλον του ψηφιακού σπιτιού.



Συνοψίζοντας, στην εργασία μας αυτήν, θα αναλύσουμε τις τεχνολογίες ενσύρματης δικτύωσης και τα αντίστοιχα πρωτόκολλα που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την οικιακή δικτύωση, θα αναφέρουμε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους, θα τα συγκρίνουμε μεταξύ τους και τέλος θα αναφέρουμε τα κυριότερα συμπεράσματα.



## 2. ΠΡΟΤΥΠΑ ΔΙΚΤΥΩΣΗΣ

### 2.1. Εισαγωγή.

Στο κεφάλαιο αυτό θα περιγράψουμε με λεπτομέρεια τις τεχνολογικές λύσεις που προσφέρονται για την δημιουργία ενός ενσύρματου οικιακού δικτύου. Οι διαφορετικές τεχνολογίες που προσφέρονται για την υλοποίηση ενός οικιακού δικτύου διαφέρουν μεταξύ τους ως προς:

- το φυσικό μέσο μετάδοσης, όπως καλώδια, κύματα, οπτικές ίνες, κα
- τα διαφορετικά πρωτόκολλα, δηλαδή τους αλγόριθμους που ελέγχουν και βοηθούν στη μεταβίβαση των δεδομένων μεταξύ των κόμβων του δικτύου.

Η κυριότερη διαφοροποίηση μεταξύ των οικιακών δικτύων αφορά τον τρόπο μετάδοσης και οι τεχνολογίες χωρίζονται σε ασύρματες και ενσύρματες. Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε κυρίως με τα ενσύρματα δίκτυα και θα γίνει απλά αναφορά και σύγκριση με τους ασύρματους τρόπους μετάδοσης.

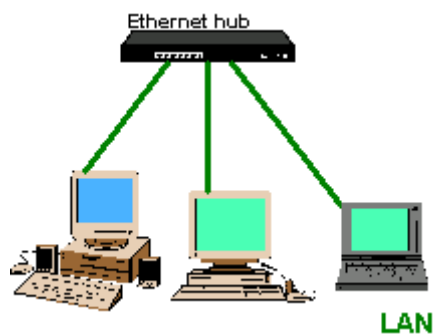
Τα ενσύρματα δίκτυα σε σχέση με τα ασύρματα παρότι παρουσιάζονται ακριβά στην εγκατάσταση, προσφέρουν μεγάλο εύρος ζώνης αλλά και εξαιρετική ασφάλεια. Οι βασικές τεχνολογίες μέσω των οποίων μπορεί να κατασκευαστεί ένα δίκτυο στο σπίτι είναι η παραδοσιακή λύση της αρχιτεκτονικής Ethernet, η τεχνολογία Power Line Communication (PLC), η σύνδεση μέσω τηλεφωνικών καλωδίων (PhoneLine) και άλλα τεχνολογικά πρωτοκόλλα στα οποία θα αναφερθούμε αναλυτικά.

### 2.2. Ethernet.

Η πρώτη εφαρμογή που μπορεί να θεωρηθεί πρόγονος του Ethernet ήταν το σύστημα ALOHA που υλοποιήθηκε σε πανεπιστήμιο της Χαβάης. Αργότερα η εταιρία Xerox κατασκεύασε ένα σύστημα CSMA/CD που μπορούσε να συνδέσει 100 σταθμούς σε καλώδιο του ενός χιλιομέτρου. Το σύστημα αυτό δημιουργήθηκε από τις δεκαετίες του 1970 και ονομάστηκε Ethernet από τον φωτεινό αιθέρα (luminiferous ether) μέσω του οποίου θεωρούνταν ότι μεταδιδόταν η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (Tanenbaum, 1992, σελ. 186).



Η επιτυχία του συστήματος της Xerox οδήγησε στην σχεδίαση ενός προτύπου για την τεχνολογία Ethernet των 10-Mbps και αποτέλεσε την βάση για το πρότυπο 802.3, που βασίζεται στην τεχνολογία της δημιουργίας δικτύου αρτηρίας με τη μέθοδο του περάσματος κουπονιού. Χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο (Media Access Control, MAC) και η πολλαπλή προσπέλαση με ακρόαση φέροντος και ανίχνευση συγκρούσεων (CSMA/CD-carrier sense Multiple Access with Collision Detection). Η τεχνολογία Ethernet χρησιμοποιήθηκε και είναι σήμερα δημοφιλής για την δημιουργία τοπικών δικτύων Local Area Networks (LAN) όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



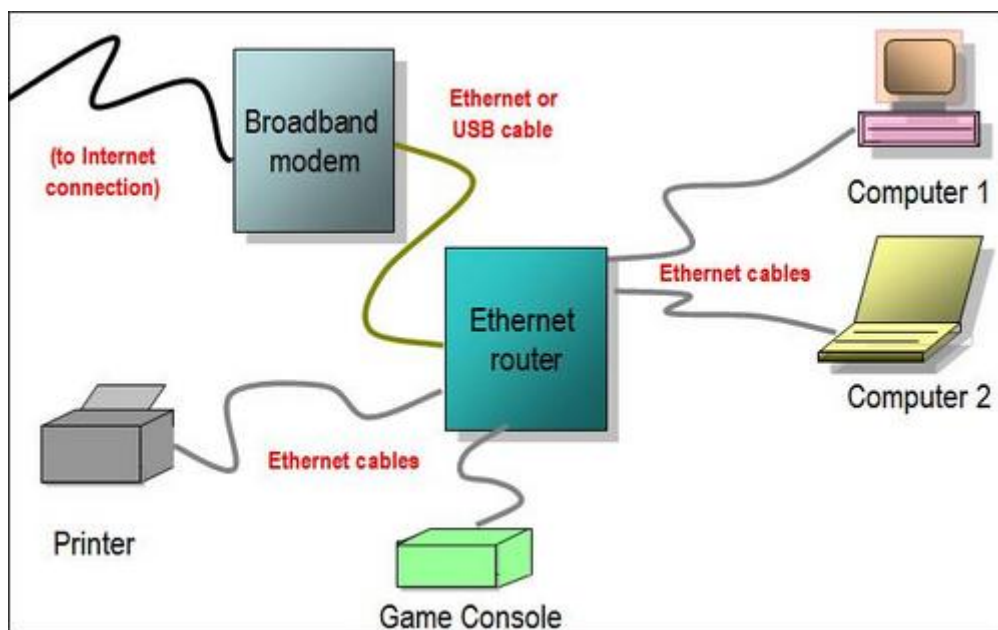
Στην τεχνολογία Ethernet χρησιμοποιούνται δύο τύποι ομοαξονικού καλωδίου το «χοντρό» και το «λεπτό» Ethernet. Το λεπτό καλώδιο είναι κατά πολύ φθηνότερο αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο σε περιπτώσεις δικτύων με κοντινές αποστάσεις. Τέλος, σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί αντί ομοαξονικών καλωδίων να χρησιμοποιηθεί και ένα συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων ενώ όλες οι διαφορετικές υλοποιήσεις του προτύπου 802.3 χρησιμοποιούν την άμεση κωδικοποίηση Manchester.

Η βασική σύνθεση ενός συστήματος Ethernet αποτελείται από έναν πομποδέκτη (transceiver) που είναι συνδεδεμένος με το καλώδιο δικτύου αλλά και έναν ή περισσότερους υπολογιστές. Μερικοί πομποδέκτες παρέχουν την δυνατότητα σύνδεσης μέχρι και οκτώ υπολογιστών αρκεί αυτοί να βρίσκονται σε μικρή μεταξύ τους απόσταση. Ο πομποδέκτης περιέχει όλα τα ηλεκτρονικά μέσα τα οποία αναλαμβάνουν την διαχείριση της ανίχνευσης του φέροντος αλλά και των οποιοδήποτε συγκρούσεων στο δίκτυο.

Εκτός από το καλώδιο του δικτύου, ο πομποδέκτης συνδέεται και με μια κάρτα διασύνδεσης μέσα στον υπολογιστή. Η κάρτα αυτή περιέχει ένα chip ελεγκτή (controller chip) που είναι υπεύθυνο για την μετάδοση και λήψη πλαισίων προς και από τον πομποδέκτη.



Ένα δίκτυο Ethernet επιτρέπει τη μετάδοση πακέτων δεδομένων (frames ή packets) μεταβλητού μεγέθους από 72 έως και 1.518Byte με χρήση της τεχνολογίας CSMA/CD. Κάθε πακέτο περιέχει μια κεφαλίδα (header) στην οποία περιλαμβάνονται πληροφορίες όπως η διεύθυνση του μηχανήματος-αποστολέα, καθώς και αυτή του παραλήπτη. Ο ελεγκτής κατόπιν είναι υπεύθυνος για τη συναρμολόγηση των δεδομένων κατά την λήψη τους και για τον υπολογισμό του αθροίσματος ελέγχου των εξερχόμενων πλαισίων και τον έλεγχο του αυτού στα εισερχόμενα πλαίσια (Tanenbaum, 1992, σελ. 189). Η τοπολογία ενός τέτοιου δικτύου φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (<http://compnetworking.about.com/od/homenetworking>).

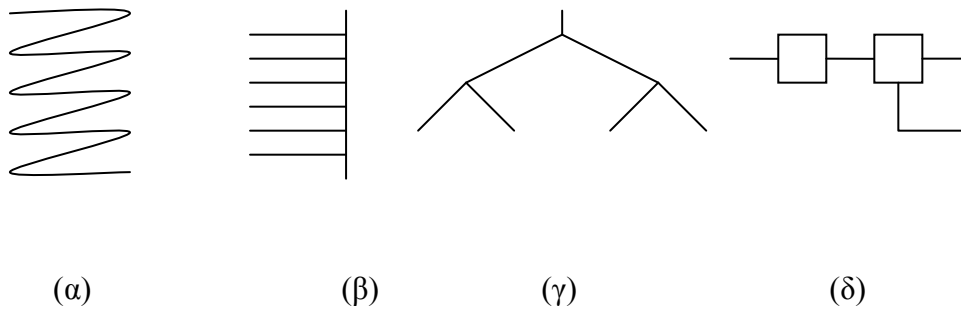


Οι κυριότερες τοπολογίες δικτύων Ethernet φαίνονται στο Σχήμα 1 και περιλαμβάνουν:

- Την **γραμμική** τοπολογία (α) με ένα καλώδιο να απλώνεται σε όλο το σπίτι και κάθε σταθμός του να κάνει τις απαραίτητες διακλαδώσεις.
- Την τοπολογία **σπονδυλικής στήλης** (β) με ένα κατακόρυφο καλώδιο (σπονδυλική στήλη) στο οποίο συνδέονται οριζόντια καλώδια με επαναλήπτες. Συνήθως το κατακόρυφο καλώδιο είναι «χοντρό» καλώδιο Ethernet και διατρέχει όλους τους ορόφους ενός οικήματος και τα οριζόντια καλώδια είναι «λεπτά» καλώδια Ethernet και υπάρχει ένα σε κάθε όροφο του οικήματος.
- Την τοπολογία **δέντρου** (γ) που είναι η πλέον συνήθης.



- Την **τμηματική** τοπολογία (δ) που αποτελεί τη σύνδεση ξεχωριστών τμημάτων μεταξύ τους με επιλεκτικούς επαναλήπτες ή γέφυρες (bridges). Οι γέφυρες σε αντίθεση με τους απλούς επαναλήπτες, έχουν την ικανότητα να ελέγχουν τα πλαίσια και να προωθούν μόνο εκείνα που πρέπει.



ΣΧΗΜΑ 1

Η επιλογή της κατάλληλης τοπολογίας Ethernet για την δημιουργία ενός ενσύρματου οικιακού δικτύου επηρεάζει και την τελική απόδοση του προτύπου. Η μέγιστη καλωδιακή απόσταση μεταξύ οποιοδήποτε σταθμών επηρεάζει την απόδοση καθώς όσο μακρύτερο είναι το καλώδιο τόσο μεγαλύτερο είναι το διάστημα του ανταγωνισμού.

### 2.2.1. Πλεονεκτήματα Ethernet

Συμπερασματικά, η τεχνολογία του Ethernet είναι η παραδοσιακή κυρίαρχη δύναμη στην ενσύρματη δικτύωση μιας και αποτελεί ένα από τα πλέον οικονομικά μέσα δικτύωσης. Το κόστος εγκατάστασης αλλά και συντήρησής τους παραμένει εξαιρετικά χαμηλό ενώ είναι και εξαιρετικά εύκολο ως προς την εγκατάσταση και τη χρήση.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της ενσύρματης δικτύωσης Ethernet αποτελεί η μεγάλη ταχύτητα που προσφέρει και ιδιαίτερα η πολύ καλή απόδοση κάτω από μέτριες συνθήκες φόρτου δικτύου. Για το οικιακό δίκτυο οι κάρτες Ethernet των 10Mbps αρκούν, εκτός και αν προβλέπεται η συχνή μεταφορά μεγάλων αρχείων ή στο δίκτυο συμμετέχουν αρκετοί υπολογιστές, οπότε σε περιπτώσεις όπως αυτές η χρήση καρτών 10/100Mbps ή 1000Mbps προσφέρει την κατάλληλη λύση.



Επίσης τα σχεδιαστικά τους πρότυπα είναι κατάλληλα για την δικτύωση μιας οικίας αφού το επιτρεπόμενο όριο συνδεδεμένων κόμβων είναι 1.024. Συνήθως, ο αριθμός των κόμβων που χρειάζεται είναι σημαντικά μικρότερος ενώ και το μήκος τους είναι πολύ μικρότερο από το επιτρεπόμενο με αποτέλεσμα το δίκτυο Ethernet να λειτουργεί αποτελεσματικά και με αξιοπιστία.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι η Ethernet τεχνολογία διατηρεί τη φήμη της εδώ και αρκετά χρόνια για τους εξής κυρίως λόγους:

- Έχουν πολύ καλή απόδοση κάτω από μέτριες συνθήκες φόρτου δικτύου (αλλιώς η δυναμικότητα του δικτύου αχρηστεύεται από τις συγκρούσεις).
- Συνήθως χρησιμοποιούνται πιο συντηρητικά από ότι επιτρέπουν τα σχεδιαστικά τους πρότυπα, διότι κατά κανόνα στο δίκτυο συνδέονται κάτω από 200 κόμβοι, που είναι φυσικά πολύ λιγότεροι από το μέγιστο επιτρεπόμενο όριο που είναι 1024 κόμβοι. Επιπλέον, συχνά και το μήκος τους είναι χαμηλότερο από το επιτρεπόμενο.
- Οι κόμβοι συνήθως παρέχουν end-to-end μηχανισμούς ελέγχου ροής, οπότε και είναι σπάνιο ένας κόμβος να ρίχνει συνέχεια πλαίσια στο δίκτυο.
- Είναι εύκολα στη διαχείριση και συντήρησή τους.
- Το κόστος τους είναι χαμηλό.

### **2.2.2. Μειονεκτήματα Ethernet**

Από την άλλη μεριά, το μεγαλύτερο μειονέκτημα της τεχνολογίας Ethernet είναι η απαραίτητη καλωδίωση μεταξύ των υπολογιστών και των διάφορων συσκευών. Εάν, για παράδειγμα, σε ένα σπίτι οι υπολογιστές βρίσκονται σε διαφορετικά δωμάτια (ή ακόμα και ορόφους), τότε για να συνδεθούν θα πρέπει να εγκατασταθούν καλώδια από τον έναν στον άλλο, αναγκαστικά περνώντας μέσα από τρύπες στους τοίχους.

Επίσης, υπάρχουν φυσικοί περιορισμοί στα δίκτυα Ethernet που συμβάλλουν σημαντικά και στην μείωση της τελικής απόδοσης του προτύπου. Το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος καλωδίου για το πρότυπο 802.3 είναι τα 500 μέτρα. Για την επιτυχημένη επέκταση του δικτύου σε μεγαλύτερες αποστάσεις, χρησιμοποιούνται πολλά καλώδια συνδεδεμένα μεταξύ τους με επαναλήπτες (receivers) που όμως αυξάνουν την πολυπλοκότητα και το κόστος.



Ακόμα και έτσι όμως υπάρχουν πάντα σημαντικοί φυσικοί περιορισμοί όπως ότι η απόσταση μεταξύ δύο πομποδεκτών δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 2,5 χιλιόμετρα ενώ μεταξύ τους δεν μπορούν να παρεμβάλλονται περισσότεροι από τέσσερις επαναλήπτες.

### **2.3. Άλλα πρότυπα Ethernet**

Τα κύρια σύγχρονα πρότυπα της αρχιτεκτονικής Ethernet που ακολούθησαν το πρωτόκολλο 802.3 είναι τα εξής:

- 10BaseT
- Fast και Gigabit Ethernet
- 10GBaseT

#### **2.3.1. 10BaseT.**

Το πρότυπο 10BaseT (twisted pair Ethernet) αναπτύχθηκε ως απάντηση στις ανάγκες των χρηστών για μεγαλύτερη αξιοπιστία των δικτύων Ethernet. Καταφέρνει να χρησιμοποιήσει τις υπάρχουσες καλωδιώσεις μιας και χρησιμοποιεί ως μέσο μετάδοσης τα συνεστραμμένα ζεύγη αγωγών (UTP 3).

Στην τεχνολογία 10BaseT προτιμάται η τοπολογία αστέρα αν και μπορεί να επιτευχθεί και τοπολογία δέντρου, και επιτυγχάνονται ταχύτητες των 10 Mbps. Στο κέντρο της τοπολογίας χρησιμοποιούνται συσκευές συγκεντρώσεως καλωδίων (hub) και ο κάθε κόμβος συνδέεται με το hub με ανεξάρτητο καλώδιο όπου το μέγιστο μήκος τμήματος είναι τα 100m. Η μετάδοση στο φυσικό επίπεδο είναι βασικής ζώνης (base band) και χρησιμοποιείται κωδικοποίηση Manchester ενώ για την καλωδίωση χρησιμοποιείται καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους κατηγορίας 5 (UTP5).

Η τεχνολογία 10BaseT μπορεί να συνδυαστεί για την εγκατάσταση ενός οικιακού δικτύου με οποιοδήποτε άλλο πρωτόκολλο Ethernet των 10 Mbps. Κυριότερα πλεονεκτήματά του έναντι των άλλων τεχνολογιών Ethernet είναι:

- Η χρήση των καλωδίων UTP που είναι ήδη εγκατεστημένα σε πολλά σπίτια





- Η μεγάλη ανεκτικότητα στα σφάλματα μιας και λόγω της παρουσίας του hub, η δυσλειτουργία ενός κόμβου δεν σημαίνει αυτόματα δυσλειτουργία ολόκληρου του δικτύου
- Η αντιμετώπιση των προβλημάτων με την βοήθεια και τον έλεγχο από το hub  
Αντίθετα ιδιαίτερα προβλήματα που παρουσιάζει η τεχνολογία 10BaseT είναι τα εξής:
- Το επιτρεπόμενο όριο απόστασης μεταξύ των κόμβων και του hub είναι τα 100 μέτρα
- Ευαισθησία στο θόρυβο λόγω της φύσης των χρησιμοποιούμενων καλωδίων UTP

### 2.3.2. Fast και Gigabit Ethernet.

Οι ανάγκες των χρηστών για μεγαλύτερες ταχύτητες μετάδοσης οδήγησαν στην ανάπτυξη των πρωτόκολλων Fast Ethernet και Gigabit Ethernet με μέγιστες ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων στα 100 και 1.000 Mbps αντίστοιχα. Το Fast Ethernet συναντάται κυρίως σε δικτυακές συσκευές όπως routers και switches, το πρότυπο του Gigabit Ethernet συναντάται κυρίως στις μητρικές πλακέτες των ηλεκτρονικών υπολογιστών ενώ και τα δύο πρότυπα συναντώνται στους φορητές υπολογιστές.

Στην αρχή όλοι περίμεναν ότι το πρωτόκολλο Gigabit Ethernet, που προτυποποιήθηκε το 1998, θα αντικαταστήσει το Fast Ethernet λόγω της μεγαλύτερης ταχύτητας που προσφέρει. Λόγω του αυξημένου κόστους αλλά και του γεγονότος ότι και το Fast Ethernet προσφέρει μια υπεραρκετή ταχύτητα για τους καταναλωτές, η πλειονότητα των συσκευών στην αγορά ήταν αρχικά εξοπλισμένη με 100άρες Ethernet θύρες δικτύου. Σταδιακά όμως το Gigabit Ethernet αύξησε το μερίδιο αγοράς όσον αφορά τα δίκτυα και σήμερα αποτελεί τη συνηθέστερη λύση για τις μικρομεσαίες επιχειρήσεις.

Η διαφορά του Gigabit Ethernet από το πρωτόκολλο 802.3 και το Fast Ethernet είναι ότι λόγω της μεγάλης ταχύτητας που προσφέρει επιτρέπει την υλοποίηση εφαρμογών που δεν ήταν εφικτές στα άλλα πρωτόκολλα. Το Gigabit Ethernet δίνει στα τοπικά δίκτυα τη δυνατότητα να αποκτήσουν ένα ιδιαίτερα γρήγορο δίκτυο-κορμό (backbone) με οικονομικό τρόπο. Έτσι το δίκτυο ωφελείται, διότι υπάρχει περισσότερο διαθέσιμο εύρος ζώνης και περιορίζονται δραστικά τα «μποτιλιαρίσματα» (bottlenecks) και η συνολική απόδοση του συστήματος αυξάνεται σημαντικά. Επίσης, οι ταχύτερες συνδέσεις προς τους servers,



επιτρέπουν και την καλύτερη αξιοποίησή τους, καθώς συχνά αργούν να ανταποκριθούν, όχι λόγω της ταχύτητας επεξεργασίας τους, αλλά εξαιτίας του γεγονότος, ότι έχουν χαμηλές ταχύτητες σύνδεσης με το τοπικό δίκτυο.

Μαζί με την ταχύτητα στο τοπικό δίκτυο, αυξάνεται και η ταχύτητα απόκρισης των δικτυακών εφαρμογών, αφού η πληροφορία καταφτάνει στον υπολογιστή πολύ πιο γρήγορα και κατά συνέπεια επεξεργάζεται και παρουσιάζεται σε μικρότερο χρονικό διάστημα. Αυτό το αυξημένο εύρος ζώνης, μπορεί να υποστηρίξει πολύ ενδιαφέρουσες εφαρμογές, όπως το μοντάζ βίντεο υψηλής ανάλυσης μέσω δικτύου, το video streaming αλλά και η μεταφορά δεδομένων εκατοντάδων MB σε λίγα μόλις δευτερόλεπτα.

Τέλος, το Gigabit Ethernet διαθέτει την απαραίτητη υποστήριξη για τη διασφάλιση της ποιότητας υπηρεσιών που προσφέρει - Quality of Service (QoS), οπότε η εικόνα και ο ήχος παρέχονται κάθε φορά με σταθερή και εγγυημένη ποιότητα.

### **2.3.3. 10GBaseT.**

Ένα ακόμα πιο πρόσφατο πρότυπο που εμφανίστηκε και βασίζεται στην ίδια αρχιτεκτονική είναι το 10Gigabit Ethernet που υποστηρίζει δεκαπλάσια ταχύτητα από το αντίστοιχο Gigabit Ethernet πρωτόκολλο. Αν και αρχικά υποστήριζε τη μεταφορά δεδομένων μέσω οπτικών ινών, το Ινστιτούτο Ηλεκτρονικών και Ηλεκτρολόγων Μηχανικών (Institute of Electronics and Electrical Engineers, IEEE), ένας από τους κορυφαίους διεθνείς οργανισμούς στον τομέα της τεχνολογικής ανάπτυξης, ανέπτυξε τελευταία μια νέα εκδοχή του προτύπου, γνωστή ως 10GBaseT, που επιτρέπει την υλοποίηση του πρωτοκόλλου Ethernet και στις τηλεφωνικές εγκαταστάσεις. Πρόκειται για μια τεχνολογία, στην οποία μπορούμε να μεταβούμε απλά από το απλό Ethernet ή ακόμα και να την ενσωματώσουμε στο κλασικό Ethernet.

Η τεχνολογία 10GBaseT συγκεντρώνει κατά πολύ το ενδιαφέρον της ευρύτερης αγοράς αρχικά λόγω της αυξημένης αξιοπιστίας του μιας και παρέχει πλήρη αντοχή σε θορύβους αλλά και ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές. Χρησιμοποιεί απλή καλωδίωση CAT-5 ενώ συγχρόνως μπορεί να παρέχει και τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν οι οπτικές ίνες (με χρήση ειδικού εξοπλισμού το μήκος του δικτύου μπορεί να φτάσει ακόμα και τα 70 χιλιόμετρα). Όσον αφορά την ταχύτητα μετάδοσης, στην τεχνολογία 10GBaseT



χρησιμοποιούνται και τα τέσσερα ζεύγη χαλκού στο CAT σε σχέση με τα δύο που χρησιμοποιούνται σε προγενέστερα πρότυπα όπως το 100Base-T. Με τη χρήση των 4 ζευγών και με απόδοση 250 Mbps σε κάθε ζευγάρι, έχουμε συνολικό εύρος ζώνης που φθάνει στο 1Gbps.

Η ευκολία στην εγκατάσταση, χρήση και συντήρηση του δικτύου αλλά και το χαμηλό κόστος μιας και δεν χρειάζονται επιπλέον καλωδιώσεις και άλλα έξοδα εγκατάστασης είναι τα ουσιαστικότερα πλεονεκτήματά του Ethernet προτύπου 10GBaseT που το κάνουν τόσο δημοφιλές. Μέχρι όμως να φτάσουμε στο κομβικό σημείο να αντικαταστήσει το πρόσφατο αυτό πρότυπο 10GBaseT τα υπάρχοντα πρότυπα Ethernet που ήδη κυριαρχούν στην αγορά, θα χρειαστεί να περάσει αρκετός καιρός.



## 2.4. PLC – HomePlug.

### 2.4.1. Γενικά.

Τα ηλεκτρικά καλώδια ρεύματος στα σπίτια είχαν προταθεί στο παρελθόν ως μέθοδος δικτύωσης αλλά είχαν απορριφθεί αρχικά ως δίαυλος επικοινωνίας υψηλής ταχύτητας επειδή θεωρούνταν θορυβώδη και μη προβλέψιμα στη συμπεριφορά τους όσον αφορά την υποστήριξη υψηλής ταχύτητας σημάτων επικοινωνίας.

Παραδοσιακά, οι γραμμές ηλεκτροδότησης χρησιμοποιούνται για να μεταφέρουν ηλεκτρική ενέργεια σε συσκευές ενώ χρησιμοποιούνταν μόνο για την μεταφορά δεδομένων χαμηλής ταχύτητας. Το οικιακό ηλεκτρικό δίκτυο είναι πρωταρχικά σχεδιασμένο για λειτουργία στα 50-60 Hz. Οι γραμμές αυτές δεν σχεδιάστηκαν για να μεταφέρουν σήματα υψηλής συχνότητας, οπότε οι απαιτήσεις για την απάντηση από μια γραμμή ηλεκτροδότησης δεν είναι τόσο σημαντικές όσο αυτές δικτυακών καλωδιώσεων. Η χρήση του για υλοποίηση επικοινωνιών σε υψηλότερες συχνότητες παρουσιάζει κάποια προβλήματα, αρκετά ενδιαφέροντα από τεχνικής άποψης. Τα κυρίαρχα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνταν αρχικά ήταν τα πρωτόκολλα CEBus, X10 και Lon Works, που περιελάμβαναν όλα τα απαραίτητα χαρακτηριστικά για τον έλεγχο και τη διαχείριση των μεταδιδόμενων χαμηλής συχνότητας σημάτων.

Η κακή ποιότητα των γραμμών ηλεκτροδότησης δεν είναι σε καμία περίπτωση η ιδανική για μετάδοση σημάτων. Τα δίκτυα διανομής ηλεκτρικού ρεύματος δημιουργούνται συνήθως από μια ποικιλία αγωγών διάφορων τύπων, που ενώνονται σχεδόν με τυχαίο τρόπο και τερματίζουν σε πληθώρα σύνθετων αντιστάσεων. Έτσι, τα κανάλια μετάδοσης μέσω ηλεκτρικών καλωδίων περιέχουν θόρυβο και παρεμβολές, συχνές διακοπές ενώ ακόμη, πολλές φορές, το σήμα ασθενεί. Σε ορισμένες συχνότητες το σήμα φτάνει στο δέκτη με σχετικά πολύ μικρή απώλεια, χωρίς παραμόρφωση, ενώ σε άλλες είναι πιθανόν να αλλοιωθεί από το θόρυβο που παράγεται. Το χειρότερο δε είναι ότι οι παρεμβολές δεν μπορούν να αναλυθούν σύμφωνα με την γνωστή κατανομή του λευκού θορύβου Gauss αλλά ακολουθούν αυθόρμητες κατανομές εξαρτώνται από συχνότητα και άλλες συνθήκες και που δεν μπορούν εύκολα να αναλυθούν και να προβλεφθούν.



Επιπλέον, τα χαρακτηριστικά του καναλιού επικοινωνίας συνήθως ποικίλλουν, ανάλογα με το χρονικό σημείο (Gardner, 2007) καθώς το φορτίο του δικτύου μεταβάλλεται. Αυτό μπορεί να συμβαίνει επειδή ο ιδιοκτήτης του σπιτιού συνέδεσε στο ηλεκτρικό δίκτυο μία νέα συσκευή ή επειδή μερικές συσκευές που είναι ήδη συνδεδεμένες στο δίκτυο παρουσιάζουν εμποδίες που αλλάζουν με τον χρόνο. Τέτοιες συσκευές που παρεμβάλλονται και επηρεάζουν το οικιακό δίκτυο είναι ηλεκτρικές συσκευές, όπως σκούπες, διακόπτες, λάμπες αλογόνου, φθορίου ακόμα και από ερασιτεχνικούς σταθμούς ραδιοφώνου που μπορεί να αλλοιώσουν τη σταθερότητα των σημάτων επικοινωνίας. Επίσης, λόγω της υψηλής εξασθένισης του σήματος, καθώς μεταδίδεται μέσω των ηλεκτρικών καλωδιώσεων, ο παραγόμενος θόρυβος εξαρτάται και από τη διανυόμενη απόσταση. Πέρα από αυτά, άλλες πηγές εκπομπής, όπως οι ερασιτεχνικοί ραδιοφωνικοί σταθμοί, είναι πιθανόν να καταστήσουν ορισμένες συχνότητες ακατάλληλες για επικοινωνία. Αυτές οι ατέλειες του καναλιού καταστούν τη διαμόρφωση σήματος πάνω στις γραμμές ηλεκτροδότησης εξαιρετικά δύσκολη.

Όμως, η θέληση για να χρησιμοποιηθούν οι υπάρχουσες γραμμές ηλεκτροδότησης ως μέσο για την μεταφορά δεδομένων ήταν πολύ μεγάλη για να αγνοηθεί. Οι Gardner και (2007) αναγνωρίζουν ότι τα ηλεκτρικά καλώδια είναι το δυσκολότερο μέσο μετάδοσης, σε σύγκριση με τον ασύρματο τρόπο και τα καλώδια του τηλεφώνου, αλλά θεωρούν ότι υπάρχουν δύο χαρακτηριστικά των γραμμών ηλεκτροδότησης που είναι ιδιαιτέρως ελκυστικά:

1. Δεν υπάρχει ανάγκη υλικού για την μετατροπή RF όπως χρειάζεται στα ασύρματα δίκτυα
2. Η πληθώρα εξόδων για την χρήση του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα σε ένα σπίτι που κάνει την χρήση ενός τέτοιου οικιακού δικτύου δυνατή από οποιοδήποτε σημείο του σπιτιού θελήσει ο χρήστης.

Η πρόοδος στην τεχνολογία διαμόρφωσης και στην επεξεργασία ψηφιακού σήματος καθώς και στον έλεγχο των λαθών ελαχιστοποίησε τους περιορισμούς που παρουσίαζαν τα κανάλια, και η υψηλή ταχύτητα μετάδοσης ψηφιακού σήματος μέσω των γραμμών ηλεκτροδότησης είναι πλέον δυνατή με τη χρήση γεφυρών (bridges) ή προσαρμογέων HomePlug. Έτσι τα πρωτοκόλλα που αναπτύχθηκαν, υποστηρίζουν πλέον επικοινωνία μέσω των καλωδιώσεων του ηλεκτρικού ρεύματος (PLC – Power Line Communications), σε

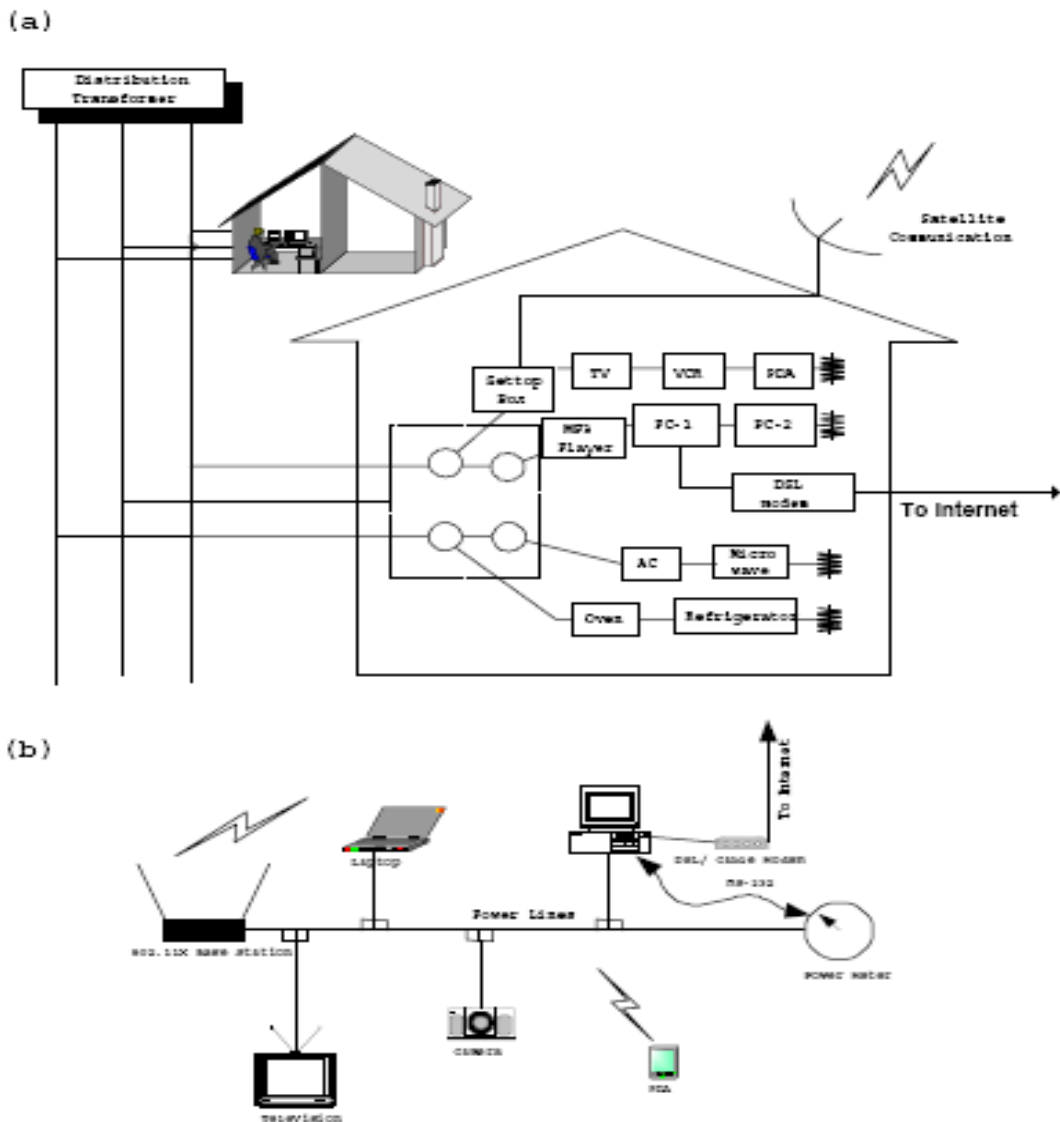


ταχύτητες συγκρίσιμες με αυτές ενός δικτύου Ethernet ή ασύρματου δικτύου, προδιαγραφών 802.11b.

Η τεχνολογία HomePlug περιλαμβάνει αξιόπιστες και ασφαλείς μεθόδους για να προσαρμόζεται η μετάδοση μέσω την ηλεκτρικών γραμμών έτσι ώστε σε τυπικά κανάλια μετάδοσης να επιτυγχάνεται υψηλός ρυθμός μετάδοσης ενώ σε δύσκολες περιπτώσεις να αντιστέκεται σε παρεμβολές. Τα δεδομένα μπορεί να είναι απλά, δεδομένα ήχου και βίντεο, ακόμα και προγραμμάτων τηλεόρασης υψηλής ευκρίνειας (HDTV – High Definition Television) και να μεταφέρονται σε όλους τους χώρους του σπιτιού.

Κατά τη μετάδοση δεδομένων, το πρότυπο συνδυάζει τεχνικές όπως ανίχνευση και διόρθωση σφαλμάτων (FEC - Forward Error Connection), δημιουργία διάφορων επιπέδων δεδομένων και αυτόματη επανεκπομπή τους (ARQ – Automatic Repeat Request) όταν απαιτηθεί από τις ισχύουσες συνθήκες. Οι ταχύτητες μετάδοσης είναι συγκρίσιμες με αυτές των δικτύων Ethernet ή ασυρμάτων δικτύων με προδιαγραφές του προτύπου 802.11b.

Το Σχήμα 1 δείχνει μια συνηθισμένη δενδροειδή τοπολογία ηλεκτροδότησης που μπορεί να βρεθεί σε ένα σπίτι στην Βόρεια Αμερική όπου συνήθως υπάρχουν 2 κύριες γραμμές, μια των 110V και μία των 220V.. Η συγκεκριμένη τοπολογία και η θέση των πριζών ως πιθανά σημεία πρόσβασης το καθιστούν το σπίτι ως ένα καλό υποψήφιο για ένα μελλοντικό δικτυωμένο σπίτι με την χρήση της υποδομής του ηλεκτρικού ρεύματος.



Σχέδιο 1. (Α) Τοπολογία ηλεκτροδότησης σε ένα σπίτι στην Βόρεια Αμερική  
 (Β) Ένα παράδειγμα χρησιμοποίησης ενός από τους υπολογιστές ως PLC

Έτσι παρότι η ιδέα της δικτύωσης ηλεκτρονικών υπολογιστών με τη χρήση του ηλεκτρικού δικτύου δεν είναι καινούργια, μόνο πρόσφατα άρχισαν να κυκλοφορούν ευρέως στην αγορά προϊόντα που βασίζονται σε αυτήν την υποδομή. Η τεχνολογία αυτή είναι γνωστή με τον όρο Power Line Communication (PLC) και η πιο διαδεδομένη αναπτύχθηκε από τον οργανισμό HomePlug Powerline Alliance και είναι γνωστή με τον όρο HomePlug.



Πριν από την καθιέρωση των προδιαγραφών HomePlug 1.0 προηγήθηκαν εκτενείς μελέτες και δοκιμές, και προτού παρουσιαστεί επίσημα το νέο πρότυπο, δοκιμάστηκε σε 500 σπίτια στις Ηνωμένες Πολιτείες και απέδωσε άψογα, ανεξάρτητα από την παλαιότητα των ηλεκτρικών καλωδιώσεων.

Η HomePlug Powerline Alliance που συστάθηκε το έτος 2000 - και περιλαμβάνει κολοσσιαίες εταιρίες όπως οι Cisco, Motorola, Intel, Panasonic, Samsung και Texas Instruments - έχει αναπτύξει διάφορες τεχνολογίες μεταξύ των οποίων κυρίως η HomePlug έκδοση 1.0 και η νεότερη HomePlug AV αλλά παράλληλα ελέγχει και τις προδιαγραφές όλων των προϊόντων στην αγορά που ακολουθούν τις προδιαγραφές των παραπάνω προτύπων. Τα πρότυπα αυτά διαθέτουν επίσης ένα ενσωματωμένο QoS πρωτόκολλο που το καθιστούν ελκυστικό για πραγματικού χρόνου απόκρισης εφαρμογές και είναι σχεδιασμένα να υποστηρίζουν υψηλής ποιότητας ψηφιακά πολυμέσα.

Η δυνατότητα παροχής broadband Internet σύνδεσης με τις PLC συσκευές μπορεί να γίνει εφικτή με την προσθήκη ενός PLC Internet router στο PLC ενσύρματο οικιακό δίκτυο. Οικιακές συσκευές που πρέπει να επικοινωνούν με άλλες συσκευές στο Internet μπορούν να στέλνουν δεδομένα στον υπολογιστή μέσω της γραμμής ηλεκτροδότησης . Ο υπολογιστής αποφασίζει αν θα το στείλει στο Internet. Στο μέλλον, η συσκευή του PLC Internet router μπορεί να μην είναι απαραίτητη. Ερευνητές αναπτύσσουν μια λύση στο να κάνουν τα οικιακά PLC δίκτυα να μιλούν απευθείας με άλλα σπίτια και το Internet χρησιμοποιώντας εξωτερικές γραμμές ηλεκτροδότησης. Μία τέτοια δικτυακή υποδομή που θα επιτρέπει την πρόσβαση στο Internet θα είναι ιδιαίτερα ελκυστική σε χώρες, αφού δεν θα χρειάζονται επιπλέον κόστη για υποδομές δικτύων.

#### **2.4.2. Πρωτόκολλο HomePlug.**

Κάθε πρωτόκολλο σχεδιασμένο για μετάδοση μέσω των ηλεκτρικών γραμμών πρέπει οπωσδήποτε να είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να διαθέτει ένα εύρωστο φυσικό επίπεδο και ένα αποτελεσματικό επίπεδο διασύνδεσης δεδομένων. Στο πρώτο φυσικό επίπεδο γίνεται η διαμόρφωση, η κωδικοποίηση και η μορφοποίηση των πακέτων που θα στέλνονται στο





δίκτυο ενώ στο δεύτερο επίπεδο διασύνδεσης δεδομένων επιτυγχάνεται η σωστή διαχείριση του μέσου από όλες τις συσκευές συνδεδεμένες στο οικιακό δίκτυο.

Η βασική τεχνική μετάδοσης στην τεχνολογία HomePlug είναι η ορθογώνια πολυπλεξία διαίρεσης συχνότητας OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Η OFDM είναι ευρέως διαδεδομένη στην αποστολή και λήψη δεδομένων μέσω των γραμμών DSL και στην επίγεια ψηφιακή τηλεόραση ενώ χρησιμοποιείται ευρέως και στα ασύρματα δίκτυα. Σε αντίθεση με αυτές τις τεχνολογίες όμως που το OFDM χρησιμοποιείται σε συνεχή μορφή, στο HomePlug η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται σε burst mode (λειτουργία ριπής). Παράλληλα, η τεχνική αυτή μετάδοσης έχει υιοθετηθεί και στα πρότυπα της IEEE που αφορούν τα ασύρματα δίκτυα LAN υψηλής ταχύτητας (802.11a και 802.11g). Η βασική ιδέα της τεχνικής OFDM είναι η διαίρεση του σήματος σε αρκετούς διαύλους (φορείς), περιορισμένου εύρους ζώνης και μικρότερης ταχύτητας μετάδοσης. Τα σήματα μεταδίδονται ταυτόχρονα μέσω αυτών των διαύλων, σε διαφορετικές συχνότητες. Η τεχνική OFDM, που χρησιμοποιείται από το πρότυπο HomePlug, είναι ειδικά σχεδιασμένη για περιβάλλοντα ηλεκτρικών δικτύων. Χρησιμοποιεί 84 ισομεγέθεις φορείς σήματος, που κυμαίνονται στο εύρος συχνοτήτων των 4,5-21 MHz. Ο θόρυβος που μπορεί να παραχθεί και δύναται να επιδράσει στη μετάδοση αντιμετωπίζεται με διάφορες μεθόδους διόρθωσης σφαλμάτων.

Τέλος, κάθε διάυλος επικοινωνίας της γραμμής του ηλεκτρικού ρεύματος, που συνδέει δύο οποιαδήποτε σημεία, έχει διαφορετικό πλάτος και διαφορά φάσης. Η τεχνολογία HomePlug βελτιστοποιεί το ρυθμό μετάδοσης δεδομένων μεταξύ των σημείων σύνδεσης μέσω προσαρμογής του καναλιού, που επιτυγχάνεται χάρη στις διαδικασίες διαμόρφωσης Tone Allocation και στη μέθοδο διόρθωσης σφαλμάτων FEC (Forward Error Correction). Η διεργασία Tone Allocation επιτρέπει τη διακοπή λειτουργίας όλων των προβληματικών φερόντων σημάτων. Αυτό μειώνει δραστικά το πλήθος των σφαλμάτων και συντελεί ώστε η ισχύς της διαμόρφωσης και της FEC να μεταφέρεται μόνο στα φέροντα σήματα που λειτουργούν απρόσκοπτα. Το τελικό αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η βελτιστοποίηση της απόδοσης του δικτύου. Ωστόσο, ορισμένοι τύποι από τα μεταφερόμενα δεδομένα δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν τεχνικές προσαρμογής καναλιού. Το πρότυπο HomePlug εφαρμόζει μια καινοτόμο μέθοδο διαμόρφωσης, που ονομάζεται ROBO, έτσι ώστε η πληροφορία να μεταδίδεται αξιόπιστα. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί τεχνικές



διόρθωσης σφαλμάτων και επανεκπομπή των μεταδιδόμενων bits, επιτυγχάνοντας με αυτό τον τρόπο υψηλή αξιοπιστία επικοινωνίας.

### **Επίπεδα Δικτύου HomePlug**

Όσον αφορά τα επίπεδα του οικιακού δικτύου μέσω ηλεκτρικών γραμμών, το φυσικό επίπεδο καταλαμβάνει τις συχνότητες από τα 4,5 μέχρι τα 21 MHz. Στο επίπεδο αυτό υπάρχει η δυνατότητα για μετάδοση κατά ριπές (burst mode) αλλά και μειωμένη πυκνότητα φάσματος μετάδοσης στις συχνότητες των ερασιτεχνικών ραδιοκυμάτων για να περιοριστούν τέτοιου είδους παρεμβολές. Η μετάδοση χρησιμοποιεί την διαμόρφωση differential quadrature phase shift keying (DQPSK) που παρουσιάζει καλύτερη επίδοση σε περιβάλλοντα με συχνές και τυχαίες αλλαγές στις φάσεις και φτάνει στα 20Mbps. Ο ρυθμός μετάδοσης των δεδομένων από το φυσικό επίπεδο στο επίπεδο διασύνδεσης δεδομένων φτάνει περίπου στα 14Mbps.

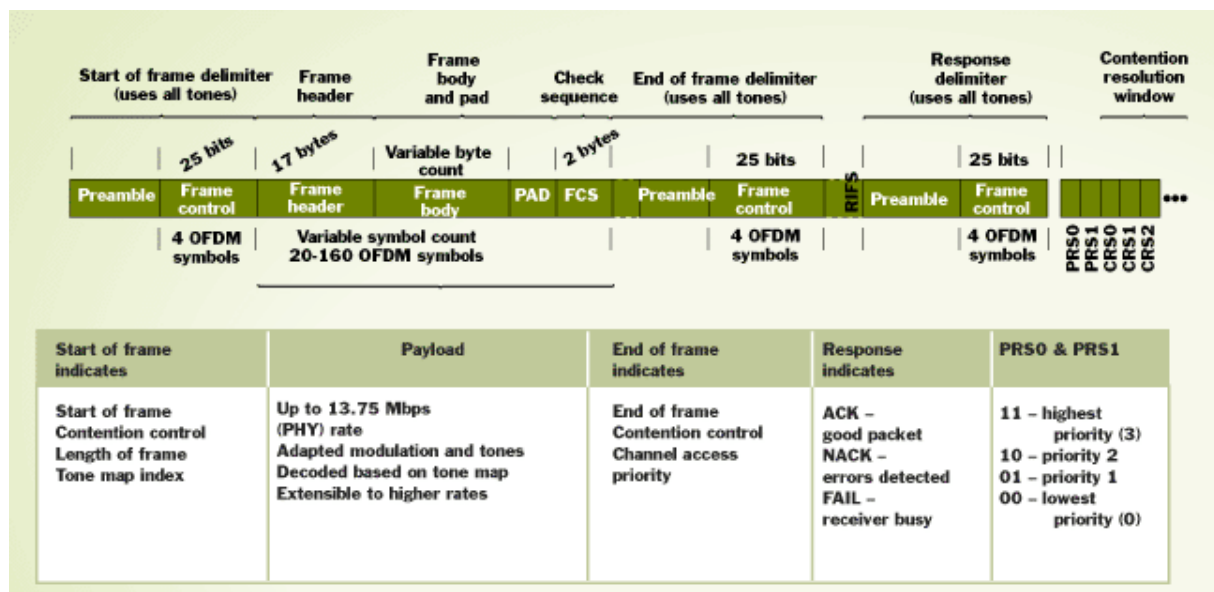
Από την άλλη, το πρωτόκολλο στο επίπεδο διασύνδεσης δεδομένων είναι μια παραλλαγή του γνωστού δημοφιλούς δικτυακού πρωτοκόλλου CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance). Είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να ενσωματώνεται και να συνεργάζεται αρμονικά με το πρότυπο IEEE 802.3 και να επιτρέπεται έτσι η άνογη λειτουργία του σε συνδυασμό με το ευρέως διαδεδομένο πρωτόκολλο Ethernet που αναλύσαμε.

Παράλληλα, πολλά νέα στοιχεία έχουν προστεθεί στο μηχανισμό προσπέλασης του καναλιού, δηλαδή στην τεχνική επιλογής της κατάλληλης χρονικής στιγμής που θα αποστείλει δεδομένα ο κόμβος, ώστε να βελτιωθεί το οικιακό δίκτυο σε θέματα προτεραιότητας και δικαιοσύνης μεταξύ των κόμβων αλλά και να διαχειρίζεται σωστά τις περιόδους λανθάνουσας κατάστασης των κόμβων στο δίκτυο. Το αποτέλεσμα είναι το δίκτυο να θεωρείται αποτελεσματικό για περιπτώσεις που εφαρμογές απαιτούν υποστήριξη QoS (ο όρος Quality of Services αναφέρεται στην ικανότητα του δικτύου να παρέχει ικανοποιητικές υπηρεσίες, ώστε να εξυπηρετεί όσο το δυνατόν καλύτερα τη μετάδοση δεδομένων) για τη λειτουργία τους, όπως όπως Voice-over-IP (VoIP) και Streaming Media.



Η χρήση του CSMA/CA στο δεύτερο επίπεδο δημιουργεί την ανάγκη που αναφέραμε στο φυσικό επίπεδο να υπάρχει η δυνατότητα burst λειτουργίας για την αποστολή και λήψη δεδομένων έτσι ώστε κάθε πελάτης του δικτύου να μεταδίδει μόνο όταν έχει δεδομένα προς μετάδοση. Το τυπικό πρωτόκολλο CSMA/CA απαιτεί από τους κόμβους να ανιχνεύουν αυτόματα το μέσο μετάδοσης – αυτό είναι το τμήμα ανίχνευσης φορέα (carrier sense) – για πιθανή κυκλοφορία. Αν ο φορέας είναι απασχολημένος, οι κόμβοι αναβάλλουν τη μετάδοση, μέχρι αυτός να επανέλθει σε κατάσταση αδράνειας. Όταν το μέσο μετάδοσης γίνει αδρανές, τότε οι κόμβοι αναμένουν για τυχαίο χρονικό διάστημα – αυτό είναι το τμήμα αποφυγής σύγκρουσης (collision avoidance). Ένας κόμβος θα μεταδώσει μόνο εφόσον διαπιστώσει ότι δεν υπάρχει περαιτέρω κυκλοφορία στο δίκτυο κατά τη διάρκεια της τυχαίας επιλεγμένης χρονικής στιγμής εκπομπής. Ο σχεδιασμός του διαύλου HomePlug βασίζεται σε μηχανισμό που παρέχει πρόσβαση, η οποία καθορίζεται ανάλογα με την προτεραιότητα κάθε πακέτου και την υψηλή ή όχι κυκλοφορία του δικτύου.

Το επίπεδο διασύνδεσης δεδομένων στο HomePlug χρησιμοποιεί ένα μηχανισμό virtual carrier sense (VCS) για να ελαχιστοποιήσει τις συγκρούσεις και να εξασφαλίζει την όσο δυνατόν αποτελεσματικότερη ταχύτητα μετάδοσης. Η μορφή του πακέτου μετάδοσης στην τεχνολογία HomePlug αποτυπώνεται στο παρακάτω σχήμα (Gardner, 2007, <http://i.cmpnet.com:80/csd/gifs/2000/12/0012asic3.gif>):





Κατά τον αποκωδικοποίηση του πακέτου ο αποδέκτης μπορεί να διαπιστώσει εάν το ελεγχόμενο frame delimiter αφορά την αρχή του frame, το τέλος του ή την απάντηση. Στην πρώτη περίπτωση, η πληροφορία αφορά τον χρόνο μετάδοσης των δεδομένων που ακολουθούν ενώ στις άλλες περιπτώσεις ορίζεται που βρίσκεται το τέλος του frame. Έτσι ο αποδέκτης του frame μπορεί να υπολογίσει τον χρόνο μετάδοσης μέσα από τις ηλεκτρικές γραμμές που θα χρειαστεί και να ενημερώσει σωστά τον μηχανισμό VCS με αυτόν τον χρόνο. Στην περίπτωση που η αποκωδικοποίηση δεν μπορεί να γίνει σωστά, τότε ο αποδέκτης θεωρεί ότι το πακέτο θα έχει το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος και να θέσει το VCS ανάλογα. Όταν θα λάβει ειδοποίηση ότι η μετάδοση του πακέτου τελείωσε, τότε και ο μηχανισμός VCS θα ενημερωθεί.

Ο αποστολέας του μηνύματος περιμένει απάντηση από τον αποδέκτη και εάν δεν την λάβει, τότε αυτόματα θεωρεί ότι υπήρχε σύγκρουση κατά τη μετάδοση. Στην περίπτωση του HomePlug, ο αποδέκτης έχει επίσης την δυνατότητα να μεταδώσει το μήνυμα FAIL εάν δεν μπορεί να επεξεργαστεί το πακέτο ή NACK για να ενημερώσει τον αποστολέα ότι το πακέτο περιλαμβάνει λάθη που δεν μπορεί να διορθώσει η μέθοδος FEC.

Όταν η αποστολή των δεδομένων τελειώσει και επιβεβαιωθεί τότε μια άλλη συσκευή του δικτύου που έχει δεδομένα και περιμένει στην ουρά μπορεί να αρχίσει τη μετάδοση των δικών της δεδομένων. Η επιλογή ανάμεσα στις συσκευές οικιακού δικτύου που συνδέονται με την τεχνολογία HomePlug γίνεται ανάλογα με την προτεραιότητα των πακέτων. Η πληροφορία αυτή ονομάζεται PRS0 και PRS1 βρίσκεται στο τέλος του πακέτου και όπως φαίνεται και από το παραπάνω σχήμα πρόκειται για ένα διψήφιο δυαδικό αριθμό.

Ιδιαίτερη μνεία πρέπει να γίνει στο γεγονός ότι μόνο οι κόμβοι του δικτύου με την υψηλότερη προτεραιότητα θα ανταγωνιστούν για πρόσβαση στη γραμμή του ηλεκτρικού δικτύου, ενώ οι υπόλοιποι θα αποσυρθούν προσωρινά. Ουσιαστικά, το πρότυπο HomePlug που εφαρμόζεται στο ηλεκτρικό δίκτυο καθορίζει ότι κάθε πακέτο δεδομένων με προτεραιότητα ελάχιστα χαμηλότερη από τη μέγιστη τιμή αγνοείται και δεν προσπελαύνει το μέσο μετάδοσης τη δεδομένη χρονική στιγμή. Το πακέτο αυτό θα πρέπει να αναμένει μέχρι να ολοκληρωθεί η κυκλοφορία υψηλότερης προτεραιότητας.



### 2.4.3. Ασφάλεια HomePlug.

Επίσης, το επίπεδο διασύνδεσης δεδομένων είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να υποστηρίζει την ασφάλεια των δεδομένων μέσα από το δίκτυο. Καθώς πολλαπλές κατοικίες – όπως στα διαμερίσματα πολυκατοικιών – εξυπηρετούνται συνήθως από έναν κοινό μετασχηματιστή ηλεκτρικού ρεύματος, οι φυσικές καλωδιώσεις των ηλεκτρικών δικτύων εκτείνονται πέρα από τα όρια μιας απλής οικίας. Φυσικό επακόλουθο είναι να παρουσιάζεται ενδεχόμενος κίνδυνος υποκλοπής των δεδομένων, οπότε απαιτείται η ύπαρξη υψηλού βαθμού ασφάλειας.

Για αυτό το λόγο, στο επίπεδο αυτό χρησιμοποιείται ένα 56-bit πρότυπο κρυπτογράφησης (DES) έτσι ώστε όλοι οι κόμβοι του δικτύου να μοιράζονται ένα κοινό κλειδί κωδικοποίησης. Η κρυπτογράφηση υλοποιείται με τη χρήση ενός πίνακα που περιλαμβάνει τα απαραίτητα κλειδιά και τις σχετιζόμενες τιμές EKS (Encryption Key Select). Οι τιμές αυτές λειτουργούν ως δείκτης ή αναγνωριστικό κάθε κλειδιού κρυπτογράφησης.

Προκειμένου να διευκολύνει τη διεργασία επιλογής κλειδιών κρυπτογράφησης, το πρωτόκολλο HomePlug χρησιμοποιεί μια μέθοδο δημιουργίας κλειδιών κρυπτογράφησης που βασίζεται στα ASCII passwords. Η τεχνική παραγωγής τους περιλαμβάνει την καθιερωμένη βιομηχανική κρυπτογραφία και αλγόριθμους Hash. Με αυτόν τον τρόπο, οι χρήστες έχουν την ευχέρεια να επιλέξουν μοναδικούς και ευκολομνημόνευτους κωδικούς. Για λόγους απλότητας και ευχρηστίας, οι πιο πολλές συσκευές που είναι συμβατές με το πρότυπο HomePlug είναι εφοδιασμένες με ένα συνηθισμένο όνομα δικτύου, π.χ. 'HomePlug', που παράγει το κατάλληλο κλειδί κρυπτογράφησης (Network Encryption Key-NEK). Η χρήση όμως ενός κοινού ονόματος ως κωδικού, δεν εξασφαλίζει την προστασία των πληροφοριών, καθώς μπορεί εύκολα κάποιος κακόβουλος να λάβει γνώση του συγκεκριμένου κωδικού ασφαλείας με δόλιο τρόπο και να παρεισφρήσει στο δίκτυο ακόμα και σε ευαίσθητα προσωπικά δεδομένα.

Συνεπώς, προκειμένου να εξασφαλιστούν η ασφάλεια και η ακεραιότητα των μεταδιδόμενων πληροφοριών, είναι απαραίτητο να επιλεγεί ένας μοναδικός κωδικός ασφαλείας ο οποίος θα εισαχθεί τοπικά σε κάθε κόμβο. Μάλιστα, παρέχεται ακόμα και η δυνατότητα της αποστολής του κλειδιού σε συσκευές του οικιακού δικτύου που δεν διαθέτουν δυνατότητες εισαγωγής/εξαγωγής δεδομένων (I/O).



Το ζευγάρι των NEK/EKS του λογικού δικτύου μπορεί να καταχωρηθεί τοπικά σε κάθε κόμβο, αρκεί η ρύθμιση του κάθε κόμβου ξεχωριστά, ώστε να δεχτεί ένα νέο κωδικό δικτύου. Εναλλακτικά, το ζεύγος NEK/EKS μπορεί να διαβιβαστεί μέσω των γραμμών του ηλεκτρικού ρεύματος, σε κάθε κόμβο που προστίθεται στο δίκτυο. Αυτή η διαδικασία υλοποιείται χρησιμοποιώντας τα πλαίσια διαχείρισης του υποεπιπέδου HomePlug MAC. Η ασφαλής μετάδοση αυτών των πλαισίων εξασφαλίζεται χάρη στα κλειδιά κρυπτογράφησης, που είναι γνωστά ως Default Encryption Keys (DEK). Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι το γεγονός ότι εκ κατασκευής καθένα από αυτά αντιστοιχεί σε μία μοναδική συσκευή HomePlug – όπως ακριβώς συμβαίνει με τις φυσικές διευθύνσεις (MAC addresses) άλλων υλοποιήσεων δικτύων.

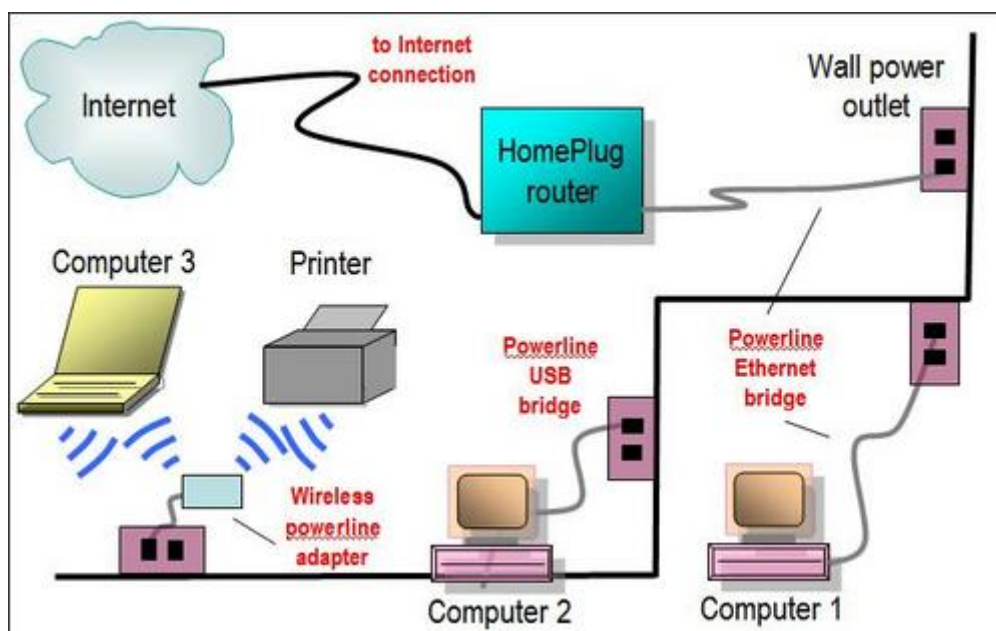
#### **2.4.4 Πρότυπα.**

Αρχικά, υλοποιήθηκε το πρότυπο HomePlug 1.0 με θεωρητικά μέγιστη ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων στα 14Mbps που πρακτικά όμως φθάνει μέχρι τα 7Mbps. Πριν από την καθιέρωση των προδιαγραφών HomePlug 1.0 προηγήθηκαν εκτενείς μελέτες και δοκιμές, και προτού παρουσιαστεί επίσημα το νέο πρότυπο, δοκιμάστηκε σε 500 σπίτια στις Ηνωμένες Πολιτείες και απέδωσε άψογα, ανεξάρτητα από την παλαιότητα των ηλεκτρικών καλωδιώσεων. Η άψογη απόδοση συνίσταται από την πλήρη κάλυψη όλων των χώρων των οικιών, την αποτελεσματική μετάδοση καθώς και την ευκολία υλοποίησης.

Το πρότυπο HomePlug 1.0 χρησιμοποιεί τεχνολογία που βασίζεται στην ίδια τεχνική διαμόρφωσης σήματος που χρησιμοποιείται και στα ασύρματα δίκτυα (OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της δικτύωσης έναντι των άλλων είναι η ευκολία δημιουργίας και εγκατάστασης. Ο χρήστης και καταναλωτής δεν χρειάζεται να τοποθετήσει επιπλέον καλώδια στο σπίτι του. Τα δεδομένα μπορούν να μεταφερθούν μέσα από τα υπάρχοντα καλώδια του ηλεκτρικού ρεύματος αρκεί απλά οι απαραίτητες συσκευές του δικτύου να τοποθετηθούν στις ηλεκτρικές πρίζες που ήδη υπάρχουν στο σπίτι. Μέσα σε ένα σπίτι δε υπάρχουν συνήθως πολλά σημεία πρόσβασης (πρίζες), τέσσερα ή και παραπάνω σε κάθε δωμάτιο (Lee, et al 2002, Σελ.104). Μάλιστα, πολλές συσκευές, μέχρι και 12 συσκευές σύμφωνα με κάποιους κατασκευαστές, είναι δυνατόν να λειτουργούν με το ίδιο δίκτυο ηλεκτρικού ρεύματος και να υποστηρίζουν



εφαρμογές που ποικίλλουν από τον απλό έλεγχο ηλεκτρονικών συσκευών μέχρι πολύπλοκα ψυχαγωγικά συστήματα πολυμέσων. Η τοπολογία ενός τέτοιου δικτύου HomePNA που βασίζεται στην ηλεκτρική οικιακή υποδομή φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (<http://compnetworking.about.com/od/homenetworking>).



Το μεγαλύτερο μειονέκτημα της δικτύωσης μέσω του υπάρχοντος ηλεκτρικού δικτύου αποτελούν οι χαμηλές ταχύτητες που προσφέρει. Οι ταχύτητες που προσφέρονται στα 6-7 Mbps από μια τέτοια δικτύωση είναι χαμηλότερες από αυτές των δικτύων Ethernet, πολλές φορές ακόμη χαμηλότερες κι από τις νέες ασύρματες συνδέσεις των 11Mbps.

Συγκεκριμένες μετρήσεις που έγιναν στο παρελθόν σε ορισμένα οικιακά δίκτυα ([www.broadbandhomecentral.com](http://www.broadbandhomecentral.com)) έδειξαν ότι οι ταχύτητες με βάση την ηλεκτρική υποδομή ήταν γύρω στα 3.8 Mbps, ταχύτητα αρκετή για να μοιραστεί μία σύνδεση Internet μεταξύ πολλών ηλεκτρονικών υπολογιστών μέσα στο σπίτι. Επίσης, ο ρυθμός μεταφοράς αρχείων από το Internet ήταν σημαντικά πιο αργός από την μεταφορά αρχείων μεταξύ των υπολογιστών του οικιακού δικτύου.

Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, από διάφορα πειράματα που έχουν διεξαχθεί στο παρελθόν, η ταχύτητα αυτή διαμεταγωγής του πρωτοκόλλου HomePlug είναι αρκετή μόνο για το μοίρασμα μιας σύνδεσης Internet και δεν ικανοποιεί σε μεγαλύτερου φόρτου εφαρμογές, όπως η μεταφορά μεγάλου όγκου δεδομένων, το video streaming κα.



Επίσης μεγάλη κουβέντα έχει γίνει και γύρω από την σχέση που συνδέει την ταχύτητα μετάδοσης με την ποιότητα των πριζών στο σπίτι. Θεωρείται ότι είναι ιδιαίτερης σημασίας να επιλεγθεί η καταλληλότερη πρίζα όπου θα συνδεθεί η συσκευή του HomePlug router. Έτσι μετά από έρευνες έχουν διαπιστωθεί τα παρακάτω:

- Η επιλογή της πρίζας εξαρτάται από τις υπόλοιπες συσκευές που έχουν συνδεθεί στο ίδιο κύκλωμα ταυτόχρονα..
- Η χειρότερη επιλογή αποτελεί η πρίζα που έχουν συνδεθεί ήδη ηλεκτρονικοί υπολογιστές, modem και περιφερειακές συσκευές.
- Συσκευές όπως οι συσκευές UPS (Uninterruptible Power Supply) εμποδίζουν τις συσκευές HomePlug να λειτουργήσουν.
- Συσκευές όπως οι ηλεκτρικές σκούπες επηρεάζουν την λειτουργία του οικιακού δικτύου. Απλά η σύνδεση μιας τέτοιας συσκευής στην πρίζα, λιγοστεύει την ταχύτητα μετάδοσης του δικτύου ενώ η λειτουργία μιας τέτοιας συσκευής σταματάει την μετάδοση δεδομένων.
- Η απόσταση του HomePlug router από τον κεντρικό ηλεκτρικό πίνακα ελέγχου δεν επηρεάζει το δίκτυο όσο θα περίμενε κανείς.

Η HomePlug Powerline Alliance αναγνωρίζοντας τα μειονεκτήματα της τεχνολογίας HomePlug 1.0, ανέπτυξε το πρότυπο HomePlug AV που θεσπίστηκε το έτος 2005. Το HomePlug AV είναι σχεδιασμένο εξαρχής, ώστε να υποστηρίζει απαιτητικές εφαρμογές οικιακής ψυχαγωγίας και ηλεκτρονικές συσκευές όπως τηλεοράσεις υψηλής ευκρίνειας (HDTV-High Definition TV) και home theaters. Προσφέρει έναν οικονομικό και εύχρηστο τρόπο για το διαμοιρασμό του προγράμματος της HDTV σε ολόκληρο το σπίτι και υποστηρίζει υψηλό εύρος ζώνης, που εξασφαλίζει την απρόσκοπτη μετάδοση δεδομένων HDTV και VoIP (Voice over IP), όπως και δικτυακών εφαρμογών ταυτόχρονα.

Η ταχύτητα αυξήθηκε θεωρητικά στα 200Mbps με την πρακτική να κυμαίνεται γύρω στα 100Mbps (επιπέδου δηλαδή τεχνολογίας Fast Ethernet). Οι συχνότητες που χρησιμοποιεί, κυμαίνονται στο εύρος των 2-28MHz ενώ και μετά την πλήρη διαμόρφωση του προτύπου δεν αναμένεται να ξεπεράσουν τα 30MHz. Τέλος, υπάρχει πλήρης συμβατότητα με συσκευές HomePlug 1.0, που μπορούν να χρησιμοποιούν την ίδια γραμμή ηλεκτρικού ρεύματος.





Η νέα αυτή τεχνολογία έδωσε νέα διάσταση στην οικιακή ψυχαγωγία, παρέχοντας έναν απλό, αξιόπιστο και οικονομικό τρόπο για τη διασύνδεση δημοφιλών καταναλωτικών προϊόντων, όπως οι βιντεοκάμερες και τα συστήματα media centers. Παράλληλα, το νέο πρότυπο εκτός από ταχύτητα πρόσφερε και μεγαλύτερη ασφάλεια. Για την εξασφάλιση της προστασίας των μεταδιδόμενων δεδομένων στο πρότυπο HomePlug AV εφαρμόζονται οι τεχνικές ασφάλειας του HomePlug 1.0, με επιπλέον κρυπτογράφηση των 128bits

Το μεγάλο μειονέκτημα του νέου προτύπου είναι ο εξαιρετικά αργός ρυθμός ανάπτυξης του. Η απάντηση ήρθε από άλλους κατασκευαστές, όπως η εταιρία Intellon, ένας από τους μεγαλύτερους κατασκευαστές chipset για συσκευές δικτύωσης μέσω ηλεκτρικού ρεύματος, που παρουσίασε το νέο πρότυπο HomePlug Turbo. Το πρότυπο HomePlug Turbo είναι συμβατό με τις προδιαγραφές του προτύπου HomePlug 1.0 και προσφέρει ακόμα και πενταπλάσιες ταχύτητες.

#### **2.4.5 Προϊόντα**

Καρπός της τεχνολογίας HomePlug που αναπτύχθηκε από την HomePlug Powerline Alliance και των προτύπων HomePlug 1.0 και HomePlug AV είναι τα πολλά προϊόντα που εμφανίστηκαν στην αγορά από διαφορετικούς κατασκευαστές. Εκτός από την εταιρία Intellon που παρουσίασε το νέο πρότυπο HomePlug Turbo, κι άλλοι πολλοί κατασκευαστές προσπάθησαν να αναπτύξουν τις δικές τους τεχνολογίες με αποτέλεσμα η αγορά να κατακλυστεί.

Το χειρότερο δε είναι ότι πολλά από αυτά τα προϊόντα δεν ακολουθούν πάντα τις προδιαγραφές που έχει ορίσει η HomePlug Powerline Alliance. Το αποτέλεσμα είναι πολλές συσκευές δικτύωσης να είναι ασύμβατες μεταξύ τους και να μην μπορούν να συνδυαστούν, φέροντας σε απόγνωση τον καταναλωτή. Μάλιστα, λόγω του γεγονότος πως οι προδιαγραφές του πρωτοκόλλου HomePlug δεν είναι διαθέσιμες για τον καταναλωτή μιας και θεωρούνται περιουσία της HomePlug Powerline Alliance, πολλοί τονίζουν ότι η ασυμβατότητα των προϊόντων θα συνεχιστεί και θα αποτελέσει το μεγαλύτερο μειονέκτημα ως προς την ανάπτυξη του πρωτοκόλλου στην αγορά.



Ακολουθεί μια ενδεικτική λίστα με προϊόντα της τεχνολογίας HomePlug που διαθέτουν πιστοποίηση από την HomePlug Powerline Alliance και που μπορεί ο καταναλωτής να βρει εύκολα στην αγορά με σκοπό την υλοποίηση ενός οικιακού δικτύου (<http://www.homeplug.org/products/certified/>).

Company	Retail Products
<a href="#">Actiontec Electronics, Inc.</a>	Actiontec Megaplug HPE100T Ethernet to Powerline Adapter Actiontec Megaplug HPE400T 4 port Hub Actiontec Megaplug HPA108T Wireless Network Extender
<a href="#">Asoka USA Corporation</a>	PlugLink™ Ethernet to Powerline adapter with DC output (PL9645-ETP) PlugLink™ Ethernet Bridge (PL9610-ETH) PlugLink™ USB Bridge (PL9710-USB) PlugLink™ USB to Powerline Adapter (PL9720-USB) PlugLink™ Ethernet Wall Mount (PL9620-ETH) PlugLink™ Powerline to Ethernet Adapter (PL9640) Powerline Router (PL9920-BBR) 802.11b to Powerline Access Point adapter (PL9520-WAP) Pluglink Wireless AP (PL9250-WAP), Ethernet to Powerline DC Output (PL9645-ETP) Pluglink Powerline to Ethernet Adapter (PL9640) Powerline to Ethernet Adapter (PL9650-ETH) Powerline Router (PL9950-BBR)
<a href="#">devolo AG</a>	MicroLink dLAN i (MT 2052) MicroLink dLAN ADSL Modem Router (MT 2043) MicroLink dLAN i (MT 2031) MicroLink dLAN Audio (MT 02034) MicroLink dLAN USB (MT 2202) MicroLink dLAN Ethernet (MT 2026) MicroLink dLAN Wireless (MT 1130) MicroLink dLAN duo (MT 2044) MicroLink dLAN HS Ethernet (MT 2050) MicroLink dLAN Audio Adapter (MT 02034) dLAN Ethernet Adapter (MT2026) dLAN HS Ethernet (MT2071) dLAN i (MT 2031) dLAN I (MT2052) dLAN HS Ethernet (MT2050) MicroLink dLAN ADSL Modem Router (MT 2043) dLAN Duo (MT2044)
<a href="#">EchoStar</a>	EchoStar 942 Set-Top-Box Dish Player DVR (DE15 942)
<a href="#">GigaFast Ethernet</a>	PowerLine USB Adapter (PE901-UI) PowerLine USB Adapter (PE909-UI)



	PowerLine Ethernet Bridge (PE902-EB version 2)
<a href="#">Intellon Corporation</a>	Ethernet to Powerline Reference Design (RD5500-ETH)
<a href="#">IOGEAR, Inc.</a>	PowerLine to USB Adapter (GHPU01) PowerLine to Ethernet Bridge (GHPB01)
<a href="#">Linksys Group Inc.</a>	Instant PowerLine™ Etherfast 10/100 Bridge (PLEBR10 version 2) Instant PowerLine™ USB Adapter (PLUSB10 version 2) Instant PowerLine™ EtherFast 10/100 Bridge (PLEBR10) Instant PowerLine™ USB Adapter (PLUSB10) Instant Powerline™ Router (PLERT10)
<a href="#">NETGEAR, Inc.</a>	Powerline Ethernet Adapter (XE602) Powerline USB Adapter (XA601) Ethernet to Powerline Adapter (XE102)
<a href="#">Philips Consumer Electronics</a>	SYE3600 Powerline Ethernet Adapter SYE5600 Powerline Ethernet Adapter
<a href="#">Siemens</a>	SpeedStream Powerline router (SS2510) SpeedStream Powerline + Wireless router (SS2524) SpeedStream USB to Powerline adapter (SS2501) SpeedStream Ethernet to Powerline adapter (SS2502) SpeedStream 802.11b Access Point to Powerline Adapter
<a href="#">Telkonet Communications</a>	PlugFast Ethernet Modem (TA-1000 )
<a href="#">Wilife</a>	Luk Werks USB Powerline Adapter(CRM-110-USB)
<a href="#">ZyXEL</a>	Ethernet Adapter (PL-100)




Κατόπιν, θα παρουσιάσουμε ενδεικτικά κάποια πιστοποιημένα προϊόντα από τρεις διαφορετικές εταιρείες, την Asoka, την Corinex και την Devolo, που πρόκειται να χρησιμοποιήσουμε αργότερα για την δημιουργία οικιακών δικτύων και τον πειραματισμό πάνω στα δίκτυα με ηλεκτρικές γραμμές.



## Asoka

Η εταιρεία Asoka που προσφέρει δικτυακές λύσεις PLC, ιδρύθηκε το 2001 και εδρεύει στο Σαν Φραντζίσκο, Η.Π.Α. Πρόκειται για μια από τους πρωτοπόρους της τεχνολογίας HomePlug και κυρίαρχη της αντίστοιχης αγοράς. Οι πελάτες της αποτελούνται από απλούς ιδιώτες αλλά και μεγάλες αλυσίδες εταιρειών, όπως ξενοδοχεία, νοσοκομεία, εκπαιδευτικά ιδρύματα κα.



Από τα πιο δημοφιλή προϊόντα της εταιρείας θεωρούνται το PlugLink HomePlug-Ethernet adapter στα 85Mbps και το PlugLink HomePlug-USB adapter στα 14Mbps που κοστολογούνται στα \$74,99 (55,75€) και \$14,99 (11,15€) αντίστοιχα (<http://www.asokausa.com/buy/>)

<b>PlugLink HomePlug-Ethernet adapter 85Mbps</b>	
<b>PlugLink HomePlug-Ethernet adapter 14Mbps</b>	
<b>PlugLink HomePlug- USB adapter 14Mbps</b>	



## Corinex

Η εταιρεία Corinex Communications Corp. ιδρύθηκε το 1989 και εδρεύει στο Βανκούβερ, Καναδά. Είναι μέλος τόσο της HomePlug Powerline Alliance αλλά και ιδρυτικό μέλος της Universal Powerline Association (UPA) ενώ έχει επεκταθεί τόσο την Ευρώπη όσο και στην Κίνα και το Ταϊβάν. Εκτός από δίκτυα μέσω των ηλεκτρικών γραμμών, προσφέρει ταυτόχρονα λύσεις και για δίκτυα με ομοαξονικά καλώδια αλλά και ασύρματα δίκτυα. Κυριότερα προϊόντα τους όσον αφορά την τεχνολογία HomePlug αποτελούν το Corinex AV Powerline Ethernet Adapter στα 14 Mbps μέχρι και τα 200 μέτρα αλλά και το Corinex AV Powerline USB Adapter στα 14 Mbps με τις τιμές του πρώτου να κυμαίνονται στις £69 (101,73€) (<http://www.corinex.com>).

<b>Corinex AV Powerline Ethernet Adapter 14Mbps</b>	
<b>Corinex AV Powerline USB Adapter 14Mbps</b>	



## Devolo

Η εταιρεία Devolo ιδρύθηκε την 1<sup>η</sup> Μαΐου 2002 στο Άαχεν της Γερμανίας και ειδικεύεται στην ανάπτυξη τηλεπικοινωνιακών λύσεων για ιδιώτες αλλά και βιομηχανίες ενώ παρουσιάζει έντονη δράση στην αγορά των τηλεπικοινωνιών στην Ελλάδα. Τα προϊόντα της περιλαμβάνουν εκτός από προϊόντα τεχνολογίας HomePlug, συσκευές για DSL, ISDN και PSTN συνδέσεις στο Internet καθώς και προϊόντα δικτύων που βασίζονται στην τεχνολογία Ethernet αλλά και στην ασύρματη δικτύωση. Πάνω στα πρότυπα HomePlug, δημοφιλή είναι τα πακέτα Microlink dLan που περιλαμβάνουν δύο Ethernet αντάπτορες στα 200Mbps (πρότυπο HomePlug AV) και στα 85Mbps με το δεύτερο να τιμολογείται περίπου στα 189€ (<http://www.devolo.gr/devolo/>). Επίσης διατίθεται και πακέτο που περιλαμβάνει έναν αντάπτορα Ethernet και έναν USB (Δαμιανάκης, 2005, σελ. 29).

**Microlink dLan 2 Ethernet Adapter  
85Mbps**



### 2.4.6 Παραδείγματα Συνδεσμολογιών HomePlug

Αφού δείξαμε ενδεικτικά κάποια από τα προϊόντα HomePlug που είναι δημοφιλή και χρησιμοποιούνται ευρέως για την δημιουργία οικιακών δικτύων, θα περάσουμε στην υλοποίηση του δικτύου. Συγκεκριμένα, θα αναφερθούμε στα κυριότερα βήματα δημιουργίας ενός οικιακού δικτύου με λεπτομερή αναφορά στη σύνδεση των προϊόντων και των οικιακών



δικτύων μέσω των ηλεκτρικών γραμμών. Θα αναφερθούμε σε παραδείγματα σύνδεσης υπολογιστών μεταξύ τους αλλά και το πως αυτά μπορούν να συνδέονται με άλλες συσκευές ή και να μοιράζονται μια σύνδεση Internet.

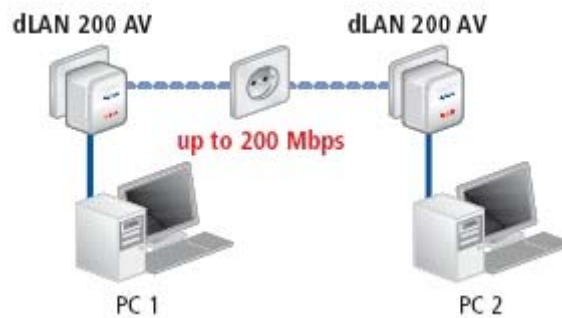
### **Σύνδεση υπολογιστών μέσω HomePlug**

Μέσω ενός δικτύου HomePlug είναι δυνατόν να συνδεθούν δύο ηλεκτρονικοί υπολογιστές που βρίσκονται μέσα στο σπίτι. Ο Δαμιανάκης (2005, σελ 29) δημιούργησε ένα τέτοιο δίκτυο με σκοπό να μετρήσει τις ταχύτητες μετάδοσης χρησιμοποιώντας προϊόντα της εταιρείας Devolo που περιγράψαμε παραπάνω.

Συγκεκριμένα, χρησιμοποίησε το πακέτο Microlink dLan που περιλαμβάνει δύο Ethernet αντάπτορες στα 14Mbps για να δημιουργήσει ένα μικρό οικιακό δίκτυο μεταξύ δύο υπολογιστών. Η υλοποίηση του μικρού αυτού δικτύου ήταν εξαιρετικά εύκολη μιας και το μόνο που χρειάστηκε ήταν:

1. Να συνδεθεί το κάθε Microlink dLan Ethernet αντάπτορα με μία πρίζα του 230V του σπιτιού (που είναι συμβατή με το πρότυπο HomePlug)
2. Να συνδεθεί το κάθε Microlink dLan Ethernet αντάπτορα με ένα υπολογιστή μέσω ενός καλωδίου Ethernet (ο υπολογιστής θεωρούμε ότι είναι εξοπλισμένος με κάρτα δικτύου Ethernet όπως συμβαίνει στους περισσότερους σύγχρονους υπολογιστές)
3. Το αποτέλεσμα ήταν να δημιουργηθεί εύκολα ένα ασφαλές δίκτυο μεταξύ των δύο υπολογιστών που επιτρέπει τη μεταφορά δεδομένων μεταξύ τους.

Η τοπολογία του παραπάνω δικτύου με την χρησιμοποίηση δύο υπολογιστών και δύο συσκευών Microlink dLan Ethernet adapter των 200Mbps φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

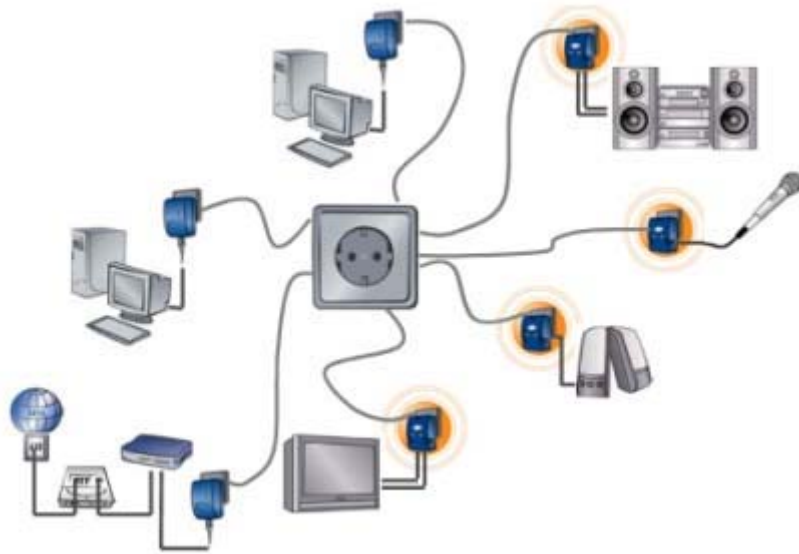


Στη συνέχεια θα αναφερθούμε με περισσότερες λεπτομέρειες σε πιο πολύπλοκα οικιακά δίκτυα που περιλαμβάνουν και άλλες συσκευές ενώ τα αποτελέσματα των μετρήσεων στο παραπάνω δίκτυο θα τα παρουσιάσουμε στην επόμενη ενότητα.

### **Σύνδεση υπολογιστών με άλλες οικιακές συσκευές μέσω HomePlug**

Με την ίδια ευκολία που δημιουργήθηκε το δίκτυο με τους δύο ηλεκτρονικούς υπολογιστές μέσα στο σπίτι, μπορούν στο δίκτυο να προστεθούν κι άλλες συσκευές, όπως τηλεόραση, ηχεία, στερεοφωνικά συγκροτήματα, κα. Το μόνο που χρειάζεται είναι να συνδεθούν αυτές οι συσκευές με έναν MicroLink dLan αντάπτορα που συνήθως προτιμάται να είναι USB adapter αντί για Ethernet adapter μιας και πολλές συσκευές σήμερα διαθέτουν μια υποδοχή για USB. Ένα τέτοιο οικιακό δίκτυο με τους υπολογιστές αλλά και άλλες συσκευές να συνδέονται κάνοντας χρήση της ηλεκτρικής υποδομής φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

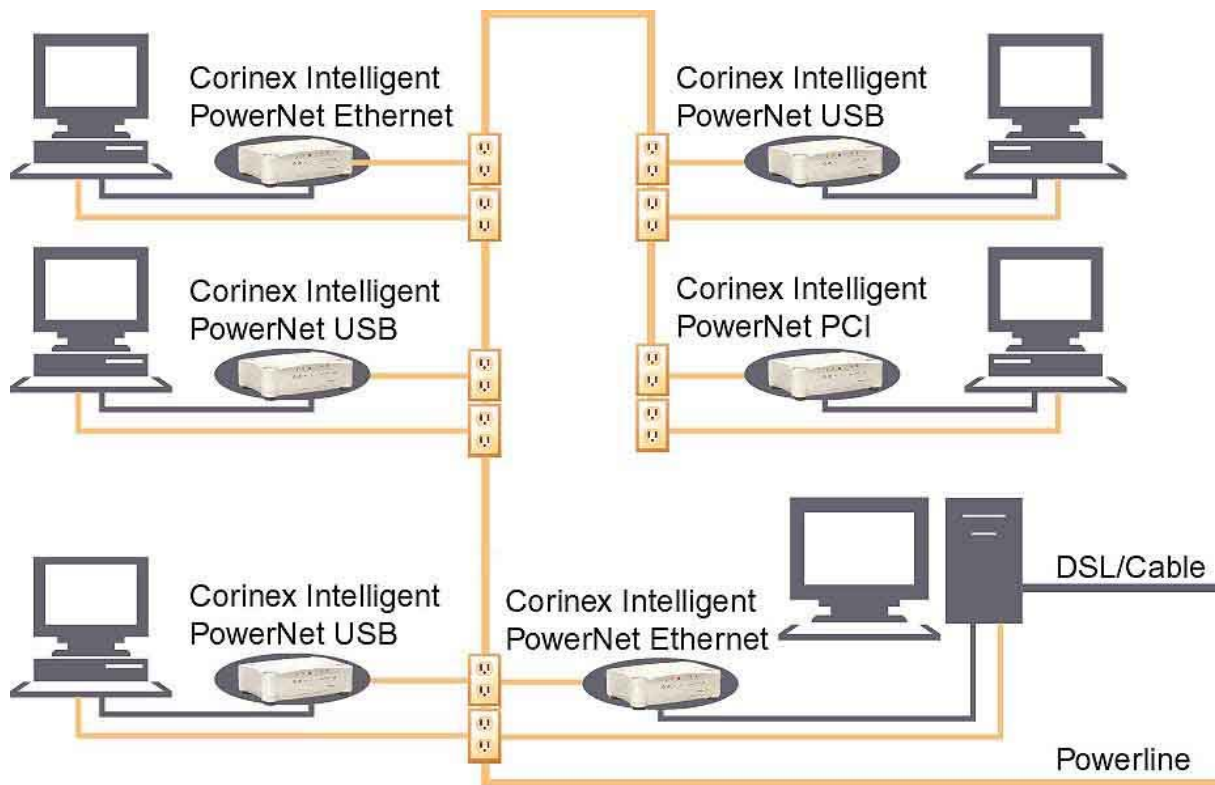




### Σύνδεση υπολογιστών με το Internet μέσω HomePlug

Μία σημαντική παροχή που προσφέρει το οικιακό δίκτυο είναι να μοιράζονται οι υπολογιστές αλλά και οι υπόλοιπες συσκευές την ίδια σύνδεση στο Internet ανεξαρτήτως μεθόδου (ADSL, ISDN ή απλής γραμμής) και παροχέα υπηρεσιών. Όπως είναι φυσικό η τηλεφωνική γραμμή του σπιτιού χρησιμοποιείται για την πρόσβαση στο Internet και μέσω ενός modem router, κάθε πρίζα του σπιτιού μπορεί να παρέχει πρόσβαση στο Internet από μεγάλο αριθμό συσκευών.

Πριν αναλύσουμε ένα τέτοιο οικιακό δίκτυο, δείχνουμε μια τυπική σύνδεση δικτύου με την χρήση των προϊόντων Corinex που παρουσιάσαμε στην προηγούμενη ενότητα αναλυτικά:



Συγκεκριμένα, τα βήματα που θα πρέπει να υλοποιηθούν για να μοιράζεται η σύνδεση Internet μέσω του οικιακού δικτύου είναι τα εξής:

1. Σύνδεση του router στην τηλεφωνική γραμμή που χρειάζεται για το διαμοιρασμό της σύνδεσης του Internet. Το router μπορεί να διαθέτει και firewall καθώς και ενσωματωμένο switch 4 ή περισσότερων θυρών. Επίσης, στον router μπορεί να ενσωματώνεται και ένας print server ώστε να είναι εύκολη η διαχείριση των εκτυπωτών.
2. Σύνδεση του router με ένα HomePlug Ethernet η USB adapter και σύνδεση του adapter με μια ηλεκτρική πρίζα του σπιτιού.
3. Σύνδεση των ηλεκτρικών υπολογιστών καθώς και άλλων συσκευών μέσα στο σπίτι με HomePlug Ethernet η USB adapter και σύνδεση αυτών των adapter με πρίζες στο σπίτι.

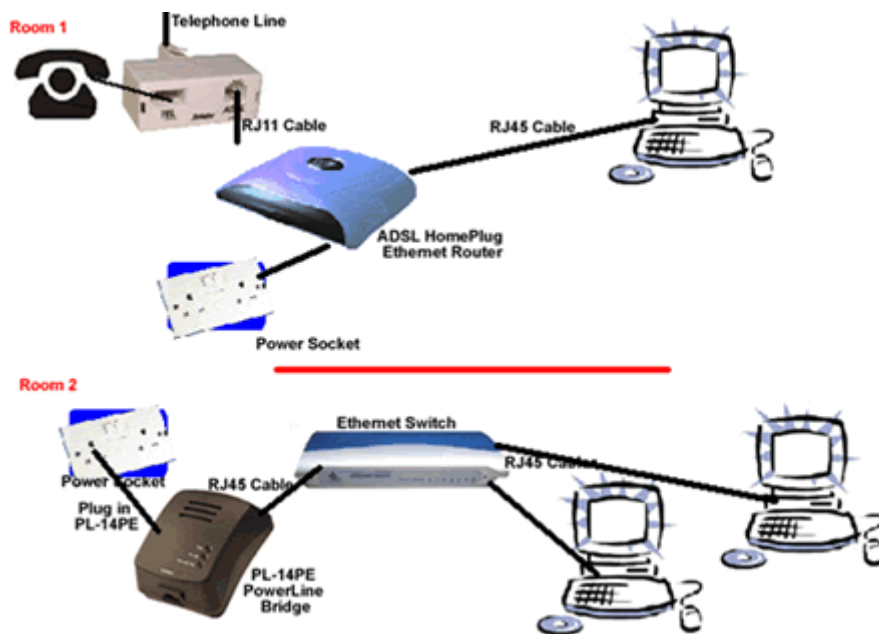
Επισημαίνεται ότι για την σύνδεση των συσκευών είναι απαραίτητη η ύπαρξη καρτών Ethernet (NIC) ενώ τα καλώδια που χρησιμοποιούνται για τις συνδέσεις των συσκευών



(router, ηλεκτρονικοί υπολογιστές, τηλεοράσεις, στερεοφωνικά συγκροτήματα κα) με τους adapters είναι καλώδια Ethernet γνωστά και ως καλώδια Κατηγορίας 5 ή Cat5.

Στο παρακάτω σχεδιάγραμμα φαίνεται ένα τέτοιο οικιακό δίκτυο που επεκτείνεται σε δύο δωμάτια στα οποία οι ηλεκτρονικές συσκευές μοιράζονται τη σύνδεση Internet. Στο πρώτο δωμάτιο (**Room 1**) χρησιμοποιούμε ένα ADSL HomePlug Ethernet Router που συνδέεται με ένα καλώδιο RJ11 στις τηλεφωνικές γραμμές του σπιτιού. Το ADSL HomePlug Ethernet Router συνδέεται με την πρίζα του σπιτιού καθώς και με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή με ένα RJ45 καλώδιο. Πρέπει να σημειώσουμε ότι το ADSL HomePlug Ethernet Router μπορεί να αντικατασταθεί για περισσότερη ευκολία εγκατάστασης για τον χρήστη με ένα από ADSL Ethernet Router και ένα HomePlug Ethernet Adapter.

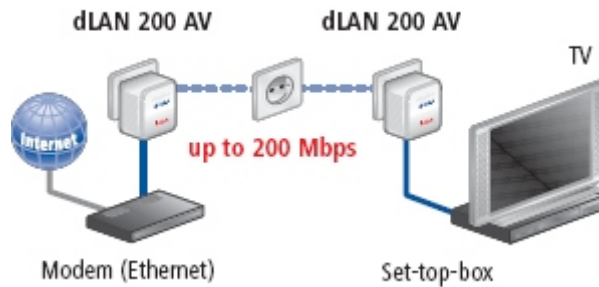
Στο δεύτερο δωμάτιο (**Room 2**) υπάρχουν δύο ηλεκτρονικούς υπολογιστές που μέσω ενός Ethernet Switch συνδέονται με ένα HomePlug Ethernet Adapter το οποίο φυσικά συνδέεται σε μια πρίζα του δωματίου. Με αυτό το οικιακό δίκτυο, οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές στο δεύτερο δωμάτιο μπορούν να συνδεθούν με ασφάλεια και αξιοπιστία στο Internet.



Πρέπει εδώ να τονίσουμε ότι η παρουσία ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή δεν είναι απαραίτητη. Απλά στα περισσότερες τοπολογίες δικτύων η εμφάνιση των ηλεκτρονικών



υπολογιστών δικαιολογείται από τη συχνή παρουσία ηλεκτρονικών υπολογιστών μέσα στα σπίτια. Έτσι, μπορεί μια άλλη συσκευή, όπως κάποιες τηλεοράσεις, να συνδεθούν με τον ίδιο τρόπο στο Internet μέσω ενός οικιακού δικτύου με τη χρήση της ηλεκτρικής υποδομής του σπιτιού όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



### Άλλα Παραδείγματα Σύνδεσης με HomePlug

Τέλος θα παρουσιάσουμε ένα παράδειγμα οικιακού δικτύου που συνδέει υπολογιστές με μια συσκευή DIRECTV HD DVR για να δείξουμε την ευκολία εγκατάστασης δικτύων και σύνδεσης οποιαδήποτε συσκευής σε αυτά τα δίκτυα. Οι συσκευές ψυχαγωγίας DIRECTV HD DVR μπορούν να δείχνουν φωτογραφίες και να παίζουν μουσική από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή του σπιτιού αλλά και να συνδέονται με το Internet.

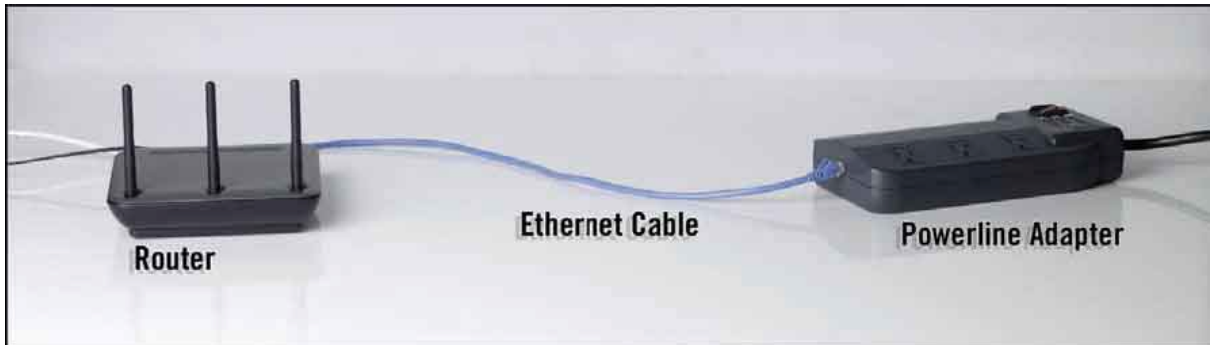
Ακόμα και σε αυτή την περίπτωση η δημιουργία του οικιακού δικτύου και της σύνδεσης του ηλεκτρονικού υπολογιστή με την συσκευή DIRECTV HD DVR μπορεί να γίνει εύκολα κι απλά με τα ακόλουθα βήματα:

1. Συνδέουμε την συσκευή DIRECTV HD DVR με ένα HomePlug adapter όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα με ένα Ethernet καλώδιο:





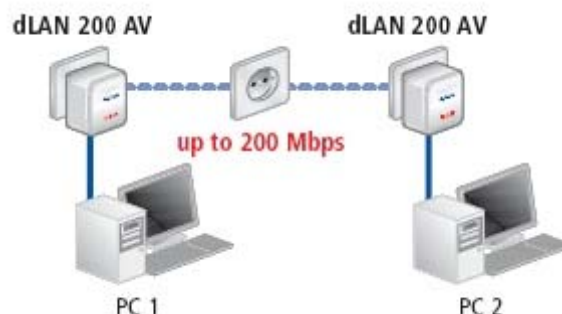
2. Συνδέουμε την συσκευή του Router με ένα HomePlug adapter όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα με ένα Ethernet καλώδιο:



Και στις δύο περιπτώσεις πρέπει φυσικά τα HomePlug adapter να συνδεθούν με τις ηλεκτρικές πρίζες του σπιτιού έτσι ώστε το οικιακό δίκτυο να λειτουργεί. Τότε ο ηλεκτρονικός υπολογιστής θα μπορεί να επικοινωνεί με την συσκευή DIRECTV HD DVR και να του μεταδίδει δεδομένα.

#### 2.4.7 Μετρήσεις Οικιακών Δικτύων HomePlug

Ο Δαμιανάκης (2005, σελ 29) δημιούργησε ένα απλό δίκτυο που συνδέει δύο υπολογιστές όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα χρησιμοποιώντας τα προϊόντα Microlink dLAN Ethernet adapter στα 14Mbps.





Σκοπός της δημιουργίας του δικτύου ήταν οι μετρήσεις της ταχύτητας μετάδοσης μεταξύ των δύο υπολογιστών και η σύγκρισή τους με τις θεωρητικές ταχύτητες των 14Mbps. Αρχικά, διαπιστώθηκε ότι ακόμα και στα εγχειρίδια χρήσης των συγκεκριμένων προϊόντων αναγραφόταν καθαρά ότι οι πρακτικές ταχύτητες που θα εμφανίζονταν στο υλοποιημένο δίκτυο αναμενόταν να κυμανθούν μεταξύ 6-8Mbps.

Συνδέοντας τους δύο υπολογιστές στο ίδιο πολύπριζο, έτσι ώστε να βρίσκονται όσο το δυνατόν πιο κοντά, η ταχύτητα αποστολής ενός μεγάλου αρχείου από τον ένα υπολογιστή στον άλλον ανερχόταν στα 650KB/s (δηλαδή στα 8Mbps περίπου). Στην συνέχεια, εφαρμόστηκε ένα πιο ρεαλιστικό και πιο πιθανό να συμβεί σενάριο, με τις πρίζες που συνδέονταν οι δύο αντάπτορες σε απόσταση 30 μέτρων. Η σύνδεση μεταξύ των δύο υπολογιστών συνέχισε να υφίσταται αλλά αυτήν την φορά η ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων έπεσε αισθητά στα 4Mbps.

Το τελικό συμπέρασμα των μετρήσεων ήταν πως παρότι υπάρχουν στην αγορά προϊόντα που προσφέρουν ασύγκριτα μεγαλύτερες ταχύτητες που αγγίζουν το 1Gb, οι ταχύτητες που προσφέρει η τεχνολογία HomePlug είναι αρκετές για εφαρμογές, όπως το μοίρασμα σύνδεσης Internet αλλά και εργασίες με βαρύτερο φορτίο δικτύου, όπως η μεταφορά μεγάλων αρχείων, ο χρήστης θα πρέπει να κάνει υπομονή.

Οι Waks και Teger (2002) με τη σειρά τους έκαναν περισσότερες δοκιμές για την υλοποίηση οικιακών δικτύων και το μοίρασμα της σύνδεσης του Internet στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, δοκιμάζοντας προϊόντα από τρεις διαφορετικούς κατασκευαστές:

- Asoka
- Phonex Broadband
- ST&T xNetworks



Επειδή μεν υπάρχουν πολλά προϊόντα στην αγορά από διαφορετικούς κατασκευαστές, αλλά όλα είναι βασισμένα στο ολοκληρωμένο chip που κατασκευάζει η Intellon, τα αποτελέσματα των μετρήσεων μπορούν να θεωρηθούν αντιπροσωπευτικά για όλη την γκάμα των προϊόντων HomePlug που είναι διαθέσιμα στην αγορά.

Αντίθετα, οι Waks και Teger δοκίμασαν τα προϊόντα αυτά σε δίκτυα που δημιούργησαν μόνο σε ένα σπίτι, οπότε το δείγμα δεν μπορεί να θεωρηθεί 100% αντιπροσωπευτικό γιατί σε σπίτια με διαφορετική διαμόρφωση υπάρχει το ενδεχόμενο οι μετρήσεις να παρουσιάζουν μεταβολές. Οι δοκιμές και οι μετρήσεις έγιναν σε δίκτυα που ήταν συνδεδεμένα δύο ή τρεις το πολύ συσκευές με την χρήση Ethernet adapters ή/και USB adapters στα 14Mbps με συνδυασμούς που περιελάμβαναν προϊόντα μόνο από την ίδια εταιρεία αλλά και από διαφορετικές εταιρείες. Σε όλα τα δίκτυα χρησιμοποιήθηκε και η συσκευή HomePlug Ethernet bridge που συνδεόταν στο Ethernet switch μεταξύ του modem και των ηλεκτρονικών υπολογιστών ενώ επιλέχθηκε η συσκευή αυτή να συνδεθεί με τη καλύτερη πρίζα του σπιτιού έτσι ώστε να βελτιωθεί η απόδοση του συστήματος. Οι δοκιμές που έγιναν με δύο κόμβους συνδεδεμένους στο δίκτυο κατά σειρά φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:



Test	Adapter 1	Adapter 2
1	Asoka PlugLink Ethernet Bridge PL9610-ETH	Asoka PlugLink Ethernet Bridge PL9610-ETH
2	Phonex QX-201 NeverWire 14 Ethernet Bridge	Phonex QX-201 NeverWire 14 Ethernet Bridge
3	Asoka PlugLink Ethernet Bridge PL9610-ETH	ST&T iPower Point EtherFast 10/100 Bridge M51
4	Asoka PlugLink Ethernet Bridge PL9610-ETH	Asoka PlugLink USB Adapter PL9710-USB
5	ST&T iPower Point EtherFast 10/100 Bridge M51	ST&T iPower Point <a href="#">PLC</a> USB Adaptor U21
6	ST&T iPower Point EtherFast 10/100 Bridge M51	ST&T iPower Point PLC USB Adaptor U22
7	ST&T iPower Point EtherFast 10/100 Bridge M53	ST&T iPower Point EtherFast 10/100 Bridge M51
8	ST&T iPower Point EtherFast 10/100 Bridge M53	ST&T iPower Point PLC USB Adaptor U23

Σαν κριτήριο δοκιμής επιλέχθηκε ο χρόνος μεταφοράς ενός μεγάλου αρχείου από τον ένα υπολογιστή στον άλλο αλλά και η ταχύτητα όσον αφορά το Internet που μοιραζόταν μέσα από τις ηλεκτρικές γραμμές. Τα κυριότερα συμπεράσματα στα οποία κατέληξαν οι Waks και Teger ήταν τα εξής:

3. Η τεχνολογία HomePlug δούλεψε αρκετά ικανοποιητικά όσον αφορά το μοίρασμα της σύνδεσης του Internet. Σε σύγκριση με το Ethernet και την ασύρματη σύνδεση, οι ταχύτητες μετάδοσης ήταν σαφώς μικρότερες. Πάντως το HomePlug κατάφερε να δουλέψει και σε χώρους που η ασύρματη δικτύωση δεν ήταν εφικτή.





4. Η επιλογή των πριζών σύνδεσης παίζει κρίσιμο ρόλο και μπορεί να οδηγήσει σε εξαιρετικά χαμηλές ταχύτητες ή και απώλεια της δυνατότητας μετάδοσης μέσω του δικτύου.
5. Η ταχύτητα μετάδοσης κυμαινόταν ανάμεσα στα 5Mbps και 1Mbps ανάλογα με την ποιότητα της πρίζας. Ο μέσος όρος μετάδοσης σε όλες τις δοκιμές ήταν 3,4Mbps.
6. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων δεν διέφεραν μεταξύ των προϊόντων των διαφορετικών εταιρειών και ούτε μεταξύ της χρήσης Ethernet adapters ή/και USB adapters.
7. Η τεχνολογία HomePlug επιδρούσε αρνητικά στο κατέβασμα αρχείων από το Internet και οι ταχύτητες ήταν σαφώς χαμηλότερες από τα αντίστοιχα δίκτυα Ethernet.
8. Οι αντάπτορες USB ήταν πιο δύσκολοι στην εγκατάσταση και στο σετάρισμα από ότι οι Ethernet αντάπτορες.
9. Υπήρχαν διαφορετικοί τρόποι για να ορίσει ο χρήστης το κλειδί κρυπτογράφησης. Στα περισσότερα προϊόντα η επιλογή γινόταν μέσα από ξεχωριστό λογισμικό ενώ σε άλλες (όπως π.χ. στα προϊόντα της εταιρείας Phonex) η επιλογή γινόταν από κουμπιά που υπήρχαν πάνω στο ίδιο το προϊόν. Παρόλες αυτές τις διαφορές, σε όλα τα προϊόντα η ασφάλεια του δικτύου λόγω των μεθόδων κρυπτογράφησης ήταν εξαιρετική.

Τα συμπεράσματα των Waks και Teger ήταν πολύ χρήσιμα αλλά δεν έλαβαν υπ' όψιν τους καθόλου την διαμόρφωση του χώρου που θα υλοποιηθεί. Οι συνθήκες της οικίας επηρεάζουν την απόδοση των HomePlug δικτύων και μπορούν να την μειώσουν αισθητά. Το περιοδικό PC Magazine έκανε μετρήσεις πάνω σε δίκτυα HomePlug που δημιούργησε από προϊόντα τριών διαφορετικών κατασκευαστριών εταιρειών.

Ένας υπολογιστής συνδεόταν μέσω των καλωδίων του ηλεκτρικού ρεύματος με το Internet. Οι δοκιμές έγιναν με σκοπό να μετρηθούν σε κάθε δίκτυο οι ταχύτητες upload και download σε Mbps στις εξής περιπτώσεις:

- Όταν όλες οι συσκευές βρίσκονταν στον ίδιο όροφο



- Όταν ο υπολογιστής βρισκόταν σε διαφορετικό όροφο από τον όροφο που συνδεόταν ο router στην πρίζα
- Όταν οι συσκευές βρίσκονταν σε διαφορετική φάση

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων, δηλαδή οι ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων σε Mbps φαίνονται στο παρακάτω πίνακα.

<b>ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΧΡΟΝΟΥ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ (σε Mbps)</b>						
<b>ΕΤΑΙΡΕΙΑ</b>	<b>DEVOLO</b>		<b>LEVEL ONE</b>		<b>SMC</b>	
	Upload	Download	Upload	Download	Upload	Download
Ίδιο δωμάτιο /Ίδιος Όροφος	<b>0,004</b>	<b>0,002</b>	<b>0,003</b>	<b>0,001</b>	<b>0,003</b>	<b>0,002</b>
Διαφορετικός Όροφος	<b>0,004</b>	<b>0,002</b>	<b>0,003</b>	<b>0,002</b>	<b>0,003</b>	<b>0,002</b>
Διαφορετική φάση	<b>0,007</b>	<b>0,004</b>	<b>0,005</b>	<b>0,003</b>	<b>0,005</b>	<b>0,003</b>



#### 2.4.8 Συμπεράσματα

Η Yankee Group υπολογίζει ότι τουλάχιστον 21 εκατομμύρια νοικοκυριά στις Η.Π.Α. ενδιαφέρονται για τα οικιακά δίκτυα και ότι 12.4 εκατομμύρια θα ήθελαν να υλοποιήσουν ένα δίκτυο βασισμένο στη χρήση του ηλεκτρικού δικτύου μέσα στον επόμενο χρόνο. Αντίστοιχα σύμφωνα με τους Park Associates, 30 εκατομμύρια νοικοκυριά στις Η.Π.Α. θα έχουν γρήγορες συνδέσεις internet το 2004, και 17 εκατομμύρια από αυτούς σχεδιάζουν το σπίτι τους να διαθέτει ένα τέτοιο δίκτυο (Lee, et al 2002, Σελ.105).

Μέσω ενός τέτοιου δικτύου ο ιδιοκτήτης του σπιτιού θα μπορεί να επιτρέψει την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ παραδοσιακών συσκευών διαχείρισης δεδομένων όπως υπολογιστές και περιφερειακά υπολογιστών. Θα είναι λοιπόν δυνατή η αποστολή δεδομένων πολυμέσων από τηλεοράσεις ή VCRs προς υπολογιστές μέσω ενός PLC δικτύου, η καταγραφή μουσικής ή video αλλά θα υποστηρίζονται και πιο πολύπλοκες εφαρμογές. Έτσι, για παράδειγμα, όταν ένα εμπόρευμα διαφημίζεται από την ψηφιακή τηλεόραση, οι πληροφορίες που αφορούν το προϊόν θα μπορούν να σωθούν και να αποθηκευτούν στον υπολογιστή μέσω της γραμμής ηλεκτροδότησης. Κατόπιν, ο χρήστης θα μπορεί να στείλει την παραγγελία μέσω ενός υπολογιστή πάλι μέσω του ενσύρματο οικιακού δικτύου. Επίσης, ένα ψυγείο θα μπορεί να παραγγείλει φαγητό μέσω του δικτύου και των γραμμών ηλεκτροδότησης σύμφωνα με τη λίστα εμπορευμάτων που διαθέτει, ή να στείλει οδηγίες προς το φούρνο μικροκυμάτων.

Στις διάφορες μετρήσεις και τεστ που έχουν γίνει πρόσφατα πάνω σε οικιακά δίκτυα με χρήση της υπάρχουσας ηλεκτρονικής υποδομής, το συμπέρασμα που βγαίνει αβίαστα είναι πως τα δίκτυα HomePlug μπορούν να αποτελέσουν μια αξιόπιστη λύση και να καταλάβουν ένα μεγάλο μερίδιο αγοράς ([www.broadbandhomecentral.com](http://www.broadbandhomecentral.com)).

Δοκιμές απέδειξαν ότι το πρωτόκολλο HomePlug είναι μια πολύ καλή λύση για τη σύνδεση πολλών ηλεκτρονικών υπολογιστών σε ένα μόντεμ. Επίσης, θεωρείται ότι το πρωτόκολλο είναι ικανό να προσφέρει και άλλες πιο απαιτητικές εφαρμογές όπως μετάδοση φωνής αλλά και εφαρμογών τηλεφωνίας. Το HomePlug δεν υποστηρίζει ακόμα επαρκώς την μετάδοση video που όμως δεν λογίζεται ακόμη ως απαραίτητο και αναγκαίο χαρακτηριστικό που πρέπει να διαθέτει ένα οικιακό δίκτυο.

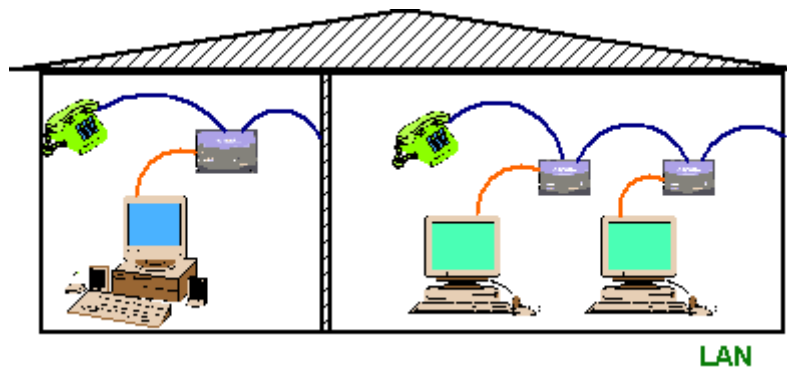


Από το 2003 και μετά είχε αρχίσει να διαφαίνεται ξεκάθαρα η λαμπρή προοπτική της τεχνολογίας HomePlug, λόγω της απόδοσης και της ευχρηστίας που προσφέρει. Τη σημερινή εποχή η τεχνολογία χρησιμοποίησης των ηλεκτρικών καλωδίων ρεύματος και το πρότυπο HomePlug αναγνωρίζεται ως μία από τις τρεις πιο ελκυστικές λύσεις οικιακής δικτύωσης, μαζί με τις τεχνολογίες του Ethernet και της τεχνολογίας Wi-Fi (IEEE 802.11x). Η νέα αυτή τεχνολογία φέρνει την επανάσταση στην οικιακή ψυχαγωγία, παρέχοντας έναν απλό, αξιόπιστο και οικονομικό τρόπο για τη διασύνδεση δημοφιλών καταναλωτικών προϊόντων, όπως οι βιντεοκάμερες. Η πολύ καλή απόδοση των προτύπων HomePlug συνίσταται στην πλήρη κάλυψη όλων των χώρων των οικιών, την αποτελεσματική μετάδοση αλλά και την ευκολία υλοποίησης. Μάλιστα, οι ρυθμοί μετάδοσης του πρόσφατου προτύπου HomePlug AV μπορούν να συγκριθούν ακόμα και με τους ρυθμούς μετάδοσης του προτύπου Fast Ethernet..



## 2.7. PhoneLine

Όλα τα σπίτια διαθέτουν σήμερα εγκατεστημένο ένα δίκτυο με τηλεφωνικές γραμμές αλλά και υποδοχές τηλεφωνικής σύνδεσης στα περισσότερα δωμάτια του σπιτιού. Η τεχνολογία που βασίζεται στην υπάρχουσα δομή των τηλεφωνικών γραμμών και εκμεταλλεύεται το μεγάλο εύρος ζώνης τους αναπτύχθηκε από την κοινοπραξία Home Phoneline Networking Alliance (HomePNA) το 1998. Η κοινοπραξία εταιρειών HomePNA έθεσε ως πρωταρχικό στόχο την ευρεία αποδοχή των προτύπων της ως λύση για την υλοποίηση οικιακών δικτύων. Η στρατηγική τους βασίστηκε στο γεγονός ότι το πρότυπο θα ήταν μια φτηνή λύση μιας και σε όλα τα σπίτια σήμερα υπάρχει η απαραίτητη τηλεφωνική υποδομή. Ένα παράδειγμα τοπολογίας δικτύων που θα βασίζονται πάνω στην τηλεφωνική υποδομή φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

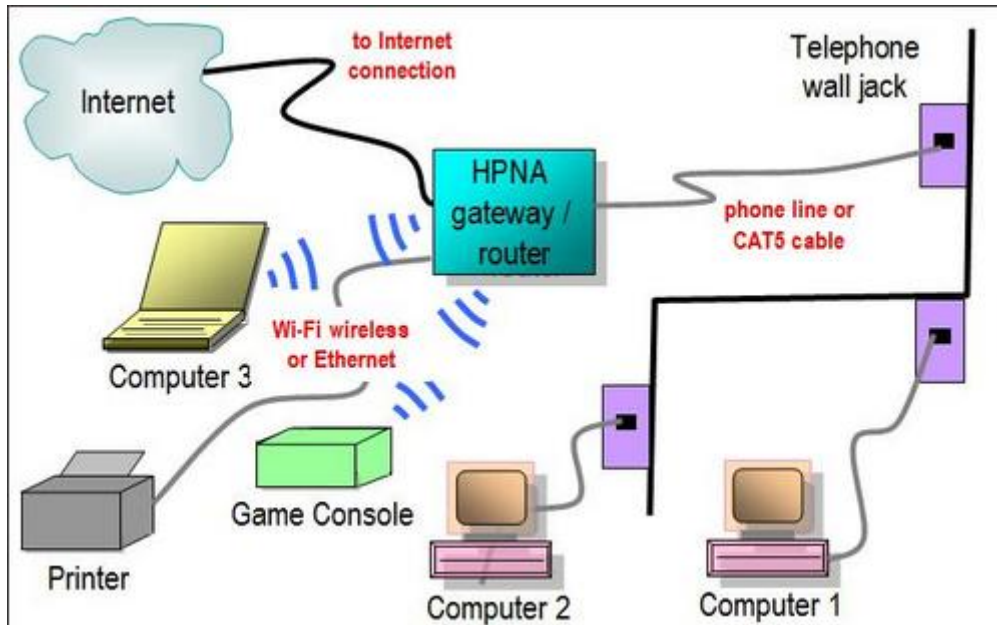


Η τεχνολογία δικτύωσης με την χρήση των τηλεφωνικών γραμμών έχει την βάση της στο πρότυπο δικτύωσης Ethernet που περιγράψαμε στην ενότητα 2.1. Η κύρια διαφορά από το πρότυπο Ethernet είναι η χρήση των καλωδίων του οικιακού τηλεφωνικού δικτύου αντί για τα καλώδια UTP ή BNC που χρησιμοποιούνται στο Ethernet.

Τα πλεονεκτήματα της δικτύωσης μέσω τηλεφωνικής γραμμής είναι η ύπαρξη του τηλεφωνικού δικτύου που κάνει την εγκατάσταση και συντήρηση του δικτύου μια εργασία εύκολη και φτηνή. Αξίζει επίσης να σημειωθεί παρατηρηθεί ότι ένα δίκτυο HomePNA λειτουργεί όπως ακριβώς ένα σύνηθες τοπικό δίκτυο, μάλιστα χωρίς να παρεμποδίζει και αυτό είναι το σημαντικό τη λειτουργία του τηλεφώνου ή του φαξ, αφού όλα μπορούν να γίνονται ταυτόχρονα (τεχνική Frequency Division Multiplexing, FDM) (Βαρελάς, 2001). Η



τοπολογία ενός τέτοιου δικτύου φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (<http://compnetworking.about.com/od/homenetworking>).



Δίκτυα με τις τηλεφωνικές γραμμές, όπως το HomePNA μπορεί να παρουσιάζονται ελκυστικά αλλά τα μειονεκτήματα ενός δικτύου HomePNA εστιάζονται κυρίως στην σχετικά χαμηλή ταχύτητα μετάδοσης, συγκρινόμενη με άλλες τεχνολογίες δικτύωσης, αλλά και το γεγονός πως για κάθε κόμβο-συσκευή ενός τέτοιου δικτύου, θα πρέπει απαραίτητα στο σπίτι να υπάρχει κάπου κοντά και μια πρίζα τηλεφώνου. Έτσι, η ευκολία χρήσης και μεταφοράς τέτοιων δικτύων περιορίζεται σημαντικά από τις διαθέσιμες τηλεφωνικές πρίζες στο σπίτι.

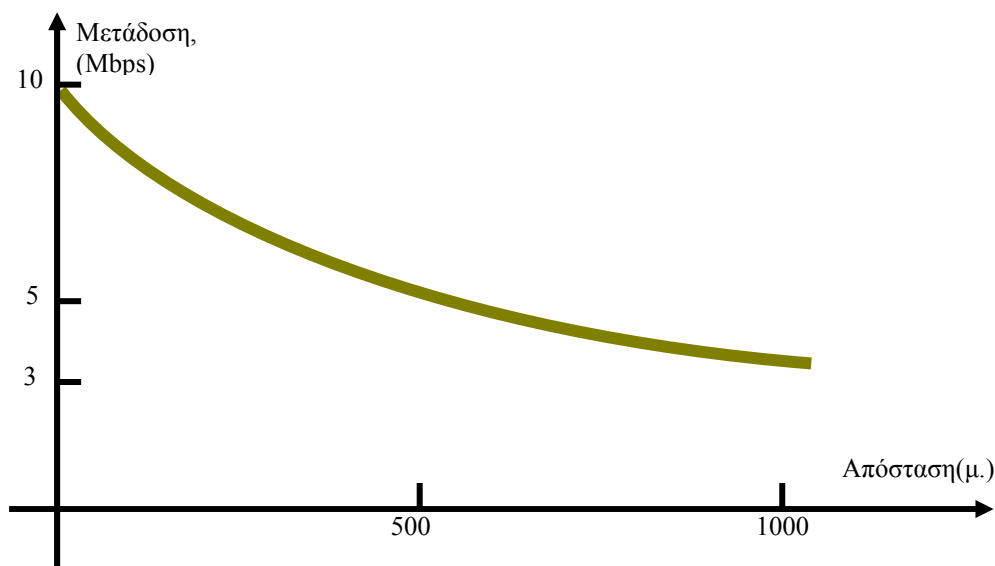
## 2.8. Πρότυπα.

Η πρώτη έκδοση 1.0 του προτύπου HomePNA που παρουσιάστηκε το 1998 δεν ικανοποίησε μιας και επέτρεπε ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων μόνο μέχρι 1Mbps. Η Phonetline Networking Alliance προχώρησε τον επόμενο χρόνο γρήγορα στην παρουσίαση της έκδοσης 2.0. του προτύπου που είχε τα εξής χαρακτηριστικά:

- Ταχύτητες μετάδοσης της τάξης των 10Mbps που μειώνεται όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα ανάλογα με την απόσταση



- Εύρος 350 μέτρων
- Υποστήριξη μέχρι και 32 συσκευών
- Τοπολογία αρτηρίας
- Συμβατότητα με τις τεχνολογικές λύσεις που βασίζονταν στην παλιά έκδοση του προτύπου 1.0
- Πολύ καλή λειτουργία σε καλώδια UTP 3 και 5, τηλεφωνικά και ομοαξονικά καλώδια
- Ευκολία χρήσης για καταναλωτές αλλά και προμηθευτές
- Λειτουργία μόνο με HomePNA κάρτες χωρίς την ύπαρξη hubs και switches



Μετάδοση σε σχέση με την απόσταση για το πρότυπο HomePNA 2.0

Η έκδοση HomePNA 3.0 θα βελτιώσει τις ταχύτητες μετάδοσης που μπορεί να φτάσουν έως και τα 128 Mbps. Η συγκεκριμένη έκδοση υποστηρίζει το μοίρασμα ενός λογαριασμού πρόσβασης στο Internet σε πολλούς υπολογιστές μέσα στο σπίτι. Παράλληλα, το κόστος εγκατάστασης του δικτύου παραμένει και σε αυτήν την έκδοση χαμηλό χωρίς να χρειάζεται επιπλέον εγκαταστάσεις καλωδίων.

Η τεχνολογία HomePNA βασισμένη λοιπόν στις τηλεφωνικές γραμμές μπορεί να αποτελέσει αυτόνομα μια καλή επιλογή για οικιακή δικτύωση αλλά μπορεί να



χρησιμοποιηθεί και ως η ραχοκοκαλιά (backbone) για ένα οικιακό δίκτυο που θα συμπληρώνεται και από άλλες τεχνολογικές λύσεις.

## **2.9. Άλλα Πρωτόκολλα.**

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλύσουμε κάποιες άλλες τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία ενός οικιακού δικτύου.

### **2.9.1. Οπτικές ίνες.**

Οι πολλές δυσκολίες που έχουν παρουσιαστεί στην εγκατάσταση και τον χειρισμό των παραδοσιακών αρχιτεκτονικών ενσύρματων οικιακών δικτύων που προαναφέραμε αλλά και η ταυτόχρονη μείωση του κόστους του οπτικού υλικού έφεραν στην επιφάνεια την τεχνολογία των οπτικών ινών. Η αρχιτεκτονική Fiber to the Home (FTTH) αναπτύχθηκε ως απάντηση σε αυτές τις προκλήσεις και απαιτήσεις της αγοράς που αφορούσαν και την οικιακή δικτύωση (<http://www.iec.org>, 'Fiber to the Home', Σελ.1).

Οι οπτικές ίνες μπορούν να προσφέρουν στον καταναλωτή ένα εύρωστο ευρυζωνικό δίκτυο που θα ικανοποιεί ποικίλες ανάγκες και υπηρεσίες πολυμέσων. Τέτοιες υπηρεσίες περιλαμβάνουν αλληλεπιδραστικές υπηρεσίες video, internet υψηλής ταχύτητας, δορυφορική τηλεόραση, DBS (direct broadcast satellite) τηλεόραση κα.

Σε ένα σύστημα FTTH, ο εξοπλισμός επικοινωνεί με το τηλεφωνικό δίκτυο PSTN (public switched telephone network) χρησιμοποιώντας DS-1s και συνδέεται με δίκτυα Ethernet ή άλλα δίκτυα. Οι υπηρεσίες video εξασφαλίζονται μέσα στο σύστημα από τη σύνδεση με την καλωδιακή τηλεόραση ή με μια δορυφορική σύνδεση. Στο σπίτι, το οπτικό σήμα μετατρέπεται σε ηλεκτρικό χρησιμοποιώντας έναν μετατροπέα OEC (optical electrical converter). Ο μετατροπέας αυτός κατόπιν διαχωρίζει το σήμα σε υπηρεσίες που χρειάζεται ο χρήστης-καταναλωτής.

Τα κύρια πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η τεχνολογία δικτύων FTTH είναι τα εξής:

- Το κόστος συντήρησης του δικτύου είναι εξαιρετικά χαμηλό



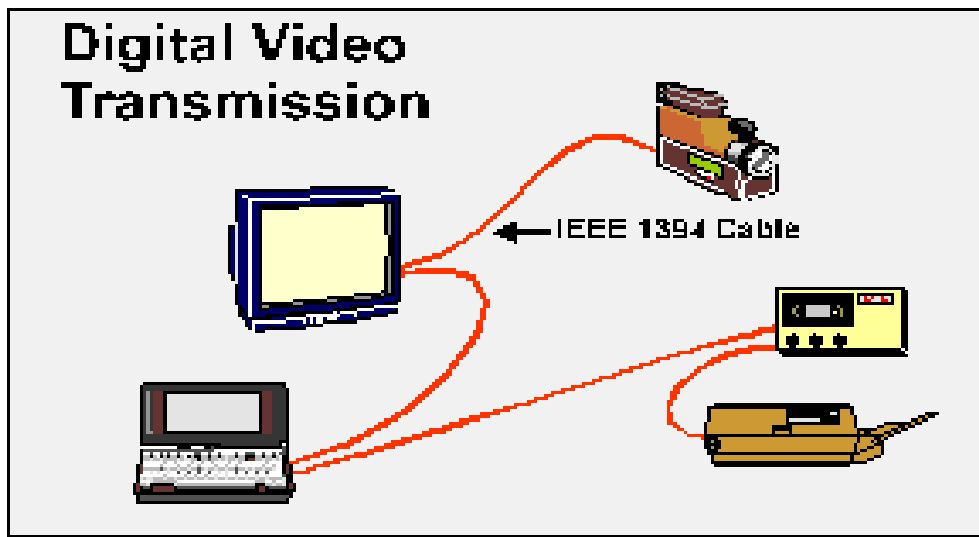


- Οι προσφερόμενες υπηρεσίες περιλαμβάνουν μετάδοση φωνής, μεταφορά δεδομένων με υψηλές ταχύτητες, αναλογική ή ψηφιακή τηλεόραση
- Η κατανάλωση ρεύματος είναι χαμηλή ενώ τα δίκτυα FTTH διαθέτουν και τοπική εφεδρική τροφοδοσία από μπαταρίες (<http://www.iec.org>, 'Fiber to the Home', Σελ.4)
- Είναι αξιόπιστα και ασφαλή
- Η αρχιτεκτονική τους είναι ευέλικτη και αναμένεται να είναι κυρίαρχη και στο μέλλον

Η επιθυμία και ανάγκη για αμφίδρομες υπηρεσίες που βασίζονται σε video, όπως η αλληλεπιδραστική τηλεόραση, εκπαίδευση από απόσταση (distance learning) και τηλεδιασκέψεις (videoconferencing) συνεχώς αυξάνεται και το κόστος των οπτικών ινών συνεχώς μειώνεται. Το FTTH έχει αποδειχθεί ότι είναι μια τεχνολογία που αξίζει της προσοχής και έχει αρχίσει να διεισδύει στην αγορά καθώς κερδίζει το ενδιαφέρον των προμηθευτών. Οι τελευταίοι βλέπουν τα δίκτυα FTTH ως μία καλή λύση για την ανάπτυξη οικιακών δικτύων που θα τους δώσουν τη δυνατότητα της μελλοντικής προσθήκης νέων καινοτόμων υπηρεσιών με αστραπιαία ταχύτητα, μεγαλώνοντας έτσι κατά μεγάλο ποσοστό τα κέρδη τους.

### **2.9.2. Πρωτόκολλο IEEE 1994 ή FIREWIRE.**

Το πρωτόκολλο IEEE 1994 αναπτύχθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1990 από την εταιρεία Apple μετά τη συγκέντρωση 1393 προτύπων και ονομάστηκε FireWire λόγω της μεγάλης διαμεταγωγής δεδομένων που προσέφερε. Δημιουργήθηκε από την ανάγκη και την επιθυμία να αποτρέπονται οι αλλοιώσεις στην εικόνα από τη μετατροπή του ψηφιακού σήματος σε αναλογικό και το σήμα video να παραμένει ψηφιακό μέσα στο καλώδιο.



Μεταφορά Video με την τεχνολογία IEEE 1994

Το πρωτόκολλο εγκρίθηκε το έτος 1995 από το Αμερικανικό Επιμελητήριο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών (IEEE - Institute of Electrical and Electronic Engineers) και πήρε την ονομασία IEEE 1394 ή IEEE 1394-1995, παρόλα αυτά παρέμεινε γνωστό στο ευρύ κοινό ως FireWire. Επειδή δε η ονομασία FireWire είναι κατοχυρωμένη από την εταιρεία Apple, το πρωτόκολλο IEEE 1394 συχνά αναφέρεται και ως HPSB (High Performance Serial Bus).

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά του πρωτόκολλου IEEE 1994 είναι:

- Είναι χαμηλού κόστους
- Επιτρέπει τη μεταφορά ψηφιακών δεδομένων
- Η εγκατάσταση και απεγκατάσταση συσκευών είναι πολύ εύκολη
- Η ασύγχρονη μεταφορά δεδομένων παρέχει συνδετότητα με περιφερειακές συσκευές όπως εκτυπωτές και modem
- Ισόχρονη μεταφορά δεδομένων εγγυάται και την αξιόπιστη μεταφορά πολυμεσικών εφαρμογών

Όσον αφορά τις ταχύτητες που υποστηρίζει το πρωτόκολλο IEEE 1394 και κυρίως η έκδοση του προτύπου IEEE 1394.a είναι 100, 200 και 400Mbps, ανάλογα με το τσίπсет υποστήριξης του ελεγκτή IEEE 1394 που χρησιμοποιείται. Έτσι, εάν το τσίπсет του ελεγκτή μπορεί να υποστηρίξει ταχύτητες μετάδοσης 400Mbps, τότε μπορεί να επικοινωνήσει με τα



περιφερειακά με ταχύτητες 400, 200 ή και 100Mbps. Αντίστοιχα, ένα τσίπсет 200Mbps υποστηρίζει ταχύτητες μεταφοράς μόνο 200 ή 100Mbps, αλλά όχι 400Mbps, ενώ ένα τσίπсет των 100Mbps δεν είναι ικανό να δεχτεί ή να μεταδώσει πληροφορίες με ταχύτητα 200 ή 400Mbps. Σε ταχύτητες 100Mbps υποστηρίζεται η μεταφορά συμπιεσμένου video, ενώ στις μεγαλύτερες ταχύτητες υποστηρίζεται και η μεταφορά πολυμέσων. Το μέγιστο μήκος ενός καλωδίου IEEE 1394.a είναι 4,5 μέτρα, αλλά μπορούμε να συνδέσουμε περιφερειακές συσκευές που βρίσκονται σε μεγαλύτερη απόσταση από αυτή, με τη βοήθεια μιας συσκευής ενίσχυσης σήματος (repeater).

Ο σχετικά μεγάλος αυτός ρυθμός μεταφοράς δεδομένων αυξήθηκε εντυπωσιακά με την έκδοση του πρωτοκόλλου IEEE 1394.b το έτος 2001, ξεπερνώντας μάλιστα και τις ταχύτητες που προσφέρει το πρωτόκολλο SCSI. Το IEEE 1394.b έχει τη δυνατότητα να μεταφέρει δεδομένα με ταχύτητες που φτάνουν τα 800, 1.600 και 3.200Mbps σε μεγαλύτερες μάλιστα αποστάσεις από ότι το πρότυπο IEEE 1394.a. Επιπλέον, η απόσταση μεταξύ συσκευών του νέου προτύπου μπορεί να είναι και με'χρι 100 μέτρα, δίνοντας μεγάλες δυνατότητες για την δημιουργία οικιακών δικτύων. Τα δύο πρότυπα είναι συμβατά με την ταχύτητα μετάδοσης να περιορίζεται από την δυνατότητα μετάδοσης της συσκευής προτύπου IEEE 1394.a όταν συσκευές και των δύο προτύπων είναι συνδεδεμένες.

Τα πρωτόκολλα IEEE 1394 υποστηρίζει την δυνατότητα της άμεσης αναγνώρισης μιας συσκευής, γνωστή ως Hot Plug In, ενώ το πρότυπο 1394.a επιτρέπει την ταυτόχρονη σύνδεση μέχρι και 63 συσκευών. Σε αντίθεση με άλλα πρωτόκολλα όπως το USB που χρησιμοποιεί τοπολογία διαύλου master-slave για τα Hub (ή τις συσκευές που έχουν και το ρόλο Hub) που είναι συνδεδεμένα σε αυτόν, το IEEE 1394 χρησιμοποιεί την ομότιμη τοπολογία διαύλου (peer-to-peer), με όλες τις συσκευές να συνδέονται εν σειρά. Έτσι, είναι σημαντικό πλεονέκτημα ότι μία συσκευή που είναι συνδεδεμένη στο δίαυλο του IEEE 1394 μπορεί να στείλει δεδομένα κατευθείαν σε άλλες συσκευές του διαύλου χωρίς τη διαμεσολάβηση του υπολογιστή.

Τα πρωτόκολλα IEEE 1394 μπορούν να μεταφέρουν τα δεδομένα με ασύγχρονο αλλά και με σύγχρονο τρόπο. Η ασύγχρονη μεταφορά χρησιμοποιείται συνήθως για την αποστολή των εντολών στα περιφερειακά του διαύλου (π.χ., την ενεργοποίηση της ψηφιακής κάμερας), ενώ η σύγχρονη μεταφορά για την αποστολή των δεδομένων. Μία συσκευή δεν μπορεί ποτέ να δεσμεύσει το 100% του διαύλου, ακόμα και αν αυτός δεν χρησιμοποιείται από άλλη



συσκευή. Για μια σύγχρονη μεταφορά δεδομένων μία συσκευή μπορεί να χρησιμοποιήσει μέχρι το 65% του μέγιστου εύρους του διαύλου, ενώ όλες οι συσκευές μπορούν να χρησιμοποιήσουν μέχρι το 85% του εύρους του διαύλου για ισόχρονες μεταφορές δεδομένων. Το υπόλοιπο τμήμα του διαύλου διατίθεται για τις ασύγχρονες μεταφορές δεδομένων.

Για τη σύνδεση των συσκευών IEEE 1394 χρησιμοποιείται θωρακισμένο εξαπλό καλώδιο πάχους έξι χιλιοστών. Τα τέσσερα καλώδια αποτελούνται από δύο ζευγάρια θωρακισμένου ανάστροφου καλωδίου (twisted pair), τα οποία μεταφέρουν τις πληροφορίες. Τα υπόλοιπα δύο καλώδια μεταφέρουν ρεύμα τάσης από 8 έως 40volt και μέγιστης έντασης 1,5Ampere για την τροφοδοσία των συσκευών. Τα βύσματα ενός τέτοιου καλωδίου αποτελούνται από έξι ακίδες, με τις ηλεκτρικές επαφές να βρίσκονται στο εσωτερικό μέρος του βύσματος, ώστε να προστατεύεται ο χρήστης από πιθανή ηλεκτροπληξία. Το τελευταίο διάστημα η Sony παρουσίασε ψηφιακές κάμερες, οι οποίες χρησιμοποιούν τετραπλό καλώδιο μεταφοράς δεδομένων. Η διαφορά του από το τυπικό καλώδιο IEEE 1394 είναι η έλλειψη των δύο καλωδίων ρεύματος. Αυτές οι συσκευές δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν τη θύρα IEEE 1394 του υπολογιστή, αλλά πιστεύεται πως σύντομα θα υπάρξει μετατροπέας για αυτόν το σκοπό (Κουρκούτας, 2006).

Οι νέοι υπολογιστές της Apple διαθέτουν θύρες IEEE 1394 ενώ σε μερικά μοντέλα της υπάρχουν και θύρες FireWire στη μητρική του υπολογιστή για τη σύνδεση εσωτερικών σκληρών δίσκων. Στο χώρο των PC κυκλοφορούν αρκετοί ελεγκτές IEEE 1394, οι οποίοι τοποθετούνται σε δίαυλο PCI, ενώ έχουν ήδη αρχίσει να εμφανίζονται μητρικές με ενσωματωμένο ελεγκτή. Στο εμπόριο κυκλοφορούν αρκετές συσκευές IEEE 1394, όπως ψηφιακές κάμερες, ψηφιακά βίντεο, σκληροί δίσκοι και άλλα αποθηκευτικά μέσα.

Οι μεγάλες ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων που προσφέρει το πρωτόκολλο IEEE 1394 το καθιστούν ιδανικό για τη σύνδεση συσκευών που μεταφέρουν μεγάλους όγκους πληροφορίας, όπως οι συσκευές εικόνας και ήχου, σαρωτές μεγάλης ανάλυσης και διάφορα αποθηκευτικά μέσα. Η τεχνολογία IEEE 1394 είναι σαφώς ταχύτερη από τα πρωτόκολλα USB αλλά είναι πιο ακριβή. Αντίθετα, σε σύγκριση με τις οπτικές ίνες, η τεχνολογία των οπτικών ινών προσφέρει μεγαλύτερες ταχύτητες αλλά είναι πιο ακριβή και πιο πολύπλοκη. Ολοκληρώνοντας, η τεχνολογία IEEE 1394 δεν προσφέρεται για να λειτουργήσει ως πλήρες οικιακό δίκτυο, παρόλα αυτά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εύκολη, φτηνή και ταχύτατη σύνδεση περιφερειακών συσκευών.



### 2.9.3. Πρωτόκολλο USB.

Το πρωτόκολλο USB (Universal Serial Bus) αναπτύχθηκε το 1995 από τις εταιρείες Compaq, Digital Equipment, IBM, Intel, Microsoft, NEC και Northern Telecom. Το πρότυπο USB 1.1 υποστηρίζει ταχύτητες μέχρι και 12Mbps ενώ θεωρητικά επιτρέπει τη σύνδεση 127 συσκευών μέσα στο σπίτι. Είναι φτηνότερο από το πρωτόκολλο IEEE 1394 αλλά χαρακτηρίζεται από μικρότερες ταχύτητες μετάδοσης.

Από τα κυριότερα χαρακτηριστικά του πρωτοκόλλου USB, όπως και στην περίπτωση του IEEE 1394, είναι η δυνατότητα της άμεσης αναγνώρισης μιας συσκευής (Hot Plug In), μόλις αυτή συνδεθεί στον υπολογιστή, χωρίς την ανάγκη επανεκκίνησης, όπως συμβαίνει με το Plug and Play. Η σύνδεση των συσκευών που υποστηρίζουν το πρωτόκολλο USB δεν απαιτεί επιπλέον τοποθέτηση καρτών σε κάποιο δίαυλο PCI ή ISA του υπολογιστή, με αποτέλεσμα η εγκατάσταση αυτών των περιφερειακών να γίνεται πολύ εύκολα ακόμα και από χρήστες που δεν έχουν πολλές γνώσεις γύρω από τους υπολογιστές και τα δίκτυα. Στην περίπτωση που δεν υπάρχουν διαθέσιμες θύρες USB χρησιμοποιούνται συσκευές Hub, οι οποίες παίζουν το ρόλο του πολύπριζου, προσφέροντας επιπλέον θύρες USB. Για τη σύνδεση των συσκευών με τον υπολογιστή χρησιμοποιείται ένα τετραπλό καλώδιο με μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος πέντε μέτρα.

Ένα σημαντικό πρόβλημα που βρίσκει λύση με το πρωτόκολλο USB είναι η ανάγκη της αντιστοίχισης ενός αριθμού IRQ (Interrupt Request) σε κάθε περιφερειακό του υπολογιστή, ώστε ο επεξεργαστής του υπολογιστή να μπορεί να εξυπηρετεί με κάποια προτεραιότητα όλες τις συσκευές αλλά και να καταλαβαίνει με ποιο περιφερειακό έχει επικοινωνία κάποια χρονική στιγμή. Το πρόβλημα παρουσιάζεται λόγω του μικρού αριθμού των διαθέσιμων αριθμών IRQ, που δεν επιτρέπει την ταυτόχρονη σύνδεση πολλών συσκευών σε έναν υπολογιστή, και των δυσκολιών που δημιουργούνται, όταν δύο ή περισσότερα περιφερικά έχουν τον ίδιο αριθμό IRQ. Με το πρωτόκολλο USB οι συσκευές δεν δεσμεύουν αριθμούς IRQ, καθώς για την επικοινωνία τους με τον υπολογιστή υπεύθυνος είναι ο ελεγκτής USB.

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά του πρωτοκόλλου USB είχαν ως αποτέλεσμα τη γρήγορη αποδοχή του τόσο από τους κατασκευαστές υπολογιστών και περιφερειακών όσο



και από τους ίδιους τους χρήστες. Όλοι οι νέοι υπολογιστές διαθέτουν αρκετές θύρες USB, ενώ σχεδόν όλα τα νέα περιφερειακά, που δεν απαιτούν μεγάλες ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων, υποστηρίζουν και το πρωτόκολλο USB. Οι πιο συνηθισμένες συσκευές USB που υπάρχουν αυτή τη στιγμή είναι πληκτρολόγια, ποντίκια, ψηφιακά joy stick, εξωτερικοί οδηγοί μέσω αποθήκευσης, ηχεία, εκτυπωτές, σαρωτές και βιντεοκάμερες μικρής ανάλυσης.

Τα μειονεκτήματα του πρωτοκόλλου USB παρέμεναν φυσικά λόγω της αργής σχετικά ταχύτητας μετάδοσης δεδομένων, αλλά και των περιορισμών στο μήκος των καλωδίων σύνδεσης, στον ταυτόχρονο αριθμό των συσκευών κτλ.

Παρά, λοιπόν, τα καλά χαρακτηριστικά του το USB δεν παύει να αποτελεί ένα αργό σχετικά πρωτόκολλο επικοινωνίας. Τέσσερις ιδρύτριες εταιρείες από την αρχική ομάδα σχεδίασης του USB, οι Compaq, Intel, Microsoft, και NEC, μαζί με τις Hewlett Packard, Lucent και Phillips συνεργάστηκαν με απώτερο στόχο τη βελτίωση του πρωτοκόλλου USB.

Βασικοί τους στόχοι για το νέο πρωτόκολλο που ονομάστηκε USB 2.0 ήταν η επίτευξη μεγαλύτερης ταχύτητας μεταφοράς δεδομένων, μέχρι και είκοσι φορές ταχύτερη, η άρση και εξάλειψη των περιορισμών αλλά παράλληλα απαραίτητη θεωρήθηκε και η διατήρηση της συμβατότητας με το πρώτο πρότυπο USB 1.1. Τελικά, η εταιρεία Intel ανακοίνωσε ότι το νέο πρωτόκολλο USB είναι 30 με 40 φορές ταχύτερο από το USB 1.1, φτάνοντας ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων που θα κυμαίνονται από τα 360 μέχρι τα 480Mbps. Επιπλέον, το USB 2.0 είναι πλήρως συμβατό με το USB και χρησιμοποιεί τα ίδια καλώδια και τις ίδιες θύρες.

Όσον αφορά τη σύγκριση με τα υπόλοιπα πρωτόκολλα και τον επιτεύξιμο ρυθμό μεταφοράς δεδομένων, το πρωτόκολλο IEEE 1394 υπερτερεί κατά πολύ από το USB, αφού μπορεί να μεταφέρει στον ίδιο χρόνο 8 έως 33 φορές περισσότερες πληροφορίες. Το πρωτόκολλο USB 2.0 όμως που έχει παραπλήσιες ταχύτητες με το IEEE 1394 είναι πιο αποδεχτό στην αγορά λόγω της αρχικής διείσδυσης του πρώτου πρωτοκόλλου USB 1.1.

Παρόλα αυτά τα δύο πρωτόκολλα φέρεται να διεκδικούν διαφορετικά τμήματα της αγοράς των υπολογιστών. Η αγορά στην οποία απευθύνεται κυρίως το IEEE 1394, και όπου έχει αρχίσει να εδραιώνεται, είναι αυτή των συσκευών ήχου και εικόνας. Τα αποθηκευτικά μέσα μεγάλης ταχύτητας, τα ψηφιακά βίντεο, οι ψηφιακές κάμερες μεγάλης ανάλυσης, οι τηλεοράσεις και άλλες συσκευές πολυμέσων, που απαιτούν μεγάλες ταχύτητες μεταφοράς, απευθύνονται ως επί το πλείστον στο πρωτόκολλο IEEE 1394 για την επικοινωνία με τον



υπολογιστή. Από την άλλη πλευρά, το USB εδραίωσε ακόμα περισσότερο τη θέση του στην αγορά, καθώς με την εμφάνιση του USB 2.0 διαθέτει και μία επιπλέον λωρίδα κυκλοφορίας για τις πιο γρήγορες συσκευές, όπως οι εκτυπωτές και οι σαρωτές της νέας γενιάς.

Όπως δείχνουν τα πράγματα, στους μελλοντικούς υπολογιστές τα δύο πρωτόκολλα θα συνυπάρχουν και θα συνεργάζονται αρμονικά, προσφέροντας στους χρήστες εύκολη εγκατάσταση πολλών περιφερειακών και μεγάλες ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων. Τα δύο πρωτόκολλα θα χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα στα οικιακά δίκτυα για την άμεση και εύκολη σύνδεση των υπολογιστών ενός σπιτιού και των υπόλοιπων περιφερειακών συσκευών.

#### **2.9.4. Πρωτόκολλο X10.**

Το πρωτόκολλο X10 είναι ένας κώδικας επικοινωνίας που επιτρέπει σε συμβατά προϊόντα να ανταλλάσσουν πληροφορίες μέσω της υπάρχουσας ηλεκτρικής καλωδίωσης των οικιών, όπως και το πρότυπο Homeplug που αναλύσαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Επιτρέπει τη δικτύωση έως 256 συσκευών, οι οποίες επικοινωνούν μεταξύ τους από ένα συγκεκριμένο σημείο χωρίς περιορισμούς. Το πρωτόκολλο X10 πήρε το όνομά του από το σήμα χαμηλής τάσης που διέρχεται από το ηλεκτρικό δίκτυο του σπιτιού χωρίς να επηρεάζει καμιά ηλεκτρική συσκευή, διότι μεταδίδεται όταν η τάση είναι στα 0 volts.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του πρωτοκόλλου X10 είναι ότι δεν απαιτείται επιπρόσθετη καλωδίωση. Απλώς χρειάζεται η τοποθέτηση των βυσμάτων του πομπού (ή των καλωδίων) σε μια θέση μέσα στο σπίτι και η αποστολή του σήματος ελέγχου (on, off) σε κάποιον δέκτη, ο οποίος βρίσκεται σε άλλο σημείο της οικίας.

Προκειμένου μία συσκευή να λειτουργήσει με βάση το πρωτόκολλο X10, είναι απαραίτητο να της εκχωρηθεί μία από τις 256 διαθέσιμες διευθύνσεις. Μάλιστα είναι εφικτό, αν επιθυμεί ο χρήστης, να ξεκινούν και να διακόπτουν τη λειτουργία τους ταυτόχρονα δύο συσκευές, αρκεί να τους εκχωρηθεί η ίδια διεύθυνση. Γενικά τα προϊόντα που είναι συμβατά με την τεχνολογία X10 εστιάζονται στο χώρο των αυτοματισμών και της ασφάλειας κτηρίων και λειτουργούν απρόσκοπτα, χωρίς να αντιμετωπίζουν προβλήματα.

Παρόλα αυτά, επειδή γίνεται χρήση της υποδομής των καλωδίων του ηλεκτρικού ρεύματος, είναι πιθανό να προκύψουν δύο πιθανά προβλήματα. Κατ' αρχάς, παρουσιάζεται



θόρυβος στη γραμμή μετάδοσης που είναι πιθανό να οφείλεται σε κάποια συσκευή που λειτουργεί ταυτόχρονα, όπως μια ηλεκτρική σκούπα, ένας διακόπτης. Επίσης προηγμένες ηλεκτρονικές συσκευές όπως καλώδια τροφοδοσίας φορητών υπολογιστών ή τηλεοράσεις πολλών ιντσών μπορούν να προκαλέσουν δυσλειτουργία του συγκεκριμένου πρωτοκόλλου. Αυτά τα προβλήματα θορύβου ξεπερνιούνται με τη χρήση ειδικών φίλτρων. Το δεύτερο πρόβλημα που σχετίζεται με το πρωτόκολλο X10 εγείρεται όταν ο πομπός και ο δέκτης παρουσιάζουν διαφορά φάσης. Στην περίπτωση αυτή, το σήμα γεφυρώνει τις δύο φάσεις, είτε στο μετασχηματιστή είτε μέσω κάποιας οικιακής συσκευής των 220V.

Πάντως τα προαναφερόμενα μειονεκτήματα δεν μετριάζουν τα σπουδαία πλεονεκτήματα που προσφέρει το X10 και μοιάζουν με αυτά των προτύπων Homeplug. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν το χαμηλό κόστος, η ευκολία υλοποίησης καθώς και το γεγονός ότι δεν χρειάζεται να προστεθούν νέα καλώδια. Εξάλλου, η μακροημέρευση της τεχνολογίας αυτής για περισσότερα από είκοσι χρόνια καταδεικνύει τη χρησιμότητα αλλά και την μεγάλη της αξιοπιστία.

### **2.9.5. Πρωτόκολλο UNIVERSAL PLUG AND PLAY.**

Η τεχνολογία Universal Plug and Play (UPnP) αποτελεί άλλη μια τεχνολογία που μπορεί να υποστηρίξει την οικιακή δικτύωση. Η τεχνολογία προτάθηκε από τον πρόεδρο της εταιρείας Microsoft, Bill Gates, και ουσιαστικά αφορά την εύκολη αφομοίωση των διαφόρων εξαρτημάτων ενός υπολογιστή από τα Windows. Η τεχνολογία UPnP αναπτύχθηκε από το Universal Plug and Play Forum που ιδρύθηκε το 1999 και απαρτίζεται σήμερα από περισσότερες από 200 εταιρείες.

Το πρωτόκολλο UPnP δεν μπορεί να λειτουργήσει αυτόνομα αλλά χρειάζεται απαραίτητα ένα εγκατεστημένο δίκτυο για να λειτουργήσει. Η ύπαρξη ενός υπολογιστή δεν είναι απαραίτητη αλλά ο υπολογιστής μπορεί να δράσει ως ελεγκτής και ταυτόχρονα να αποτελέσει την πύλη για την πρόσβαση όλων των οικιακών συσκευών στο Internet. Όσον αφορά το δίκτυο που πρέπει να είναι εγκατεστημένο, αυτό μπορεί να είναι βασισμένο σε οποιοδήποτε ενσύρματο - Ethernet,, HomePlug και Phonetline- ή ασύρματο -IEEE 802.11, HomeRF και Bluetooth – πρωτόκολλο.





Κάθε συσκευή του δικτύου θα ενσωματώνει τις δικές της υπηρεσίες που είναι διαφορετικές από τις υπηρεσίες των άλλων συσκευών του δικτύου. Οι υπηρεσίες αυτές είναι αυστηρά καθορισμένες από το Universal Plug and Play Forum για ένα μεγάλο πλήθος ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών του σπιτιού. Οι απαραίτητες προκαθορισμένες πληροφορίες για την ταυτότητα και τα χαρακτηριστικά της συσκευής καθώς και για τα πρωτόκολλα επικοινωνίας αποθηκεύονται σε ειδική μνήμη μέσα στην συσκευή. Για παράδειγμα, σε ένα δίκτυο, παρουσίας του πρωτοκόλλου UPnP, ο μηχανισμός αναπαραγωγής σε ένα DVD έχει τις μεταβλητές έναρξης και παύσης λειτουργίας ενώ το ρολόι ενός video έχει μεταβλητές ορισμού και ενημέρωσης ώρας.

Κάθε υπηρεσία αποτελείται από τον πίνακα κατάστασης, το διακομιστή ελέγχου και το διακομιστή ενεργειών. Ο πίνακας κατάστασης παίρνει συνεχώς πληροφορίες από τις μεταβλητές ώστε να εμφανίζει οποιαδήποτε στιγμή την πραγματική κατάσταση της συσκευής. Από την άλλη, ο διακομιστής ελέγχου δέχεται αιτήσεις ενεργειών, τις εκτελεί, ενημερώνει τον πίνακα κατάστασης και επιστρέφει τις επιβεβαιώσεις. Τέλος, ο διακομιστής ενεργειών στέλνει πληροφορίες για διάφορες καταστάσεις της συσκευής σε όσα σημεία ελέγχου έχουν εγγραφεί συνδρομητές στη συγκεκριμένη συσκευή. Για παράδειγμα, το κλιματιστικό μπορεί να στέλνει την πληροφορία ότι ένας συγκεκριμένος χώρος έχει την επιθυμητή θερμοκρασία τόσο στον επιτραπέζιο υπολογιστή σε ένα δωμάτιο όσο και στο φορητό υπολογιστή σε ένα άλλο δωμάτιο της οικίας.

Τα σημεία ελέγχου είναι υπεύθυνα για τον εντοπισμό όλων των συνδεδεμένων συσκευών UPnP σε ένα δίκτυο καθώς και για τον έλεγχο αυτών και συνήθως είναι ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής. Μέσω του ηλεκτρονικού υπολογιστή, ο χρήστης μπορεί να ενημερωθεί για τα χαρακτηριστικά της κάθε συσκευής αλλά και τις διαθέσιμες υπηρεσίες της ή να ελέγξει τη συσκευή μέσω των εμφανιζόμενων ενεργειών σε πραγματικό χρόνο αλλά και να ενημερωθεί για την κατάσταση στην οποία βρίσκεται η συσκευή. Δηλαδή σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή η συσκευή καταγράφει την κατάστασή της και κατ' επέκταση την κατάσταση της κάθε υπηρεσίας της και αν κάτι αλλάξει ενημερώνει αυτόματα το σημείο ελέγχου ώστε ο χρήστης να έχει συνεχώς μια αντιπροσωπευτική εικόνα για όλες τις συσκευές και τις υπηρεσίες του δικτύου.

Βασική προϋπόθεση κάθε δικτύωσης σήμερα είναι η διεύθυνση IP. Κάθε συσκευή UPnP έχει ενσωματωμένο έναν DHCP client που ψάχνει το οικιακό δίκτυο για να εντοπίσει



κατάλληλο διακομιστή DHCP και να αποκτήσει την αναγκαία διεύθυνση IP. Κατόπιν, η συσκευή συνδέεται με το οικιακό δίκτυο και μέσω του πρωτοκόλλου SSDP ανακοινώνει την ύπαρξή της και τις υπηρεσίες που διαθέτει στις υπόλοιπες συσκευές του δικτύου. Κάθε φορά που ένα σημείο ελέγχου συνδέεται με το δίκτυο, το SSDP επιτρέπει στο σημείο ελέγχου να αναζητήσει συσκευές που επιθυμεί ο χρήστης να ελέγξει. Μόλις το σημείο ελέγχου ανακαλύψει την κατάλληλη συσκευή, πρέπει να μάθει τα χαρακτηριστικά της ώστε να επικοινωνήσει μαζί της. Από την περιγραφή που είναι αποθηκευμένη στη μνήμη της συσκευής ο καταναλωτής λαμβάνει όλες τις απαιτούμενες πληροφορίες όπως κατασκευαστής, σειριακός αριθμός, μοντέλο, δικτυακός τύπος κατασκευαστή, υπηρεσίες, τρόποι ελέγχου, μεταβλητές κλπ.

Οι εφαρμογές της τεχνολογίας UPnP είναι πραγματικά πολλές μιας και το πρωτόκολλο είναι ιδιαίτερα δημοφιλές στην αγορά και στους καταναλωτές. Βασισμένη σε αυτήν την τεχνολογία, προσφέρεται μεγάλη ποικιλία και πολλές δυνατότητες οικιακών υπηρεσιών στον καταναλωτή. Εύκολα σε ένα εγκατεστημένο ενσύρματο δίκτυο Ethernet, με το πρωτόκολλο UPnP μπορούμε να συνδέσουμε εύκολα έναν εκτυπωτή ή μια άλλη περιφερειακή συσκευή στο υπόλοιπο δίκτυο χωρίς να χρειάζεται η παρέμβαση του χρήστη.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση, ο εκτυπωτής για παράδειγμα, «ανακοινώνει» την παρουσία του στο δίκτυο έτσι ώστε αν ένας υπολογιστής του δικτύου επιθυμεί να εκτυπώσει, απλά θα αναζητήσει διαθέσιμους εκτυπωτές, θα τον βρει και θα προχωρήσει στην εκτύπωση. Ακόμα, ο εκτυπωτής μπορεί να χρησιμοποιηθεί και από άλλες συσκευές, εκτός ηλεκτρονικών υπολογιστών, συμβατές με το πρωτόκολλο UPnP όπως για παράδειγμα μια ψηφιακή φωτογραφική μηχανή. Και η φωτογραφική μηχανή μόλις πάρει εντολή για εκτύπωση φωτογραφιών και εφόσον είναι συνδεδεμένη με το δίκτυο, θα αναζητήσει τον εκτυπωτή και θα εκτελέσει την εκτύπωση χωρίς να χρειάζεται τη μεσολάβηση κάποιου άλλου υπολογιστή ή προγράμματος. Σε ένα ιδανικό ψηφιακό σπίτι του μέλλοντος, μέσα από το πρωτόκολλο UPnP, ο καταναλωτής θα μπορεί να ενεργοποιεί τον κλιματισμό του σπιτιού κάποια συγκεκριμένη ώρα. Ακόμα, οι κάμερες επίβλεψης της οικίας είναι δυνατό να μεταφέρουν την εικόνα όχι μόνο σε υπολογιστή αλλά ακόμα και σε τηλεόραση. Μέσω, επίσης, των ευρυζωνικών συνδέσεων ADSL ο καταναλωτής που είναι μόνιμως συνδεδεμένος στο Internet και μάλιστα σε υψηλές ταχύτητες, θα επιτρέπει στην κονσόλα παιχνιδιών ή ακόμα και σε



άλλες συσκευές όπως το ψυγείο την σύνδεση με ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή και κατ' επέκταση με το Internet, για το κατέβασμα και την ανταλλαγή χρήσιμων πληροφοριών

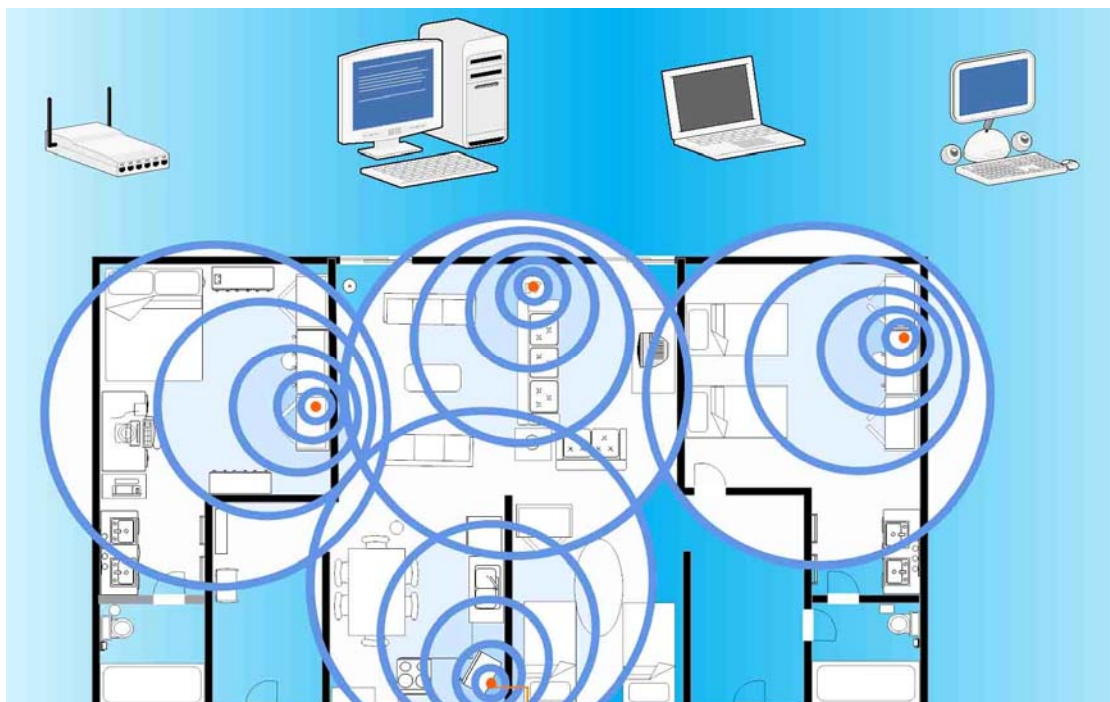


### 3. ΣΥΓΚΡΙΣΗ

Όπως ήδη αναφέραμε υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τρόποι για να στηθεί ένα αξιόπιστο και αποτελεσματικό οικιακό δίκτυο. Αρχικά, θα επιχειρήσουμε μια πρώτη σύγκριση ανάμεσα στην ενσύρματη και την ασύρματη δικτύωση και θα εξετάσουμε τα πλεονεκτήματα της κάθε μεθόδου. Κατόπιν, θα εμβαθύνουμε στην ενσύρματη δικτύωση και θα συγκρίνουμε τις διαφορετικές τεχνολογίες και θα αναφερθούμε στα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους.

#### 3.1. Σύγκριση ενσύρματης με ασύρματη δικτύωση.

Στο θέμα της δικτύωσης μεγάλη κουβέντα έχει γίνει γύρω από τους περιορισμούς που δημιουργεί η ύπαρξη καλωδίων. Τη λύση για την διασύνδεση παντού μέσα στο σπίτι χωρίς τα προβλήματα που δημιουργούν τα καλώδια έρχεται να προσφέρει η ασύρματη δικτύωση.





### 3.2. Χαρακτηριστικά ασύρματης δικτύωσης.

Η ασύρματη δικτύωση είναι τεχνολογία που έχει αναπτυχθεί εδώ και αρκετό καιρό αλλά τελευταία γνωρίζει ιδιαίτερη άνθηση. Βασίζεται πάνω στο πρωτόκολλο IEEE802.11b ή WiFi όπως είναι ευρύτερα γνωστό. Μάλιστα τον Μάρτιο του 1998, η κοινοπραξία Home RF Working Group, δημιούργησε το πρωτόκολλο SWAP (Shared Wireless Access Protocol). Το πρωτόκολλο αυτό χρησιμοποιεί τμήματα από ήδη γνωστά πρωτόκολλα, τροποποιημένα όμως κατάλληλα για τα οικιακά δίκτυα και ειδικά για οικιακή χρήση. Σε αυτήν την προσπάθεια μετέχουν μεγάλες εταιρείες της αγοράς των ηλεκτρονικών υπολογιστών, λογισμικού αλλά και των ημιαγωγών, που ο αριθμός από το 1998 και μετά συνεχώς αυξάνει και σήμερα περιλαμβάνει περισσότερες από εκατό εταιρείες μέλη, μεταξύ των οποίων εταιρείες όπως Motorola, Intel, Compaq, Siemens, Proxim, National Semiconductor κα.

Στόχος της Home RF Working Group είναι η επίτευξη ασύρματης δικτύωσης μεταξύ ηλεκτρονικών συσκευών, μέσα και γύρω από το σπίτι με την χρήση φωνής, δεδομένων αλλά και πολυμέσων. Η τεχνολογία SWAP χρησιμοποιεί έξι κανάλια φωνής βασισμένα στο πρότυπο DECT (Digital Enhanced Cordless Communication) και για τα δεδομένα χρησιμοποιεί το ίδιο πρότυπο με το ασύρματο πρωτόκολλο Ethernet 802.11. Η αρχική έκδοση του SWAP, μπορεί να κάνει 50 hops/sec και να χειριστεί μεταδόσεις έως και 1Mbps. Έτσι λοιπόν η έκδοση SWAP 2.0 είναι σχεδιασμένη έτσι, ώστε να χειρίζεται 10 Mbps ταχύτητες Ethernet ενώ ταυτόχρονα είναι συμβατή και με τις απαιτήσεις της καταναλωτικής αγοράς για μια εύχρηστη και οικονομική λύση για την οικιακή δικτύωση.

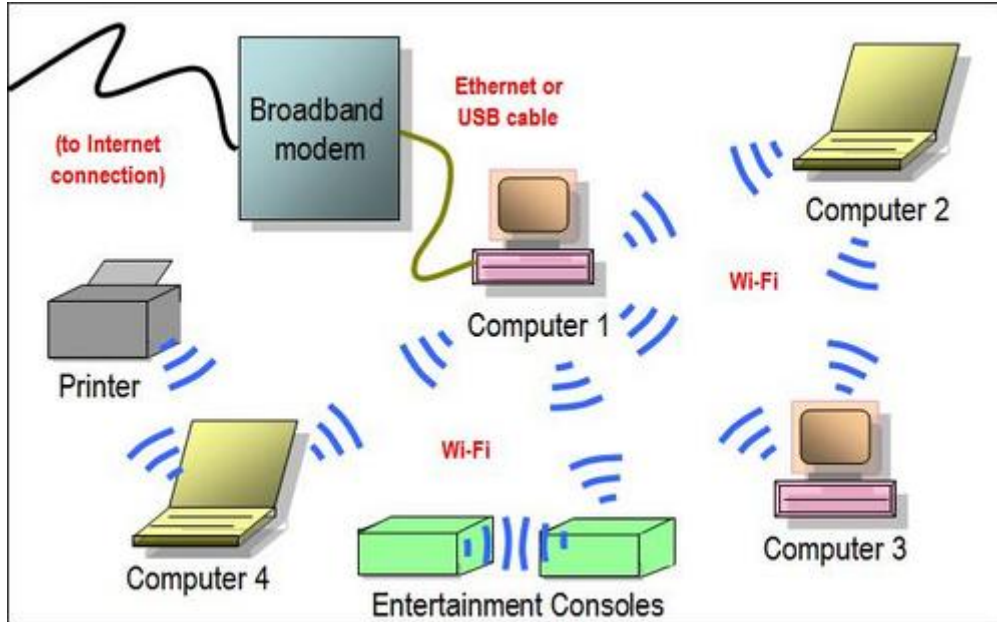
Σε ένα τέτοιο δίκτυο οι υπολογιστές, επιτραπέζιοι ή φορητοί, δεν απαιτείται να είναι ευθυγραμμισμένοι για να επικοινωνούν, όπως, π.χ., συμβαίνει με τις υπέρυθρες συνδέσεις IrDA. Οι κόμβοι του δικτύου επικοινωνούν ασύρματα με διάφορα σημεία πρόσβασης που είναι ειδικές συσκευές συνδεδεμένες πάνω σε hub ή σε διακομιστές. Μεταξύ ενός υπολογιστή και ενός σημείου πρόσβασης μπορεί να υπάρχουν και εμπόδια (π.χ., τοίχοι), αρκεί αυτά να μην είναι μεταλλικά.

Τα ασύρματα δίκτυα βασίζονται πάνω στις ίδιες προδιαγραφές στις οποίες βασίζονται και τα ασύρματα τηλέφωνα που χρησιμοποιούνται στο σπίτι. Με τον ίδιο τρόπο που μεταδίδεται η φωνή μέσα από την συσκευή ενός ασύρματου τηλεφώνου, έτσι ελεύθερα γίνεται και η μετάδοση φωνής και δεδομένων μέσα από τα ασύρματα δίκτυα. Μια τοπολογία



ασύρματου οικιακού δικτύου φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (<http://compnetworking.about.com/od/homenetworking>).

:



Τελευταία, εκτός από τα πρωτόκολλα HomeRF, έχουν αναπτυχθεί κι άλλες σημαντικές ασύρματες τεχνολογίες με την τεχνολογία Bluetooth να γνωρίζει ιδιαίτερη άνθηση. Ο στόχος της συγκεκριμένης τεχνολογίας ήταν να εξασφαλίσει ραδιομετάδοση μεταξύ συσκευών που βρίσκονταν σε απόσταση το πολύ 10 μέτρων, ανεξαρτήτως πάντως μεσολάβησης τοίχων ή άλλων μη μεταλλικών αντικειμένων. Σήμερα, ένα μικρό radio chip που τοποθετείται στους σύγχρονους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, στα κινητά αλλά και σε πολλές περιφερειακές συσκευές είναι ικανό να μεταφέρει ταχύτατα και αξιόπιστα πληροφορία μέσω ειδικών συχνοτήτων. Η τεχνολογία Bluetooth οφείλει την επιτυχία της και την μεγάλη παρουσία της στην αγορά στην ευελιξία της, στην ευκολία χρήσης αλλά και στο εξαιρετικά χαμηλό της κόστος. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στην οικιακή δικτύωση μιας και υπερτερεί οικονομικά έναντι των πρωτοκόλλων 802.11 και HomeRF αλλά μειονεκτεί ως προς τις ταχύτητες σύνδεσης αλλά και τους περιορισμούς της απόστασης.



Συνοψίζοντας, λοιπόν, τα κυριότερα συγκριτικά πλεονεκτήματα των πρωτοκόλλων των ασύρματων δικτύων σε σχέση με τις παραδοσιακές ενσύρματες τεχνολογίες όπως το Ethernet είναι τα ακόλουθα:

- 1. Ελευθερία χώρου και κινήσεων.** Ο καταναλωτής μπορεί να έχει πρόσβαση στο δίκτυο από οποιαδήποτε χώρο του σπιτιού χωρίς περιορισμούς καλωδίων και πριζών.
- 2. Μειωμένο κόστος.** Ο καταναλωτής αν και καλείται να πληρώσει περισσότερα στην αρχή για το υλικό εγκατάστασης σε σχέση με τα ενσύρματα δίκτυα, τα συνολικά έξοδα αλλά και το κόστος χρήσης αποδεικνύεται εν τέλει μικρότερα.
- 3. Ευκολία εγκατάστασης.** Ο καταναλωτής μπορεί να εγκαταστήσει εύκολα ένα ασύρματο δίκτυο χωρίς τα προβλήματα των καλωδίων που εμφανίζονται συχνά κατά την εγκατάσταση των δικτύων Ethernet κυρίως με τα καλώδια.
- 4. Επεκτασιμότητα.** Οι τοπολογίες των ασύρματων δικτύων μπορούν εύκολα να τροποποιηθούν για να ικανοποιήσουν τις ανάγκες των καταναλωτών αλλά και να συμπεριλάβουν τις μελλοντικές τεχνολογικές εξελίξεις.

Παρότι πολλοί θεωρούν τα ασύρματα δίκτυα την καταλληλότερη λύση για την δημιουργία οικιακών δικτύων και τα προτιμούν, αυτά παρουσιάζουν κάποια σημαντικά μειονεκτήματα σε σχέση με τα ενσύρματα οικιακά δίκτυα που παρουσιάσαμε στο δεύτερο κεφάλαιο.

Τα κυριότερα συγκριτικά μειονεκτήματα των ασύρματων δικτύων σε σχέση με τις παραδοσιακές ενσύρματες τεχνολογίες όπως το Ethernet είναι τα ακόλουθα:

- 1. Υψηλό κόστος.**
- 2. Φυσικοί περιορισμοί.** Για παράδειγμα, η επιτρεπόμενη απόσταση μεταξύ των συσκευών σε ένα οικιακό ασύρματο δίκτυο τεχνολογίας HomeRF είναι περίπου 50 μέτρα συμπεριλαμβανομένων των όποιων εμποδίων (Βαρελάς, 2001) ενώ αντίστοιχα στην τεχνολογία Bluetooth το όριο είναι στα 10 μέτρα.



### 3.3. Σύγκριση προτύπων ενσύρματης δικτύωσης σπιτιού.

Αφού κάναμε μια σύντομη αναφορά και συγκρίναμε την ασύρματη και την ενσύρματη δικτύωση, θα προχωρήσουμε με την σύγκριση των ενσύρματων πρωτοκόλλων μεταξύ τους. Οι τεχνολογίες ενσύρματης δικτύωσης που κυρίως θα συγκρίνουμε στην παρούσα εργασία είναι:

1. Η τεχνολογία Ethernet
2. Η τεχνολογία HomePlug που βασίζεται στα ηλεκτρικά καλώδια
3. Η τεχνολογία PhoneLine που βασίζεται στις τηλεφωνικές γραμμές

Εάν κάποιο από τα άλλα πρωτόκολλα που αναφέρθηκαν στην ενότητα 2.4, όπως τα πρωτόκολλα IEEE 1994, USB και UPnP, υπερτερούν σε μερικές περιπτώσεις έναντι των βασικών προτύπων τότε θα γίνεται η αντίστοιχη αναφορά μας.

### 3.4. Κριτήρια σύγκρισης.

Τα κυριότερα κριτήρια στα οποία θα βασίσουμε την σύγκριση μεταξύ των βασικών, διαφορετικών τεχνολογιών ενσύρματης δικτύωσης είναι τα εξής:

- το κόστος εγκατάστασης του δικτύου
- η ευκολία εγκατάστασης του δικτύου
- η διάταξη των μηχανημάτων στην οικία
- ο αριθμός των επιτρεπόμενων συνδεδεμένων κόμβων αλλά και το όριο απόστασης μεταξύ τους
- οι ταχύτητες επικοινωνίας μεταξύ των συσκευών και οι ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων μεταξύ τους
- η αξιοπιστία και η ασφάλεια του δικτύου
- το κόστος συντήρησης του δικτύου
- η συμβατότητα των προϊόντων που υπάρχουν στην αγορά
- η ευκολία επεκτασιμότητας του δικτύου στο μέλλον





### 3.5. Συμπεράσματα σύγκρισης.

Αρχικά, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η τεχνολογία Ethernet υπερτερεί έναντι των άλλων ενσύρματων πρωτοκόλλων ενσύρματης δικτύωσης λόγω της πολύχρονης παρουσίας της. Το Ethernet παρουσιάστηκε στην αγορά την δεκαετία του 1970 και από τότε έχει να υποδείξει πολλά προϊόντα που προσφέρουν αξιόπιστα και αποτελεσματικά οικιακά δίκτυα. Έχει δε σημειωθεί τόσο μεγάλη πρόοδος, που η γκάμα των προϊόντων είναι μεγάλη και ικανοποιητική προσφέροντας στον καταναλωτή υπηρεσίες ανάλογα με τις προσωπικές του επιθυμίες. Μάλιστα, παρότι υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί κατασκευαστές στην αγορά, η πολύχρονη παρουσία του Ethernet έχει οδηγήσει αυτούς τους κατασκευαστές να κάνουν τα προϊόντα τους συμβατά με τα προϊόντα ακόμα και των ανταγωνιστών τους, προσφέροντας έτσι στον καταναλωτή την δυνατότητα συνδυασμών προϊόντων για την υλοποίηση ενός οικιακού δικτύου.

Όσον αφορά το οικιακό δίκτυο που θα υλοποιηθεί με τεχνολογία Ethernet, αυτό θα είναι εξαιρετικά αξιόπιστο και δεν θα επηρεάζεται από τυχόν φυσικές παρεμβολές και εμπόδια μέσα στην οικία. Επίσης, ο αριθμός των επιτρεπόμενων συνδεδεμένων κόμβων αλλά και το όριο αποστάσεων μεταξύ τους είναι αρκετά μεγάλο ώστε να ικανοποιούνται οι ανάγκες των καταναλωτών.

Από την άλλη μεριά, η ταχύτητα μετάδοσης σε ένα δίκτυο με τεχνολογία Ethernet θα είναι άκρως ικανοποιητική και μεγαλύτερη σε σχέση με αυτές που προσφέρουν οι άλλες τεχνολογίες. Η ταχύτητα μετάδοσης θα είναι επαρκής για να ικανοποιήσει τις υπηρεσίες που επιθυμεί ο χρήστης. Ειδική μνεία πρέπει να γίνει και στην πολύ καλή απόδοση του δικτύου όταν λειτουργεί κάτω από συνθήκες φόρτου δικτύου, χαρακτηριστικό που μπορεί να οδηγήσει τον χρήστη να επιλέξει Ethernet έναντι κάποιας άλλης τεχνολογίας.

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα του Ethernet παραμένει η καλωδίωση που χρειάζεται για να υλοποιηθεί το δίκτυο. Τόσο έναντι της ασύρματης δικτύωσης όσο και έναντι των άλλων τεχνολογιών που η υποδομή των καλωδίων – ηλεκτρικά ή τηλεφωνικά – προϋπάρχει, η σύνδεση των υπολογιστών αλλά και των άλλων οικιακών συσκευών θεωρείται διαδικασία επίπονη και ακριβή. Ειδικά σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως η καλωδίωση συσκευών σε διαφορετικούς ορόφους μιας οικίας, η διάταξη του δικτύου μπορεί να δυσκολέψει εξαιρετικά την οικιακή δικτύωση. Επίσης, παρότι το όριο απόστασης μεταξύ δύο συνδεδεμένων κόμβων



είναι μεγάλο, υπάρχει περίπτωση πάλι να παρουσιαστεί ανάγκη για μεγαλύτερες αποστάσεις, προσθήκη επαναληπτών που θα αυξήσουν το κόστος και θα μειώσουν την απόδοση του δικτύου. Παρόλα αυτά πρέπει να σημειωθεί ότι η εγκατάσταση και χρήση του δικτύου είναι εύκολη ενώ και το μετέπειτα κόστος συντήρησης του δικτύου είναι χαμηλό.

Μετά την τεχνολογία Ethernet και την υπεροχή της, η σύγκριση πρέπει να γίνει μεταξύ της ηλεκτρικής και της τηλεφωνικής δικτύωσης. Όπως αναλύσαμε στο Κεφάλαιο 2, οι δύο αυτές τεχνολογίες έχουν το κοινό χαρακτηριστικό και υπερτερούν έναντι του Ethernet στο ότι τα καλώδια του δικτύου είναι ήδη εγκατεστημένα στα περισσότερα σπίτια και δεν χρειάζεται επιπλέον καλωδίωση. Αυτόματα γίνεται αντιληπτό ότι οι δύο τεχνολογίες υπερτερούν έναντι του Ethernet στο κόστος εγκατάστασης και συντήρησης του δικτύου.

Μεταξύ της ηλεκτρικής και της τηλεφωνικής δικτύωσης δείχνει να υπερτερεί η πρώτη τόσο σε χαρακτηριστικά όσο και στις προτιμήσεις των καταναλωτών για την οικιακή δικτύωση. Ο πρώτος λόγος είναι ότι τα δίκτυα HomePlug παρουσιάζουν μεγαλύτερες ταχύτητες μετάδοσης που φτάνουν στα 15Mbps έναντι των δικτύων HomePNA που φτάνουν μέχρι τα 10 Mbps. Επίσης, στο τηλεφωνικό δίκτυο υπάρχουν περιορισμοί, όπως ο επιτρεπόμενος αριθμός των συνδεδεμένων συσκευών, που μπορούν να μειώσουν την απόδοση σημαντικά.

Επίσης, ένας σημαντικός λόγος που επιλέγεται η ηλεκτρική δικτύωση έναντι της τηλεφωνικής αποτελεί και η σημερινή διάταξη των αντίστοιχων υποδομών στα σπίτια. Έτσι, σε κάθε δωμάτιο του σπιτιού αλλά και γενικά σε όλο το σπίτι, υπάρχουν περισσότερες διαθέσιμες ηλεκτρικές πρίζες από ότι τηλεφωνικές. Αυτό οδηγεί το χρήστη να επιλέξει την ηλεκτρική δικτύωση που θα είναι μια λύση πιο ευέλικτη και θα ικανοποιεί ευκολότερα τις ανάγκες του.

Στον παρακάτω Πίνακα I, παρουσιάζουμε συγκεντρωτικά τα θεωρητικά αποτελέσματα των συγκρίσεων για τις τρεις τεχνολογίες που αναλύσαμε – Ethernet, HomePlug, HomePNA – όσον αφορά τα κριτήρια σύγκρισης που θέσαμε στην αρχή αυτής της ενότητας.



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΡΙΤΗΡΙΑ	ETHERNET	HOMEPUG	HOMEPNA
Κόστος εγκατάστασης	Μεγάλο	Μικρό	Μικρό
Δυσκολία εγκατάστασης	Μεγάλη	Μικρή	Μικρή
Προβλήματα διάταξης	Μεγάλα	Μικρά	Μέτρια
Προβλήματα Περιορισμών (επιτρεπόμενοι συνδεδεμένοι κόμβοι κτλ)	Μικρά	Μικρά	Μέτρια
Ταχύτητες μετάδοσης	Μεγάλη	Μέτρια	Μέτρια
Αξιοπιστία και Ασφάλεια	Μεγάλη	Μεγάλη	Μέτρια
Κόστος συντήρησης	Μέτριο	Μικρό	Μικρό
Συμβατότητα των προϊόντων	Μεγάλη	Μικρό	Μικρό
Ευελιξία και Επεκτασιμότητα	Μεγάλη	Μέτρια	Μέτρια

## ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

### 3.6. Μετρήσεις

Οι Lin, Latchman και Lee (2002, Σελ.105) σύγκριναν τις ενσύρματες τεχνολογίες Ethernet, HomePlug και HomePNA καθώς και τις ασύρματες τεχνολογίες 802.11, HomeRF και Bluetooth που παρουσιάσαμε στο Κεφάλαιο 2 όσον αφορά την ταχύτητα μετάδοσης που προσφέρουν, αν προσφέρουν το πρωτόκολλο QoS (Quality of System) αλλά και το συνολικό κόστος για την δημιουργία ενός οικιακού δικτύου.

Τα αποτελέσματα της έρευνάς τους φαίνονται στον Πίνακα II:



Τεχνολογία	Υλικό	Ταχύτητα Μετάδοσης (Mbps)	QoS Πρωτόκολλο	Κόστος
10 Base T (Ethernet)	UTP	10	Όχι	\$20
100 Base T (Ethernet)	UTP	100	Όχι	\$80
Bluetooth	Wireless	1	Ναι	\$5
HomeRF 2.0	Wireless	10	Ναι	\$110
802.11x	Wireless	11	Όχι	\$125
HomePNA 2.0	Phone line	10	Όχι	\$80
HomePlug	AC lines	15	Ναι	\$120

## ΠΙΝΑΚΑΣ II

Συγκεκριμένα για την μετάδοση σε δίκτυα με γραμμές ηλεκτροδότησης, οι Lin, Latchman και Lee (2002, Σελ.105) ερεύνησαν την απόδοση πολυμέσων χρησιμοποιώντας προσομοιώσεις αλλά και πραγματικές μετρήσεις σε HomePlug 1.0 PLC δίκτυο. Μέτρησαν την PLC δικτυακή ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων, την απόδοση TCP καθώς και το αντίκτυπο στην απόδοση όταν περιλαμβάνεται και υποστήριξη QoS πρωτοκόλλου, χρησιμοποιώντας διαφορετικά είδη δεδομένων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα PLC δίκτυα μπορούν να αποδώσουν δεδομένα πραγματικού χρόνου ταυτόχρονα με τη μετάδοση παραδοσιακών μορφών δεδομένων.



#### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όλα τα σπίτια σήμερα διαθέτουν ήδη πολλά είδη καλωδίων εγκατεστημένα στον τοίχο: ηλεκτρικά και τηλεφωνικά καλώδια καθώς και ομοαξονικά καλώδια. Οπότε η υλοποίηση και εγκατάσταση ενός ενσύρματου οικιακού δικτύου μπορεί να γίνει με πολλούς, διαφορετικούς τρόπους ώστε να προσφέρει υψηλής ταχύτητας μεταφορά δεδομένων, υπηρεσίες φωνής και υψηλής ποιότητας video μέσα στο σπίτι.

Εάν οι υπηρεσίες αυτές προσφέρονται μέσω δικτύων Ethernet, μέσω των ηλεκτρικών γραμμών, των τηλεφωνικών γραμμών ή ασύρματων αρχιτεκτονικών δεν έχει μεγάλη σημασία αρκεί η υπηρεσία να προσφέρεται σε γρήγορες ταχύτητες και να είναι αξιόπιστη. Η προσφορά αυτών των υπηρεσιών παρουσιάζει αρκετές δυσκολίες και προκλήσεις, μεταξύ των οποίων πως να παρέχονται γραμμές προς όλους τους καταναλωτές αλλά και πως να επιβεβαιωθεί ότι η επιλεγμένη αρχιτεκτονική που εγκαθίσταται σήμερα στο έδαφος θα δουλεύει και στο μέλλον ικανοποιητικά.

Η επιλογή της κατάλληλης τεχνολογίας για το ενσύρματο δίκτυο εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης του δικτύου, η θέση των μηχανημάτων στο χώρο, καθώς και οι επιθυμητές ταχύτητες επικοινωνίας μεταξύ των συσκευών-κόμβων μέσα στο σπίτι. Οι Teger και Waks (2002, σελ. 116) υποστηρίζουν ότι κάθε τεχνολογία ικανοποιεί κάποιες από τις απαιτήσεις των καταναλωτών αλλά καμία δεν ικανοποιεί πλήρως όλες τις απαιτήσεις τους; Οι ίδιοι πιστεύουν ότι αν και υπάρχει κάποια ελπίδα ότι θα βρεθεί το τέλει πρότυπο, στο τέλος θα είναι ο συνδυασμός κάποιων προτύπων που θα επικρατήσει και θα χρησιμοποιείται στα περισσότερα σπίτια.

Τα δίκτυα Ethernet αποτελούν σήμερα την πλέον διαδεδομένη μέθοδο υλοποίησης τοπικών δικτύων. Οι κάρτες δικτύου Ethernet αποτελούν ένα από τα πλέον οικονομικά μέσα δικτύωσης. Ταυτόχρονα προσφέρουν ικανοποιητικότερες ταχύτητες, από 10 έως και 1.000Mbps (υψηλότερο κόστος). Για το δίκτυο στο σπίτι ή στο γραφείο αρκούν οι κάρτες των 10Mbps, εκτός και αν προβλέπεται η συχνή μεταφορά μεγάλων αρχείων ή στο δίκτυο συμμετέχουν αρκετοί υπολογιστές, οπότε σε περιπτώσεις όπως αυτές η χρήση καρτών 10/100Mbps ή 100Mbps έχει περισσότερο νόημα. Οι δε κάρτες των 1.000Mbps βρίσκουν το ρόλο τους σε δίκτυα με υψηλές απαιτήσεις από πλευράς διακινούμενου όγκου δεδομένων, κάτι που πιθανότατα δεν ισχύει σε ένα γραφείο, πόσο μάλλον στο σπίτι. Μοναδικό



μειονέκτημα των δικτύων Ethernet αποτελεί η... καλωδίωση. Εάν, π.χ., στο σπίτι οι υπολογιστές βρίσκονται σε διαφορετικά δωμάτια (ή ορόφους), τότε για να συνδεθούν θα πρέπει να «τρέχουν» καλώδια από τον έναν στον άλλο, συχνά περνώντας μέσα από τρύπες στους τοίχους.

Τα άλλα πρότυπα ενσύρματης δικτύωσης, όπως τα δίκτυα μέσω ηλεκτρικού ρεύματος, αλλά και τα πρότυπα ασύρματης δικτύωσης δεν μπορούν αυτήν την στιγμή να πλησιάσουν αυτές τις ταχύτητες.

Τέλος, πρέπει να επισημάνουμε ότι σημαντικό ρόλο στην τελική επιλογή για το ποια τεχνολογία θα επιλεγεί για την οικιακή δικτύωση αποτελούν οι επιθυμίες του χρήστη. Σημαντικοί παράγοντες στην τελική επιλογή της τεχνολογίας που θα χρησιμοποιηθεί για την οικιακή δικτύωση είναι οι ακόλουθοι:

- Ο διατιθέμενος οικονομικός προϋπολογισμός
- Η έκταση των συσκευών προς δικτύωση
- Η δυνατότητα εύκολης αναβάθμισης του δικτύου

Τα προϊόντα καθώς και οι πιθανοί συνδυασμοί τους θα αυξάνονται καθημερινά στην αγορά, προσφέροντας ποικίλες λύσεις στον καταναλωτή. Πανάκεια λύση για την δημιουργία του οικιακού δικτύου δεν υπάρχει. Αντιθέτως, ο καταναλωτής καλείται ανάλογα με τις επιθυμίες και τις ανάγκες του κάθε φορά, να συγκρίνει τα διάφορα προϊόντα και να επιλέξει τελικά την ιδανικότερη για αυτόν λύση.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βαρελάς, Χ., 2001, 'LAN στο Σπίτι και στο Γραφείο, Τεχνολογίες Δικτύωσης', *RAM*, Μάρτιος 2001, Τεύχος 145
- Βεσκούκης Β., Μακρυμανωλάκης Ν., Μπουρνάκας Ι και Σωτηρόπουλος, Τ., 2003, 'Ασύρματη Επανάσταση', *New Economy Observer*, Τεύχος 27, Μάιος 2003, σελ.34-51
- Δαμιανάκης Κ., 2005, 'Δίκτυο LAN μέσω καλωδίων της ΔΕΗ', *RAM*, Μάιος 2005, Τεύχος 191
- Καρέτσος, Δ., 2004, 'Το Δικτυωμένο Σπίτι', *PC Magazine*, Ελληνική Έκδοση, Τεύχος 39, Ιούλιος-Αύγουστος 2004
- Κουρκούτας Γ., Σάμιος Β., 2006, 'Όλα τα Pc του σπιτιού στο δίκτυο', *RAM*, Τεύχος 205, Σεπτέμβριος 2006, Σελ. 74-90
- 'Home Networking and Intel® Viiv™ Technology - QUICK-START GUIDE', DIRECTV SATELLITE TELEVISION
- Gardner, S., Markwalter, B., Yonge L., 2007, 'HomePlug Standard Brings Networking to the Home', *Communications System Design*, December 2006, Vol. 6, No 12, (<http://www.commsdesign.com/main/2000/12/0012feat5.htm>)
- Gilster, R., McMichael, Gilster, R., 2000, 'Build Your Own Home Network', McGraw - Hill
- Lin, Y.J., Latchman, H.A., Lee, M, 2002, 'Smart Homes – A power line communication network infrastructure for the smart home', *IEEE Wireless Communications*, University of Florida, Intellon Corporation, Σελ. 104-111
- Mackenzie, L., 1998, 'Communications and Network', McGraw-Hill Publishing Company, UK
- Neibauer, A., 2002 , 'This Wired Home: The Microsoft Guide to Home Networking', Microsoft Press, 3<sup>rd</sup> Edition



- Norris, M., 2003, '*Gigabit Ethernet, Technology and Applications*', Artech House Inc, USA
- Norton, P., Kearn, D., 1999, '*Complete Guide to Networking*', SAMS Publishing, USA
- PC Magazine, 2005, 'HomePlug Networking', *PC Magazine*, 5<sup>ο</sup> Έτος, Τεύχος 05, Μάιος 2005
- Peterson, L.L., Davie, B.S., 2000, '*Computer Networks*', Morgan Kaufman Publishers, USA
- Stamper, D., 1999, '*Τοπικά Δίκτυα Περιοχής (LAN)*', Εκδόσεις ΙΩΝ
- Tanenbaum, A.S., 1992, '*Δίκτυα Υπολογιστών*', Prentice Hall, Inc. 2<sup>η</sup> Έκδοση
- Teger, S., Waks, D.J., 2002, 'End-User Perspectives on Home Networking', *IEEE Communications Magazine*, System Dynamics Inc., April, 2002, 114-119
- Waks, D., Teger, S., 2002, 'HomePlug Powerline Networking - Getting ready for prime time', *BBH CENTRAL*, September, Issue 2002
- Waks, D., Teger, S., 2002, 'Introduction to HomePlug', *BBH CENTRAL*, July, Issue 2002

## WEB REFERENCES

- <http://www.iec.org>, 'Fiber to the Home', *The Engineering Consortium*, Web ProForum Tutorials
- <http://compnetworking.about.com/od/homenetworking>, 'Home-Network-Diagrams'
- <http://www.broadbandhomecentral.com>
- <http://www.homeplug.org/home>
- <http://www.homepna.org>
- <http://www.smarthomeconnection.com/mp/articles.asp?c=41>





- <http://www.x-10.com>
- [www.smarthome.com](http://www.smarthome.com)
- [www.home-automation.org](http://www.home-automation.org)
- [www.smarthomeusa.com](http://www.smarthomeusa.com)
- [www.computerbits.com](http://www.computerbits.com)
- <http://www.devol.com>
- <http://www.devol.com>
- [www.homeplugandplay.com](http://www.homeplugandplay.com)
- [www.homeplugandplay.com](http://www.homeplugandplay.com)
- <http://www.plugtek.com/plugtek.shtml>
- <http://www.cnet.com/>
- <http://www.homenetworkhelp.info>
- <http://www.asokausa.com>
- <http://www.corinex.com>
- [www.hometech.com](http://www.hometech.com)
- [www.eon3.com](http://www.eon3.com)
- [www.computerbids.com](http://www.computerbids.com)
- [www.e-pcmag.gr](http://www.e-pcmag.gr)