

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ**  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ  
ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
Τμήμα Εφαρμοσμένης

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Σχήματα Χρέωσης για  
Υπηρεσίες που  
υποστηρίζονται από  
Κυψελωτά Δίκτυα  
Τρίτης Γενιάς**

**Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Μαρίνα  
Μπισσάκη**

Θεώνη Κωστάκη

**ΜΑΡΤΙΟΣ 2008**  
Ηράκλειο Κρήτης



## Πίνακας περιεχομένων

<b>1.</b>	<b>Εισαγωγή .....</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>Κυψελωτά δίκτυα .....</b>	<b>7</b>
2.1.	<i>Βασικές έννοιες .....</i>	7
2.2.	<i>Τεχνικές αύξησης χωρητικότητας κυψελωτών συστημάτων.....</i>	8
2.3.	<i>Τεχνικές κατανομής καναλιών .....</i>	9
2.4.	<i>Μεταπομπή (Handoff - Handover) .....</i>	10
2.5.	<i>Περιοχή (Roaming) .....</i>	11
2.6.	<i>Συγκανάλωση (Trunking) .....</i>	12
<b>3.</b>	<b>Ιστορική αναδρομή.....</b>	<b>13</b>
3.1	<i>Πρώτη γενιά κυψελωτών δικτύων (First Generation 1G).....</i>	13
3.2	<i>Δεύτερη γενιά κυψελωτών δικτύων (Second Generation 2G) .....</i>	14
3.3	<i>2,5 γενιά κυψελωτών δικτύων (2,5 Generation 2,5G).....</i>	15
3.4	<i>Τρίτη γενιά κυψελωτών δικτύων (Third Generation 3G) .....</i>	17
3.5	<i>Τέταρτη γενιά κυψελωτών δικτύων (Forth Generation 4G).....</i>	18
<b>4.</b>	<b>Universal Mobile Telecommunications System .....</b>	<b>19</b>
4.1	<i>Αρχιτεκτονική του συστήματος UMTS .....</i>	19
4.1.1	<i>UTRAN .....</i>	21
4.1.2	<i>Δίκτυο πυρήνα - Core Network.....</i>	23
4.2	<i>Εξέλιξη του συστήματος UMTS .....</i>	25
4.2.1	<i>Έκδοση 4 (R4).....</i>	25
4.2.2	<i>Έκδοση 5 (R5) – All IP δίκτυα.....</i>	26
4.3	<i>Φάσμα UMTS .....</i>	26
4.4	<i>Κανάλια UTRAN .....</i>	27
4.5	<i>Τάξεις ποιότητας υπηρεσιών του UMTS (QoS Classes) .....</i>	28
4.5.1	<i>Conversational Class .....</i>	29

4.5.2	Streaming Class .....	29
4.5.3	Interactive Class .....	30
4.5.4	Background Class .....	30
4.5.5	Σημαντικές Παράμετροι για το QoS .....	31
<b>5.</b>	<b>Μοντέλα χρέωσης και πολιτικές τιμολόγησης.....</b>	<b>32</b>
5.1	<i>Χρεώσεις υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας τρίτης γενιάς των εταιριών στην Ελλάδα.....</i>	<i>32</i>
5.1.1	Wind .....	32
5.1.2	Vodafone .....	33
5.1.3	Cosmote .....	34
5.1.4	Τιμολόγηση ελληνικών εταιριών .....	35
5.2	<i>Κινητές επικοινωνίες και πολιτικές τιμολόγησης σε Ευρώπη και Αμερική .....</i>	<i>37</i>
5.2.1	Δυτική Ευρώπη.....	37
5.2.2	Η.Π.Α .....	39
5.3	<i>Τάσεις στη διαφοροποίηση προϊόντος και στην τιμολόγηση .....</i>	<i>40</i>
5.3.1	Θέματα τιμολόγησης και διάρθρωση αγοράς .....	42
5.3.2	Στρατηγικές διαφοροποίησης προϊόντος στις κινητές τηλεπικοινωνίες .....	43
5.4	<i>Κυριότεροι Τύποι Τιμολόγησης.....</i>	<i>44</i>
5.4.1	Τιμολόγηση δυο μερών .....	45
5.4.2	Χρέωση επίπεδου ρυθμού .....	45
5.4.3	Μη γραμμική τιμολόγηση .....	46
5.4.4	Τιμολόγηση βασισμένη στο κόστος (Cost-based pricing) .....	47
<b>6.</b>	<b>Μοντέλο χρέωσης.....</b>	<b>48</b>
6.1	<i>Ανάγκη για νέα σχήματα χρέωσης .....</i>	<i>48</i>
6.2	<i>Χρήση Κινητών Υπηρεσιών Δεδομένων.....</i>	<i>49</i>
6.3	<i>Εμπόδια Χρήσης Κινητών Υπηρεσιών Δεδομένων .....</i>	<i>49</i>
6.4	<i>Νέο σχήμα χρέωσης.....</i>	<i>52</i>
6.4.1	Ορισμός προβλήματος.....	53
6.4.2	Παράδειγμα .....	55
<b>7.</b>	<b>Συμπεράσματα - Μελλοντική εργασία.....</b>	<b>61</b>
<b>8.</b>	<b>Συνομογραφίες .....</b>	<b>62</b>

<b>9.</b>	<b>Ευρετήριο σχημάτων .....</b>	<b>64</b>
<b>10.</b>	<b>Ευρετήριο πινάκων .....</b>	<b>64</b>
<b>11.</b>	<b>Βιβλιογραφία .....</b>	<b>65</b>

## 1. Εισαγωγή

Οι πρόσφατες εξελίξεις στην τεχνολογία δίνουν τη δυνατότητα στους χρήστες να έχουν ασύρματες διασυνδέσεις, επιτρέποντας την επικοινωνία ακόμα και εν κινήσει. Η ασύρματη δικτύωση αυξάνει σημαντικά τη χρησιμότητα μιας φορητής συσκευής, παρέχει στους κινητούς χρήστες πολύπλευρη επικοινωνία με άλλα άτομα και έγκαιρη ενημέρωση για σημαντικά γεγονότα. Επίσης επιτρέπει συνεχή πρόσβαση στις υπηρεσίες και τους πόρους του ενσύρματου δικτύου.

Ένα είδος ασύρματων δικτύων όπου τα τελευταία χρόνια σημειώνεται θεαματική ανάπτυξη είναι τα δίκτυα κινητών επικοινωνιών. Στα κυψελωτά δίκτυα τρίτης γενιάς οι κινητές επικοινωνίες εμπλουτίζονται με μετάδοση υψηλής ποιότητας εικόνων και βίντεο και η πρόσβαση σε δημόσια ή ιδιωτικά δίκτυα πραγματοποιείται με πολύ γρήγορους ρυθμούς μετάδοσης. Αυτή η συνεχής εξέλιξη της τρίτης γενιάς δημιουργεί νέες ευκαιρίες όχι μόνο για τους κατασκευαστές και τους διαχειριστές, αλλά και τους παρόχους υπηρεσιών και εφαρμογών των δικτύων αυτών. Παρά το γεγονός ότι τα εν λόγω συστήματα αναπτύσσονται με γοργό ρυθμό, οι συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες του σύγχρονου ανθρώπου δεν φαίνεται να καλύπτονται. Αποτέλεσμα της ραγδαίας αυτής εξέλιξης είναι η συνεχής βελτίωση και ανάπτυξη νέων συστημάτων που αποσκοπούν στην αποδοτικότερη και αποτελεσματικότερη χρήση των δικτύων κινητών επικοινωνιών.

Από τη στιγμή που οι ασύρματες τηλεπικοινωνίες άρχισαν να κερδίζουν όλο και μεγαλύτερο έδαφος, οι εταιρίες παροχής υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας παρατήρησαν ότι τα μέσα κέρδη τους ανά συνδρομητή άρχισαν να μειώνονται. Η μείωση αυτή έγινε περισσότερο αισθητή μετά την εισαγωγή του τρίτου, τέταρτου και σε μερικές περιπτώσεις πέμπτου παρόχου υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας στην τοπική αγορά (σε εθνικό επίπεδο). Σήμερα πλέον είναι ευρέως κατανοητό ότι οι ταρίφες της κινητής τηλεφωνίας τείνουν να εξισωθούν με εκείνες της σταθερής τηλεφωνίας. Για το λόγο αυτό, οι ιδιοκτήτες δικτύων κινητής τηλεφωνίας βελτιώνουν συνεχώς τις υπάρχουσες υπηρεσίες και αναπτύσσουν νέες, για να μειώσουν το ρυθμό πτώσης του μέσου κέρδους ανά συνδρομητή.

Σε αυτή την εργασία παρουσιάζονται διάφορες τιμολογιακές πολιτικές που ακολουθούνται από εταιρίες που δραστηριοποιούνται στον ελλαδικό χώρο για την κοστολόγηση των υπηρεσιών κινητών επικοινωνιών και περιγράφεται πως αυτές

επηρεάζουν τους τελικούς χρήστες στην επιλογή τους, αποτρέποντας ή προτρέποντας τους στη χρήση των υπηρεσιών αυτών. Στη συνέχεια δίνεται μια σύντομη περιγραφή και σύγκριση των αγορών κινητών επικοινωνιών στην Ευρώπη και την Αμερική.

Έχουν προταθεί αρκετά μοντέλα χρέωσης τα οποία βασίζονται στις προτιμήσεις των καταναλωτών, στη ζήτηση της αγοράς ή στην ανάλυση του κόστους για την παροχή υπηρεσιών. Παρουσιάζουμε τα βασικότερα από αυτά δίνοντας έμφαση στον τρόπο με τον οποίο δημιουργούνται κίνητρα τόσο στους καταναλωτές όσο και στις εταιρίες κινητής τηλεφωνίας. Αναγνωρίζουμε την ανάγκη για την ανάπτυξη και εφαρμογή νέων σχημάτων χρέωσης που θα ικανοποιούν τις σημερινές ανάγκες των πολιτών. Στο πλαίσιο αυτό διατυπώνουμε και λύνουμε προβλήματα μεγιστοποίησης του κέρδους παρόχων που δρουν σε μονοπωλιακές αγορές παίρνοντας υπόψη μας τις προτιμήσεις των καταναλωτών.

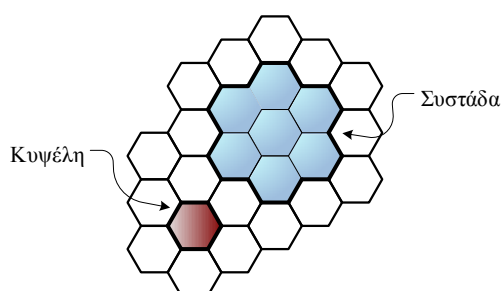
Η δομή της παρούσας εργασίας έχει ως εξής: Στο κεφάλαιο 2 παρουσιάζονται βασικές έννοιες και χαρακτηριστικά των κυψελωτών συστημάτων. Στο κεφάλαιο 3 γίνεται μια επιγραμματική αναδρομή στην ιστορία των κυψελωτών δικτύων, ξεκινώντας από την πρώτη αναλογική γενιά και καταλήγοντας στα συστήματα τέταρτης γενιάς. Στο κεφάλαιο 4 αναλύεται το πιο διαδεδομένο σύστημα κινητών δικτύων τρίτης γενιάς, το UMTS. Παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική του, τα χαρακτηριστικά, τα πρωτόκολλα μετάδοσης, οι υπηρεσίες και οι τάξεις ποιότητας υπηρεσιών του προτύπου. Στη συνέχεια στο κεφάλαιο 5 γίνεται αναφορά στη εξέλιξη και την διεύδυση των δικτύων τρίτης γενιάς παγκοσμίως, καθώς και στα μοντέλα χρέωσης που επικρατούν, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στην Ελλάδα. Επίσης σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφονται τα κύρια μοντέλα χρέωσης που χρησιμοποιούνται. Τέλος, στο κεφάλαιο 6 διατυπώνουμε και λύνουμε προβλήματα τιμολόγησης υπηρεσιών που παρέχονται από δίκτυα κινητών επικοινωνιών.

## 2. Κυψελωτά δίκτυα

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε τις βασικές αρχές λειτουργίας των κυψελωτών συστημάτων και κάποιες σημαντικές τεχνικές και διαδικασίες που χρησιμοποιούνται (βλ. [1], [2], [12]).

### 2.1. Βασικές έννοιες

Η βασική ιδέα πίσω από τα κυψελωτά δίκτυα είναι η διαίρεση της γεωγραφικής περιοχής κάλυψης του δικτύου σε μικρότερες περιοχές, οι οποίες ονομάζονται *κυψέλες* ή *κύτταρα* (*cells*). Η μορφή τους εξαρτάται κυρίως από τη μορφολογία του εδάφους, αλλά για καθαρά υπολογιστικούς λόγους έχει υιοθετηθεί η αναπαράσταση μιας κυψέλης με εξάγωνο. Οι χρήστες που βρίσκονται μέσα σε μια κυψέλη εξυπηρετούνται από ένα σταθμό βάσης (*Base Station*). Μια ομάδα από γειτονικές κυψέλες λέγεται *συστάδα* (*cluster*) (βλ. Σχήμα 1).

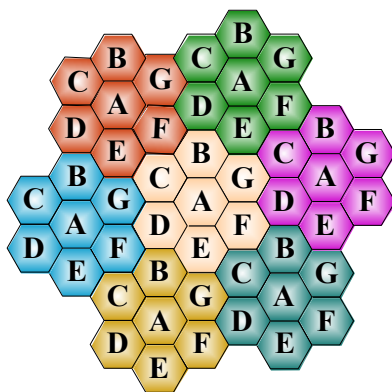


Σχήμα 1: Αναπαράσταση κυψέλης και συστάδας

Η κάθε μια από τις κυψέλες χρησιμοποιεί ένα σύνολο συχνοτήτων. Για να μπορούν να κάνουν χρήση του δικτύου πολλοί συνδρομητές ταυτόχρονα, χρησιμοποιείται η μέθοδος *επαναχρησιμοποίησης συχνότητας*.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1, σε κάθε κυψέλη έχει δοθεί μια ομάδα συχνοτήτων, που συμβολίζεται με ένα γράμμα. Για κάθε ομάδα συχνοτήτων υπάρχει μια απόσταση επαναχρησιμοποίησής της, ώστε να εξασφαλίζεται ο σωστός διαχωρισμός και η χαμηλή παρεμβολή. Επίσης στο παραπάνω σχήμα φαίνονται οι συστάδες που αποτελούνται από κυψέλες του ίδιου χρώματος και καμιά από αυτές δεν έχει την ίδια ομάδα συχνοτήτων με κάποια άλλη εντός της συστάδας που ανήκουν.





Σχήμα 2: Επαναχρησιμοποίηση συχνότητας για μέγεθος συστάδας  $N=7$  κυψέλες.

## 2.2. Τεχνικές αύξησης χωρητικότητας κυψελωτών συστημάτων

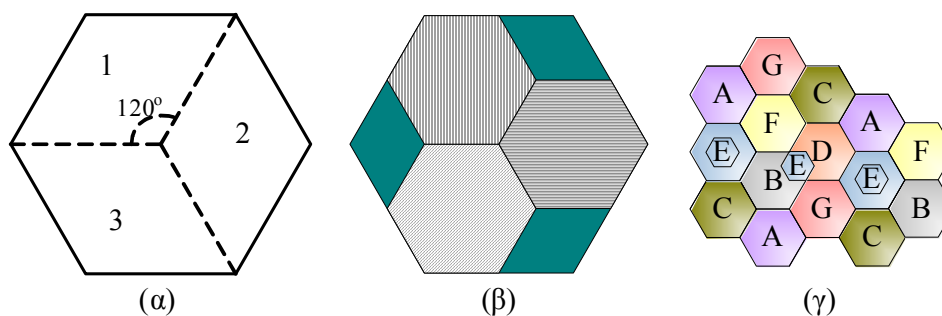
Η αυξημένη ζήτηση της χρήσης κινητών επικοινωνιών οδήγησε στην ανάγκη εύρεσης τρόπων αύξησης της χωρητικότητας του κυψελωτού συστήματος, ώστε να εξυπηρετηθούν ακόμα περισσότεροι χρήστες [1], [12]. Για την επέκταση του δικτύου υπάρχουν τέσσερις κύριοι τρόποι: Ο πρώτος και πιο απλός τρόπος είναι η αγορά επιπλέον ραδιοφωνικού φάσματος (κανάλια) για τους νέους συνδρομητές. Αυτή η λύση είναι ιδιαίτερα ακριβή εάν λάβουμε υπ' όψη μας την περιορισμένη ποσότητα πόρων (ραδιοφωνικό φάσμα) που υπάρχουν προς διάθεση.

Ένας άλλος τρόπος είναι η αλλαγή στην αρχιτεκτονική του δικτύου. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους, οι κυριότεροι των οποίων παρουσιάζονται παρακάτω (Σχήμα 3). Μια λύση είναι η τομεοποίηση των κυττάρων (cell sectoring) με χρήση κατευθυντικών κεραιών, αντί ισοτροπικών (που ακτινοβολεί το ίδιο προς όλες τις κατευθύνσεις). Όπως φαίνεται στο Σχήμα 3α, δημιουργούνται τρεις τομείς με χρήση κατευθυντικών κεραιών  $120^\circ$ . Η διαίρεση των κυττάρων (cell splitting) αποτελεί ένα άλλο τρόπο αλλαγής της αρχιτεκτονικής του δικτύου, με τον οποίο το κύτταρο υποδιαιρείται σε άλλα μικρότερα. Όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 2β, μείωση της ακτίνας στο  $\frac{1}{2}$  αυξάνει τον αριθμό των κυττάρων 4 φορές. Η τρίτη λύση είναι η χρήση διαφορετικών παραγόντων επαναχρησιμοποίησης συχνότητας<sup>1</sup>. Η τεχνική αυτή ονομάζεται διαμέριση επαναχρησιμοποίησης (reuse partitioning) και πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιείται μια συχνότητα σε μικρότερη απόσταση από την αρχικά ορισμένη απόσταση επαναχρησιμοποίησης, δημιουργώντας μικρότερα επικαλυπτόμενα κύτταρα. Μια άλλη τεχνική είναι η επικάλυψη κυττάρων (cell

<sup>1</sup> Ο παράγοντας επαναχρησιμοποίησης συχνότητας (frequency reuse factor) είναι ο αριθμός  $N$  των κυττάρων σε μια συστάδα.

overlay) (Σχήμα 3γ), όπου οι συχνότητες που χρησιμοποιούνται από ένα κύτταρο διαιρούνται σε αυτές που χρησιμοποιούνται μέσα στο σ' αυτό και στις υπόλοιπες που χρησιμοποιούνται στα νέα επικαλυπτόμενα κύτταρα.

Ουσιαστικά αυτές οι τεχνικές αλλάζουν το μέγεθος και το σχήμα της κάλυψης των κυττάρων, προσθέτοντας κύτταρα ή διαμορφώνοντας τα χαρακτηριστικά των κεραιών. Επίσης είναι πιο πρακτικές και λιγότερο δαπανηρές λύσεις σε σύγκριση με την αγορά επιπλέον φάσματος.



Σχήμα 3: Τεχνικές αύξησης χωρητικότητας κυψελωτών συστημάτων: (α) Cell sectoring, (β) Cell splitting, (γ) Cell overlay

Αλλαγή στην μεθοδολογία της κατανομής συχνοτήτων αποτελεί μια άλλη προσέγγιση. Συγκεκριμένα, γίνεται άνιση κατανομή των ζωνών συχνοτήτων στα διάφορα κύτταρα, ανάλογα με την κίνηση που παρουσιάζουν. Ο τέταρτος και τελευταίος τρόπος επέκτασης των δυνατοτήτων ενός κυψελωτού δικτύου είναι η βελτίωση στα modems και στην τεχνολογία πρόσβασης, εφόσον η ψηφιακή τεχνολογία αυξάνει τη χωρητικότητα του δικτύου.

### 2.3. Τεχνικές κατανομής καναλιών

Για την ικανοποίηση των απαιτήσεων των χρηστών, πρέπει να τους παρέχεται ένα κανάλι μόλις το ζητήσουν. Υπάρχουν τρεις τύποι αλγόριθμων με τους οποίους μπορούν να διατεθούν τα κανάλια: Ο πρώτος είναι η στατική διάθεση καναλιών (Fixed channel allocation - FCA). Για να ελαχιστοποιηθεί η παρεμβολή ACI<sup>2</sup> (Adjacent Channel Interference), γειτονικά σε συχνότητα κανάλια διατίθενται σε διαφορετικά κύτταρα. Η FCA είναι η βέλτιστη μέθοδος κατανομής καναλιών για

<sup>2</sup> Η ACI παρεμβολή προκαλείται σε ένα κύτταρο από ένα άλλο κύτταρο που χρησιμοποιεί γειτονική συχνότητα με αυτό.

ομοιόμορφη κίνηση σε όλα τα κύτταρα. Μια μη ομοιόμορφη FCA στρατηγική, είναι ακόμα πιο αποτελεσματική αν είναι δυνατόν να διαπιστωθεί ο βαθμός εξυπηρέτησης (GOS - Grade of Service) σε πραγματικό χρόνο και να ρυθμιστεί η διάθεση των καναλιών σύμφωνα μ' αυτόν.

Ο δεύτερος τύπος είναι με *δυναμική διάθεση καναλιών* (Dynamic channel allocation - DCA), κατά τον οποίο γίνεται προσωρινός δανεισμός συχνοτήτων από κύτταρα μικρής κυκλοφορίας σε κύτταρα με μεγάλη κυκλοφορία. Με τον όρο προσωρινός δανεισμός εννοείται ότι το κανάλι επιστρέφεται μόλις περατωθεί η σχετική κλήση. Τέλος, ο *δανεισμός καναλιών* (Channel borrowing) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διάθεση καναλιών στους συνδρομητές. Σε αυτή τη μέθοδο όλα τα κανάλια μπαίνουν σε μια κοινή δεξαμενή, και διατίθενται στις νέες κλήσεις σύμφωνα με έναν αλγόριθμο επαναχρησιμοποίησης. Το κανάλι επιστρέφεται στην δεξαμενή μόλις τελειώσει η χρήση του.

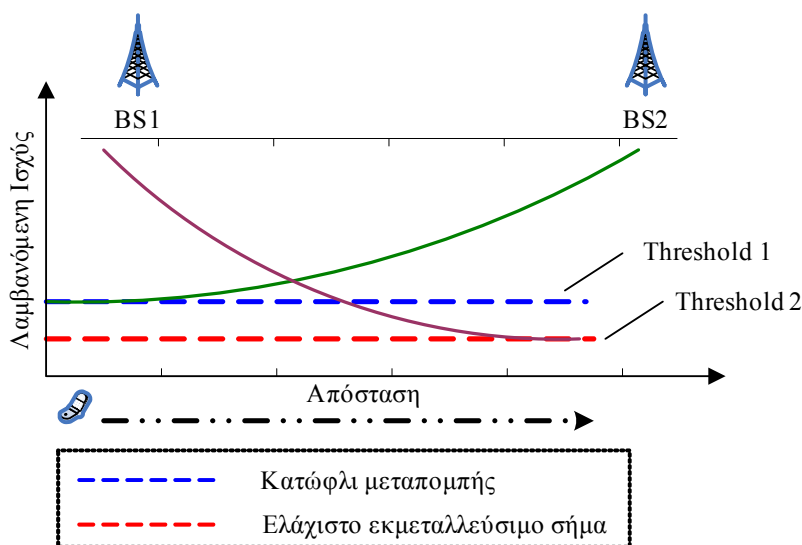
#### **2.4. Μεταπομπή (Handoff - Handover)**

Μια πολύ σημαντική παράμετρος που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον σχεδιασμό ενός δικτύου εταιρίας κινητών επικοινωνιών είναι αρχικά η εξασφάλιση και μετά η ποιότητα της μεταπομπής που λαμβάνει χώρα κατά μήκος του δικτύου της.

Μεταπομπή καλείται η διαδικασία μεταφοράς του ελέγχου, της εκπομπής και λήψης της μεταδιδόμενης πληροφορίας από τη δικαιοδοσία ενός σταθμού βάσης στη δικαιοδοσία ενός άλλου. Η μεταπομπή ξεκινά όταν η ισχύς του λαμβανόμενου σήματος πέσει σε μια προκαθορισμένη τιμή πάνω από το ελάχιστο εκμεταλλεύσιμο σήμα λήψης, και δίνεται προτεραιότητα στις νέες κλήσεις.

Η διαχείριση της μεταπομπής (hand-off management) έχει να κάνει με ένα ευρύ φάσμα θεμάτων και ενεργειών, τα οποία απαιτούνται για την πραγματοποιηθεί μια εισερχόμενη κλήση όταν ο κινητός σταθμός μετακινείται από την περιοχή κάλυψης ενός σημείου πρόσβασης στην περιοχή κάλυψης κάποιου άλλου. Ένας χρήστης για παράδειγμα, που βρίσκεται σε κλήση, αντιλαμβάνεται την μεταπομπή σαν μια πολύ μικρή διακοπή κατά την διάρκεια της συνομιλίας, ενώ για ένα χρήστη υπηρεσιών δεδομένων, η μεταπομπή έχει σαν αποτέλεσμα απώλεια πακέτων δεδομένων, η οποία μπορεί να προκαλέσει συμφόρηση και άρα υποβάθμιση της απόδοσης του δικτύου. Για τον περιορισμό και την καταστολή τέτοιων φαινομένων η

μεταπομπή πρέπει να εκτελείται όσο το δυνατόν πιο σπάνια και επιπλέον έχουν αναπτυχθεί διάφοροι μηχανισμοί ελέγχου των επιπέδων συμμόρφωσης του δικτύου.



Σχήμα 4: Μεταπομπή

Στο Σχήμα 4 ([14]) φαίνεται η διαδικασία της μεταπομπής. Υπάρχουν δύο σταθμοί βάσης, η μωβ καμπύλη απεικονίζει την λαμβανόμενη ισχύ του μεταδιδόμενου σήματος από τον BS1 προς τον κινητό χρήστη, ενώ η πράσινη την λαμβανόμενη ισχύ του μεταδιδόμενου σήματος από τον BS2 προς τον κινητό χρήστη. Καθώς το τερματικό απομακρύνεται από τον πρώτο σταθμό βάσης, η λαμβανόμενη ισχύς του συνεχώς μειώνεται. Το ελάχιστο εκμεταλλεύσιμο σήμα για ικανοποιητική επικοινωνία απεικονίζεται με την κόκκινη διακεκομμένη γραμμή. Πριν η λαμβανόμενη ισχύς πέσει κάτω από αυτό το κατώφλι, λαμβάνει χώρα η μεταπομπή (δηλαδή στο κατώφλι μεταπομπής που είναι σημειωμένο με την μπλε διακεκομμένη γραμμή).

## 2.5. Περιαγωγή (Roaming)

Όταν το κινητό κινείται μεταξύ κυψελωτών συστημάτων του ίδιου παρόχου (π.χ. από GPRS σε UMTS δίκτυο) ή διαφορετικών (π.χ. όταν ένας κινητός χρήστης που είναι συνδρομητής μιας ελληνικής εταιρίας ταξιδεύει στο εξωτερικό), ανακύπτουν θέματα περιαγωγής (*roaming*) και συμβατότητας. Είναι πιο πολύπλοκη και πιο χρονοβόρα διαδικασία, σε σχέση με αυτήν της μεταπομπής, όσον αφορά στην

πρόσβαση στο δίκτυο και στην κατανάλωση περισσότερου χρόνου για να περιλάβει και να προσαρμόσει τις αλλαγές στα διαφορετικά χαρακτηριστικά του δικτύου.

## **2.6. Συγκανάλωση (Trunking)**

Η συγκανάλωση είναι μια μέθοδος παροχής πρόσβασης σε χρήστες, κατόπιν αιτήσεως τους, από μια δεξαμενή διαθέσιμων καναλιών. Με την συγκανάλωση, ένας μικρός αριθμός καναλιών μπορεί να εξυπηρετήσει ένα μεγάλο πλήθος χρηστών. Οι τηλεφωνικές εταιρίες χρησιμοποιούν την τεχνική της συγκανάλωσης για να καθορίσουν τον αριθμό των κυκλωμάτων που πρέπει να φτάνουν σε ένα κτίριο. Η τεχνική της συγκανάλωσης διερευνά πως ένας περιορισμένος αριθμός κυκλωμάτων μπορεί να εξυπηρετήσει έναν μεγάλο αριθμό χρηστών.

### 3. Ιστορική αναδρομή

Μέχρι σήμερα υπάρχουν τρεις ξεκάθαρες γενιές κινητών κυψελωτών δικτύων, οι οποίες ορίζονται από τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνταν στην ραδιοζεύξη και στην μεταφορά των δεδομένων. Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει σύντομη αναδρομή στην ιστορία των κυψελωτών δικτύων, με σκοπό την καλύτερη κατανόηση της εξέλιξης της τεχνολογίας και των συστημάτων που τελικά καθιερώθηκαν [3], [6].

Θα αναφερθούμε εν συντομία στους προκατόχους των 3G δικτύων και στις αναβαθμίσεις που έγιναν στα συστήματα της πρώτης και δεύτερης γενιάς, ώστε τελικά να προκύψουν οι πολύ υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης και υψηλή ποιότητα υπηρεσιών των σημερινών 3G συστημάτων. Προχωρώντας προς τα 4G η ιδέα είναι τα all-IP δίκτυα, δηλαδή οποτεδήποτε και οπουδήποτε βρίσκεται ένας κινητός χρήστης να έχει κάλυψη από οποιοδήποτε IP δίκτυο, είτε πρόκειται για κυψελωτό, είτε για WLAN, είτε δορυφορικό. Συνεχώς γίνονται προσπάθειες βελτίωσης των χρησιμοποιούμενων τεχνολογιών των δικτύων για σύγκλιση τους προς τα all-IP δίκτυα και την απρόσκοπτη διασφάλιση της κινητικότητας του χρήστη.

#### 3.1 Πρώτη γενιά κυψελωτών δικτύων (*First Generation 1G*)

Τα δίκτυα της πρώτης γενιάς εμφανίστηκαν στην δεκαετία του 1980 και ήταν αναλογικά. Δεν αποτέλεσαν την αρχή των κινητών επικοινωνιών, καθώς προϋπήρχαν δίκτυα κινητών επικοινωνιών, τα οποία δεν ήταν κυψελωτά. Η πρώτη γενιά χρησιμοποιούσε τεχνικές αναλογικής μετάδοσης για την κίνηση αποκλειστικά φωνής και η υποστήριξη της κινητικότητας των χρηστών ήταν υποτυπώδης και προβληματική. Η τεχνική πολυπλεξίας που χρησιμοποίησε η πρώτη γενιά ήταν πολλαπλή προσπέλαση με διαίρεση συχνότητας (Frequency Division Multiply Access - FDMA)

Δεν υπήρχε κάποιο πρότυπο που να επικράτησε αλλά διάφορα ανταγωνιστικά συστήματα. Τα κυριότερα και πιο πετυχημένα συστήματα που αναπτύχθηκαν είναι:

- TACS (Total Access Communication System)
- NMT (Nordic Mobile Telephone)
- AMPS (Advanced Mobile Phone Service)

Το TACS αναπτύχθηκε στην Μεγάλη Βρετανία και αργότερα υιοθετήθηκε και από άλλες κεντρικές και ανατολικές χώρες και τη νότια Ευρώπη. Το NMT αρχικά χρησιμοποιήθηκε στην Σκανδιναβία και υιοθετήθηκε από κάποιες χώρες της κεντρικής και νότιας Ευρώπης. Βασίζεται κυρίως στο σύστημα AMPS, αλλά χρησιμοποιεί την μπάντα των 900 MHz. Το σύστημα AMPS αναπτύχθηκε στις ΗΠΑ και χρησιμοποιεί την μπάντα των 800 MHz. Εκτός από τη Βόρεια Αμερική, το AMPS χρησιμοποιήθηκε και από χώρες της Νότιας Αμερικής, της Μέσης Ανατολής καθώς και στη Νέα Ζηλανδία και την Αυστραλία. Το NTT's MCS ήταν το πρώτο εμπορικό κυψελωτό δίκτυο στην Ιαπωνία.

Η Ελλάδα είναι η μόνη χώρα της Δυτικής Ευρώπης, η οποία δεν υιοθέτησε κανένα σύστημα αναλογικών κινητών δικτύων.

### **3.2 Δεύτερη γενιά κυψελωτών δικτύων (Second Generation 2G)**

Στη δεύτερη γενιά κυψελωτών συστημάτων χρησιμοποιείται ψηφιακή μετάδοση για την κίνηση, σε αντίθεση με την πρώτη γενιά. Αρχικά σχεδιάστηκε για μεταφορά κλήσεων, σαν σύστημα μεταγωγής κυκλωμάτων (circuit switched system) και το σύστημα βελτιστοποιήθηκε για κίνηση φωνής. Τα δίκτυα δεύτερης γενιάς έχουν σαφώς μεγαλύτερη χωρητικότητα και περισσότερες δυνατότητες από αυτά της πρώτης. Ένα κανάλι συχνοτήτων διαιρείται και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από πολλούς διαφορετικούς χρήστες, είτε με διαίρεση χρόνου, είτε με διαίρεση κώδικα. Επιπλέον χρησιμοποιούνται ιεραρχικές δομές κελιών, δηλαδή η περιοχή κάλυψης διαιρείται σε μακροκύτταρα (macrocells), μικροκύτταρα (microcells) και πικοκύτταρα (picocells), με σκοπό την περαιτέρω αύξηση των δυνατοτήτων των δικτύων. Υπάρχουν τέσσερα κύρια πρότυπα για τα κινητά δίκτυα δεύτερης γενιάς:

- Global System for Mobile (GSM) communications και τα παράγωγα του
- Digital AMPS (D-AMPS),
- Code Division Multiple Access (CDMA) IS-95 καθώς και
- Personal Digital Cellular (PDC).

Το GSM είναι μακράν το πιο πετυχημένο και διαδεδομένο σύστημα δεύτερης γενιάς. Ξεκίνησε ως Ευρωπαϊκό πρότυπο από την ευρωπαϊκή επιτροπή CEPT (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations), αλλά γρήγορα υιοθετήθηκε παγκοσμίως. Μόνο στην Αμερική το GSM δεν είχε μεγάλη

διάδοση. Στη Βόρεια Αμερική το Personal Communication System-1900 (PCS-1900, παράγωγο του GSM, ονομάζεται και GSM-1900) κέρδισε έδαφος ενώ στην Νότια Αμερική το GSM είχε ευρεία διάδοση. Παρόλα αυτά, το 2001 η βορειοαμερικανική κοινότητα για την Πολλαπλή Πρόσβαση με Διαίρεση χρόνου (Time Division Multiple Access - TDMA) αποφάσισε να υιοθετήσει το σύστημα Wideband CDMA (WCDMA) που ορίστηκε από το Third Generation Partnership Project (3GPP). Προκειμένου να προετοιμαστούν για το WCDMA πολλές αμερικάνικες εταιρίες που χρησιμοποιούσαν το D-AMPS υιοθέτησαν το σύστημα GSM/GPRS.

Το βασικό σύστημα GSM χρησιμοποιεί τη ζώνη συχνοτήτων των 900 MHz. Όμως υπάρχουν και αρκετά παράγωγα τα οποία χρησιμοποιούν τις ζώνες των 1800 ή 1900 MHz. Ο κυριότερος λόγος ήταν η έλλειψη χωρητικότητας στη ζώνη των 900 MHz. Οι ζώνες των 1800 ή 1900 MHz μπορούν να εξυπηρετήσουν πολύ μεγαλύτερο αριθμό χρηστών, κυρίως σε πυκνοκατοικημένες περιοχές, αλλά η περιοχή κάλυψης μειώνεται σε σχέση με τα συστήματα των 900 MHz. Επίσης το ίδρυμα European Telecommunications Standards Institute (ETSI) ανέπτυξε τα πρότυπα GSM-400 και GSM-800, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν συμπληρωματικά επί των δικτύων GSM με υψηλότερες συχνότητες. Παρόλο που το σύστημα αυτό ήταν αρκετά αποδοτικό σε αραιοκατοικημένες περιοχές, το πρότυπο GSM-400 δε χρησιμοποιείται πλέον.

Μέχρι και το 2005 η τεχνολογία GSM κατείχε το 70% της παγκόσμιας αγοράς στα συστήματα κινητής τηλεφωνίας 2<sup>ης</sup> γενιάς. Στην Ελλάδα το 1992 δόθηκαν άδειες για δίκτυα GSM στις εταιρίες Panafon και STET Hellas.

### **3.3 2,5 γενιά κυψελωτών δικτύων (2,5 Generation 2,5G)**

Ο όρος «γενιά 2,5» αναφέρεται στο σύνολο των αναβαθμίσεων που έγιναν στα κινητά δίκτυα δεύτερης γενιάς. Πολλές από αυτές τις αναβαθμίσεις παρέχουν σχεδόν τις ίδιες δυνατότητες με αυτές των κινητών δικτύων τρίτης γενιάς. Παρόλο που η διαχωριστική γραμμή μεταξύ των κινητών δικτύων δεύτερης γενιάς και αυτών της γενιάς 2,5 είναι λεπτή, υπάρχουν ορισμένες τεχνολογίες οι οποίες χαρακτηρίζουν τη γενιά 2,5. Αυτές οι τεχνολογίες είναι :

- High- Speed Circuit-Switched Data (HSCSD)
- General Packet Radio Services (GPRS)
- Enhanced Data Rates for Global Evolution (EDGE).



Το μεγαλύτερο πρόβλημα που παρουσίασαν οι αρχικές μορφές του GSM ήταν οι χαμηλοί ρυθμοί μετάδοσης στον αέρα που περιορίζονταν στα 9,6 Kbps. Αργότερα τέθηκαν οι προδιαγραφές για τα 14,4 Kbps παρόλο που δε χρησιμοποιήθηκαν ευρέως. Η λύση που προτάθηκε ήταν η τεχνολογία HSCSD. Με την τεχνολογία αυτή ένας χρήστης μπορεί να χρησιμοποιεί περισσότερες χρονοσχισμές (time-slots) αντί μία, για μία σύνδεση μεταφοράς δεδομένων. Η υλοποίηση της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι σχετικά απλή και φθηνή και για να υλοποιηθεί απαιτεί πρόσθετο λογισμικό στα κέντρα, καθώς και καινούριες φορητές συσκευές που θα υποστηρίξουν την τεχνολογία HSCSD. Το βασικότερο μειονέκτημα ήταν η χρήση μεταγωγής κυκλώματος. Αυτός ο τρόπος μεταγωγής είχε ως αποτέλεσμα τη σπατάλη πόρων του δικτύου αφού οι χρονοσχισμές δεσμεύονταν ακόμα και όταν δεν χρησιμοποιούνταν. Αυτό το χαρακτηριστικό καθιστά την HSCSD τεχνολογία την καλύτερη επιλογή για εφαρμογές πραγματικού χρόνου (real time), όπου επιτρέπονται πολύ μικρές καθυστερήσεις.

Η επόμενη λύση που προτάθηκε ήταν η τεχνολογία GPRS. Με αυτήν την τεχνολογία μπορούν να επιτευχθούν ρυθμοί μετάδοσης των 115 Kbps ή και ακόμα μεγαλύτεροι στο downlink (δηλαδή στη μετάδοση από τον σταθμό βάσης προς το τερματικό), αν αγνοηθεί η διόρθωση σφαλμάτων. Αυτό που έχει μεγάλη σημασία είναι ότι η τεχνολογία GPRS χρησιμοποιεί τεχνολογία μεταγωγής πακέτου, δηλαδή επιτρέπει την κίνηση με την μορφή πακέτων (συνήθως IPv4 ή IPv6 πακέτα). Επομένως δεσμεύει τους πόρους του δικτύου μόνο όταν υπάρχει ανάγκη για αποστολή δεδομένων. Στην ουσία είναι η προσθήκη δικτύου μεταγωγής πακέτων στο ήδη υπάρχον δίκτυο μεταγωγής κυκλωμάτων του GSM. Η υλοποίηση του GPRS είναι αρκετά πιο ακριβή από αυτή του HSCSD. Παρόλα αυτά η τεχνολογία GPRS προσφέρει πολύ μεγαλύτερες δυνατότητες για την αποστολή δεδομένων μέσω των κινητών δικτύων. Είναι σίγουρο πλέον πως η αύξηση της κίνησης δεδομένων στα κινητά δίκτυα, καθιστά την GPRS τεχνολογία αναπόσπαστο στοιχείο ενός συστήματος κινητής τηλεφωνίας.

Τέλος, η τρίτη και τελευταία βελτίωση του GSM προκειμένου να εξελιχθεί σε ένα δίκτυο γενιάς 2,5 είναι η τεχνολογία EDGE. Στηρίζεται σε μία τεχνική διαμόρφωσης που ονομάζεται Eight-Phase Shift Keying (8PSK). Αυτή η τεχνική επηρεάζει μόνο το λογισμικό των σταθμών βάσης, ενώ προσφέρει έως και τριπλάσιο ρυθμό μετάδοσης από το βασικό ρυθμό μετάδοσης του GSM. Επιπλέον, δεν αντικαθιστά, αλλά μπορεί να συνυπάρξει με την τεχνική διαμόρφωσης Gaussian

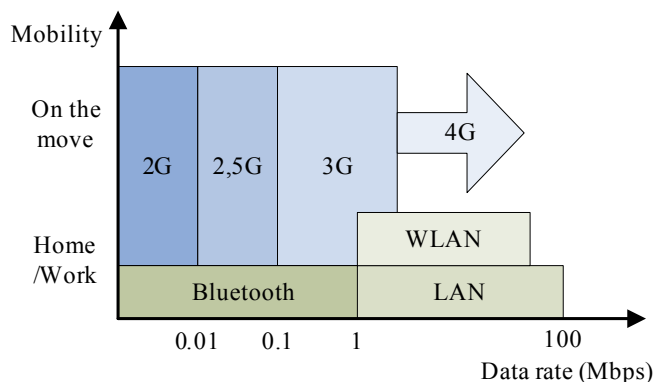
Minimum Shift Keying (GMSK), η οποία χρησιμοποιείται στη βασική μορφή του GSM. Ο συνδυασμός του EDGE με το GPRS λέγεται EGPRS (enhanced GPRS) και με αυτόν επιτυγχάνονται ρυθμοί μετάδοσης έως και 384 Kbps.

### **3.4 Τρίτη γενιά κυψελωτών δικτύων (Third Generation 3G)**

Η γρήγορη εξέλιξη των κινητών τηλεπικοινωνιών ήταν ένα από τα αναμφισβήτητα γεγονότα της δεκαετίας του 1990. Το Δεκέμβρη του 2002 υπήρχαν παγκοσμίως 780 εκατομμύρια συνδρομητές σε δίκτυα GSM, οι οποίοι συνιστούσαν το 71% του συνολικού αριθμού των χρηστών κινητής τηλεφωνίας [3]. Το πρώτο εμπορικό δίκτυο GSM λειτούργησε στη Φινλανδία το 1991. Την ίδια χρονιά, το ίδρυμα ETSI ξεκινούσε την προτυποποίηση της επόμενης γενιάς δικτύων κινητών τηλεπικοινωνιών. Το σύστημα που προέκυψε ονομάστηκε Universal Mobile Telecommunications System (UMTS). Η ανάπτυξη των κινητών δικτύων τρίτης γενιάς δεν έγινε μόνο στο ETSI. Υπήρξαν πολλοί οργανισμοί και ερευνητικά ιδρύματα, σε παγκόσμιο επίπεδο, που προσπάθησαν να αναπτύξουν συστήματα τρίτης γενιάς. Το UMTS θεωρείται πλέον το κυρίαρχο πρότυπο στα 3G δίκτυα και έπεται το πρότυπο US CDMA2000. Στην Ιαπωνία, που είναι η πιο εξελιγμένη χώρα όσον αφορά την 3G τεχνολογία, η μετάβαση από τα 2G στα 3G δίκτυα ολοκληρώθηκε το 2006 και πλέον δύο συστήματα χρησιμοποιούνται, το W-CDMA (που είναι συμβατό με το σύστημα UMTS) και το CDMA2000.

Ο βασικός στόχος της ανάπτυξης των κινητών δικτύων τρίτης γενιάς είναι η παροχή των κινητών υπηρεσιών «οπουδήποτε» και «κάθε στιγμή». Αυτό σημαίνει ότι ένας χρήστης κινητών δικτύων τρίτης γενιάς μπορεί να μετακινείται οπουδήποτε και να εξυπηρετείται ακόμα και σε περιοχές όπου δεν υπάρχει κάλυψη από συστήματα τρίτης γενιάς, αλλά υπάρχουν άλλου είδους ασύρματα δίκτυα. Για την ακρίβεια, ο χρήστης θα μπορεί να εξυπηρετείται από άλλα είδη ασύρματων συστημάτων, από άλλα κυψελωτά κινητά δίκτυα καθώς και από δορυφορικά δίκτυα.

Επιπλέον, οι παρεχόμενες υπηρεσίες επεκτείνονται σε υπηρεσίες διαδικτύου και σε υπηρεσίες πολυμέσων με υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης. Στο Σχήμα 5 απεικονίζεται η εξέλιξη των κινητών επικοινωνιών όσον αφορά τις ταχύτητες που μπορούν να επιτευχθούν από τα συστήματα της κάθε γενιάς. Παρατηρούνται ρυθμοί που ξεκινούν από τα 144 Kbps και φτάνουν ακόμα και σε ρυθμούς της τάξης των Mbps.



Σχήμα 5: Εξέλιξη κινητών επικοινωνιών

### 3.5 Τέταρτη γενιά κυψελωτών δικτύων (Forth Generation 4G)

Η επόμενη γενιά μετά την 3G είναι η 4G, η οποία είναι σε εξέλιξη. Τα πλεονεκτήματα της 4G είναι κυρίως η αποδοτικότητα φάσματος του συστήματος, η υψηλή χωρητικότητα του δικτύου, η υψηλή ποιότητα υπηρεσιών για την υποστήριξη των πολυμέσων της επόμενης γενιάς, η τεχνολογία για το packet switched network και το global roaming. Θα χρησιμοποιηθεί για να υποστηρίξει σε ποιότητα και αξία τις απαιτήσεις των εφαρμογών της τέταρτης γενιάς που αναμένονται, όπως mobile TV, και υπηρεσίες φωνής και δεδομένων οπουδήποτε και σε οποιαδήποτε στιγμή.

Στόχος της γενιάς αυτής είναι η ανάπτυξη συστημάτων πλήρως βασισμένα στην τεχνολογία IP. Αυτό πρόκειται να επιτευχθεί με την σύγκλιση ενσύρματων και ασύρματων τεχνολογιών και θα είναι δυνατόν να παρέχουν ταχύτητες μετάδοσης από 100 Mbit/s έως και 1 Gbit/s, με εξαιρετική ποιότητα και υψηλό επίπεδο ασφαλείας. Οι κυρίαρχες τεχνολογίες θα είναι η τεχνολογία OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) και επίσης OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) για την καλύτερη τοποθέτηση πολλαπλών χρηστών. Τέλος η 4G τεχνολογία θα βασίζεται μόνο σε μεταγωγή πακέτων, σε αντίθεση με τη 3G που υποστήριζε μετάδοση και με μεταγωγή κυκλωμάτων.

## 4. Universal Mobile Telecommunications System

Η ραγδαία εξέλιξη των δικτύων τρίτης γενιάς, η οποία επέτρεψε την μετάδοση κίνησης κάθε μορφής, όπως φωνή και βίντεο, οδήγησε στην σημαντική αύξηση της ζήτησης νέων υπηρεσιών [5], [6], [14]. Τα διάφορα στάδια για τις προδιαγραφές του UMTS ορίζονται από διάφορες εκδόσεις (Releases), υπεύθυνη για τις οποίες είναι ο οργανισμός 3GPP (3rd Generation Partnership Project). Το πρώτο ήταν το Release 99 (R99) και αργότερα ακολούθησαν τα Release 4, Release 5, Release 6. Αυτή τη στιγμή ορίζεται το Release 7. Η τεχνολογία που ηγείται αυτής της εξέλιξης είναι η IP (Internet Protocol). Στις παρακάτω ενότητες θα αναφερθούν τα κυριότερα χαρακτηριστικά του.

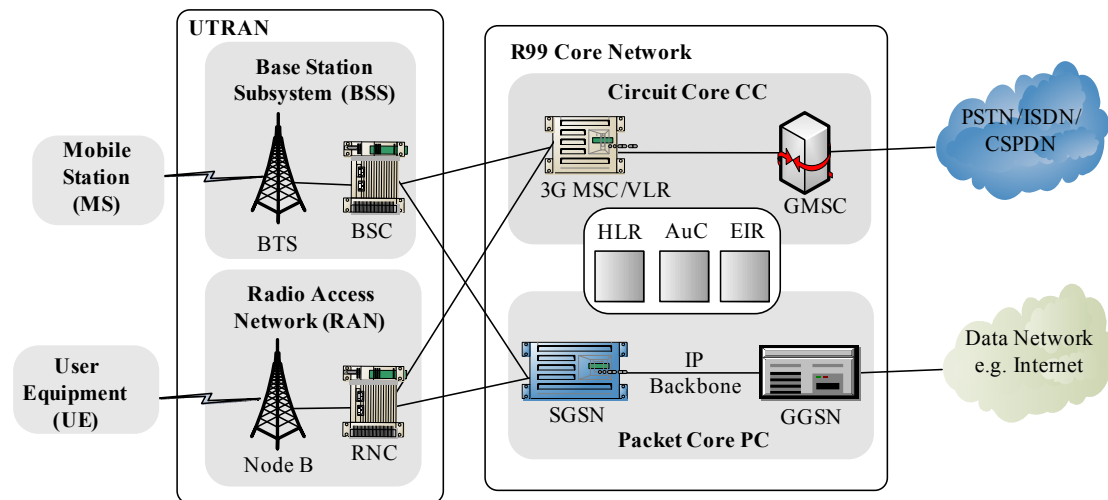
### 4.1 Αρχιτεκτονική του συστήματος UMTS

Η κύρια βελτίωση του UMTS σε σύγκριση με το GSM είναι η εκ νέου σχεδίαση του Radio Access Network (RAN), το οποίο πλέον λέγεται UMTS Terrestrial Radio Access Network (UTRAN). Αντί για την μέθοδο της πολυπλεξία χρόνου και συχνότητας του air interface του GSM, εισάγεται μια νέα τεχνολογία πολλαπλής πρόσβασης με διαίρεση κώδικα (Code Division Multiple Access CDMA) για το air interface που ονομάζεται Wideband CDMA (WCDMA) και χρησιμοποιεί την τεχνολογία ATM σαν κύριο μηχανισμό μεταφοράς δεδομένων στο UTRAN.

Στο WCDMA οι χρήστες δεν διαχωρίζονται πια με χρονοσχιμές και συχνότητες, αλλά δίδεται στον καθένα ένας μοναδικός κωδικός. Τελικά το εύρος ζώνης ενός απλού φέροντος σήματος αυξήθηκε σημαντικά σε σύγκριση με το GSM, πράγμα που σημαίνει ότι έχουμε πολύ υψηλότερες ταχύτητες μετάδοσης απ' ότι προηγουμένως. Επιτρέπει ρυθμούς μετάδοσης μέχρι και 384 kbps ανά χρήστη στην κατεύθυνση από τον σταθμό βάσης προς τον κινητό χρήστη (downlink) και 64-128 kbps στην κατεύθυνση από τον κινητό χρήστη προς τον σταθμό βάσης (uplink).

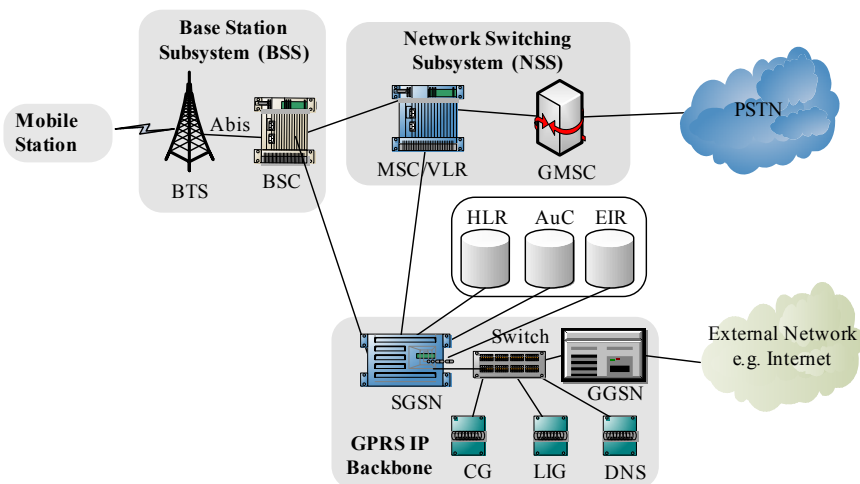
Στην αρχική φάση του UMTS (Release 99) η αρχιτεκτονική του δικτύου είναι αυτή που φαίνεται στο Σχήμα 6. Οι αλλαγές που έγιναν στο δίκτυο της δεύτερης γενιάς GPRS (Σχήμα 7), έγιναν για την υποστήριξη υπηρεσιών φωνής, βίντεο και δεδομένων από το ίδιο δίκτυο. Το CN παρέμεινε αμετάβλητο, με μικρές αναβαθμίσεις

στο software και έτσι είναι δυνατόν να συνδεθεί το νέο UTRAN με το υπάρχον GSM και GPRS δίκτυο.



Σχήμα 6: Αρχιτεκτονική UTRAN - Έκδοση 99

Το UMTS επίσης δίνει την δυνατότητα στον πάροχο του δικτύου κινητής τηλεφωνίας να προσφέρει στους συνδρομητές υπηρεσίες όπως MMS, βίντεο και μουσική, mobile television και εφαρμογές για ψυχαγωγία όπως είναι τα mobile Java παιχνίδια, τα οποία μπορεί να τα κατεβάσει και να τα παίξει στο κινητό του.



Σχήμα 7: Αρχιτεκτονική GPRS

Με μεγέθη αρχείων περίπου 1,5 Mb για ένα τραγούδι και 200-500 Kb για ένα παιχνίδι, το UMTS είναι αρκετά γρήγορο για να κατεβάσει ένα τραγούδι σε λιγότερο από 40 seconds και ένα παιχνίδι σε λιγότερο από 10 seconds.

Πιο αναλυτικά τα στοιχεία που συνθέτουν την αρχιτεκτονική του UMTS δικτύου περιγράφονται παρακάτω.

Ο κινητός σταθμός - MS (Mobile Station) αποτελείται από τον κινητό εξοπλισμό (Mobile Equipment ME) και από μια έξυπνη κάρτα, που ονομάζεται κάρτα SIM (Subscriber Identity Module). Η κάρτα SIM προσφέρει κινητικότητα στον χρήστη αφού αυτός μπορεί να την αφαιρέσει από μια κινητή συσκευή και να την τοποθετήσει σε μια άλλη, χωρίς να ενημερώσει τον διαχειριστή του δικτύου. Η κάρτα SIM περιέχει ένα μοναδικό αριθμό αναγνώρισης τον IMSI (International Mobile Subscriber Identity), καθώς επίσης και ένα secret key το οποίο χρησιμοποιείται για πιστοποίηση και άλλες διαδικασίες ασφαλείας. Ο αριθμός IMSI (ή μια παραλλαγή του για λόγους ασφαλείας) χρησιμοποιείται καθ' όλη την έκταση του δικτύου ως η ταυτότητα του συνδρομητή. Ο κινητός εξοπλισμός μπορεί επίσης να αναγνωριστεί μοναδικά από τον αριθμό IMEI (International Mobile Equipment Identity). Οι αριθμοί IMEI και IMSI είναι ανεξάρτητοι και με αυτόν τον τρόπο παρέχεται στον χρήστη ευελιξία, διαχωρίζοντας τον συνδρομητή από την συσκευή.

Ο εξοπλισμός χρήστη - UE (User Equipment) αποτελείται από δυο μέρη: τον κινητό εξοπλισμό - ME (Mobile Equipment), ο οποίος είναι το τερματικό που χρησιμοποιείται για τη σύνδεση με το UTRAN και μια έξυπνη κάρτα USIM (UMTS Subscriber Identity Module), στην οποία βρίσκεται η ταυτότητα του χρήστη και κάποιες πληροφορίες του συνδρομητή που χρειάζονται για τη λειτουργία του τερματικού. Εκεί, επίσης, λαμβάνουν χώρα διαδικασίες σχετικές με πιστοποίηση και αποθήκευση κλειδιών κρυπτογράφησης.

Το UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) αποτελεί το βασικότερο κομμάτι της αρχιτεκτονικής του UMTS και αναλυτικότερη περιγραφή του θα γίνει παρακάτω. Το Core Network (το δίκτυο πυρήνα) είναι το τελευταίο μέρος της αρχιτεκτονικής του δικτύου και παρέχει τις συνδέσεις μεταγωγής πακέτων και κυκλωμάτων.

#### 4.1.1 UTRAN

Το UTRAN περιλαμβάνει το υποσύστημα σταθμού βάσης - BSS, όπως ήταν και στα δίκτυα GPRS και το δίκτυο πρόσβασης RAN.

### **Υποσύστημα σταθμού βάσης - BSS (Base Station Subsystem)**

Το υποσύστημα σταθμού βάσης αποτελείται από δύο μέρη: τον σταθμό πομποδέκτη βάσης (Base Transceiver Station BTS) και τον ελεγκτή του σταθμού βάσης (Base Station Controller BSC), ο οποίος ελέγχει τους BTSs. Ο σταθμός πομποδέκτη βάσης - BTS στεγάζει τους ραδιοφωνικούς πομποδέκτες (radio transceivers TRXs) που καθορίζουν ένα κελί και διαχειρίζεται το radio link (ραδιοζεύξη) με τον κινητό σταθμό. Αυξάνοντας τον αριθμό των TRXs, αυξάνεται και ο αριθμός των χρηστών που μπορούν να εξυπηρετηθούν ταυτόχρονα. Όταν μια κινητή συσκευή κινείται από ένα κελί σε ένα άλλο, αλλάζει BTS. Κάθε στιγμή μια συσκευή μπορεί να είναι συνδεδεμένη με ένα μόνο BTS. Είναι επίσης υπεύθυνος για την κρυπτογράφηση της ραδιοζεύξης με τον κινητό σταθμό, βασισμένο σε πληροφορίες ασφαλείας που λαμβάνει από το core network. Ο ελεγκτής σταθμού βάσης - BSC (Base Station Controller) διαχειρίζεται τους πόρους του ραδιοφωνικού φάσματος για έναν ή περισσότερους BTSs. Επίσης διαχειρίζεται την εγκατάσταση των ραδιοφωνικών καναλιών, την μετατόπιση συχνότητας και τις διαδικασίες μεταπομπής, όταν ο χρήστης μετακινείται από ένα κελί σε ένα άλλο. Όταν λαμβάνει χώρα μια μεταπομπή, ο BSC μπορεί να αλλάξει.

### **Δίκτυο πρόσβασης RAN (Radio Access Network)**

Το RAN αποτελείται από δύο σημαντικά στοιχεία: τον *WCDMA* σταθμός βάσης ή κόμβος *B* (*WCDMA Base Station - WBTS* ή *Node B*) και τον ελεγκτή δικτύου - *RNC* (*Radio Network Controller*). Οι προδιαγραφές της 3GPP αναφέρονται στο σταθμό βάσης ως *Node B*, αλλά πιο κοινά λέγεται *WBTS*. Αντιστοιχεί στο σταθμό πομποδέκτη βάσης - *BTS* (*Base Transceiver Station*) του *GSM*. Είναι υπεύθυνος για την κρυπτογράφηση στο radio link με τον κινητό σταθμό, η οποία βασίζεται σε πληροφορίες ασφαλείας που λαμβάνει από το core network. Επιπλέον, πρέπει να παρέχει τις απαραίτητες λειτουργίες για τη διαδικασία της σηματοδότησης για την υποστήριξη του *WCDMA* air interface και αυτό δημιουργεί περισσότερη πολυπλοκότητα.

Η άλλη προσθήκη που έγινε ήταν ο ελεγκτής δικτύου - *RNC* (*Radio Network Controller*). Ο *RNC* είναι η καρδιά του νέου δικτύου πρόσβασης (access network) και υπεύθυνος για τον έλεγχο των ασύρματων - ραδιοφωνικών πόρων του *UTRAN*.

Αντιστοιχεί στο BSC του GSM και όλες οι αποφάσεις για την λειτουργία του δικτύου λαμβάνονται σε αυτό το σημείο. Ακόμα, συντηρεί το link του PCN (packet core network) και του CCN (circuit core network) και πρέπει να μπορεί να υποστηρίξει την διασύνδεση και με άλλους RNCs. Οι περισσότερες από τις διαδικασίες για τη λήψη αποφάσεων βασίζονται στο software (software-based), γι' αυτό απαιτείται μεγάλη ικανότητα όσον αφορά τις διαδικασίες. Ένας RNC που ελέγχει ένα Node B λέγεται Controlling RNC (CRNC) του Node B. Ο CRNC είναι υπεύθυνος για τον έλεγχο του φόρτου και της συμμόρφωσης των κυττάρων του και επίσης εκτελεί τον έλεγχο πρόσβασης (admission control) και την εκχώρηση κωδικών για της νέες ραδιοζεύξεις που εγκαθίστανται σε αυτά τα κύτταρα.

#### 4.1.2 Δίκτυο πυρήνα - Core Network

Το CN όπως και στα δίκτυα GPRS συνίσταται από το Packet Core Network, το οποίο παρέχει συνδέσεις μεταγωγής πακέτων δεδομένων, όπως είναι το διαδίκτυο, και το Circuit Core, το οποίο παρέχει συνδέσεις μεταγωγής κυκλωμάτων, όπως η τηλεφωνία. Τα κύρια συστατικά του GSM CN, τα οποία παραμένουν και στο σύστημα UMTS με κάποιες μικρές τροποποιήσεις είναι τα εξής:

1. Η βάση δεδομένων Home Location Register (HLR). Όταν ένας χρήστης γίνει συνδρομητής σε ένα πάροχο δικτύου κινητής τηλεφωνίας, εισάγεται σε ένα Service Level Agreement<sup>3</sup> (SLA). Αυτός ο διαχειριστής δικτύου λέγεται home network ή Home Public Land Mobile Network (H-PLMN). Η HLR είναι μια μεγάλη βάση δεδομένων τοποθετημένη μέσα σε αυτό το οικιακό δίκτυο, η οποία αποθηκεύει πληροφορίες του συνδρομητή για το διαχειριστή. Αυτές οι πληροφορίες περιλαμβάνουν το IMSI του χρήστη, πληροφορίες για συνδρομή σε υπηρεσίες, περιορισμούς σε υπηρεσίες και συμπληρωματικές υπηρεσίες. Η κάθε HLR επίσης γνωρίζει την θέση των κινητών σταθμών που έχουν ενεργοποιηθεί και έχουν καταχωρηθεί σε κάποιο δίκτυο.
2. Η βάση δεδομένων Equipment Identity Register (EIR). Πρόκειται για μια λίστα που περιλαμβάνει όλους τους έγκυρους κινητούς σταθμούς που βρίσκονται στο δίκτυο. Εάν δηλωθεί η κλοπή ενός τερματικού ή ο εξοπλισμός δεν είναι ο εγκεκριμένος, τότε δεν του επιτρέπεται η λειτουργία του στο δίκτυο.

---

<sup>3</sup> Το SLA είναι το μέρος ενός συμβολαίου υπηρεσιών, όπου ορίζεται ρητά το επίπεδο των παρεχομένων υπηρεσιών.



3. Το κέντρο πιστοποίησης Authentication Center (AuC), το οποίο είναι μια βάση δεδομένων που περιέχει ένα αντίγραφο του secret key, το οποίο υπάρχει σε κάθε κάρτα USIM. Αυτό χρησιμοποιείται για την πιστοποίηση και την κρυπτογράφηση στην ασύρματο σύνδεση (radio link). Το AuC χρησιμοποιεί ένα μηχανισμό πρόκληση - απάντηση (challenge - response), ο οποίος στέλνει τυχαίους αριθμούς στους κινητούς σταθμούς. Ο κινητός σταθμός κρυπτογραφεί αυτό τον αριθμό και τον στέλνει πάλι πίσω. Τέλος το AuC αποκρυπτογραφεί τον αριθμό που έλαβε και αν τον αποκρυπτογραφήσει επιτυχώς και ανακτήσει τον αρχικό τυχαίο αριθμό, τότε ο κινητός σταθμός πιστοποιείται και του επιτρέπεται η είσοδος στο δίκτυο.
4. Ο Serving GPRS Support Node (SGSN) είναι υπεύθυνος για την δρομολόγηση και τη μεταφορά πακέτων και παρέχει πιστοποίηση και διαχείριση της κινητικότητας. Διαθέτει μια δυναμική βάση δεδομένων, στην οποία αποθηκεύονται δεδομένα για την κινητή συσκευή την οποία εξυπηρετεί τη δεδομένη στιγμή. Αυτή η βάση δεδομένων περιέχει τη θέση της συσκευής, πληροφορίες ασφαλείας, όπως το ciphering key, πληροφορίες χρέωσης, τρέχουσες συνδέσεις, την QoS που χρησιμοποιείται κ.α. Όταν ένα κινητό είναι packet switch attached, ο SGSN λέμε ότι παρέχει ένα mobility management context και κρατάει το ίχνος της κινητής συσκευής. Ο SGSN μπορεί να συνδέεται με GGSNs αλλά και με άλλους SGSNs με IP δίκτυο. Όταν μια συσκευή έχει εφοδιαστεί με το session management context, εγκαθίσταται μια σύνδεση μεταξύ του SGSN και του αντίστοιχου GGSN ώστε το κινητό να μπορεί να μεταφέρει δεδομένα από και προς ένα εξωτερικό δίκτυο.
5. Ο Gateway GPRS Support Node (GGSN) παρέχει την διεπαφή μεταξύ του κινητού και του εξωτερικού δικτύου μεταγωγής πακέτων. Ο GGSN δεν χρειάζεται να γνωρίζει την τοποθεσία που βρίσκεται το κινητό, παρά μόνο από ποιο SGSN εξυπηρετείται.
6. Το 3G κινητό κέντρο μεταγωγής / βάση VLR - 3G MSC/VLR (3G Mobile Switching Center / Visitor Location Register) είναι ένα στοιχείο το οποίο τροποποιήθηκε αρκετά. Αυτό το κομμάτι είναι η κεντρική μονάδα του δικτύου κινητής τηλεφωνίας και δρα σαν ένας κανονικός κόμβος μεταγωγής κυκλωμάτων. Φροντίζει για όλες τις επιπρόσθετες λειτουργίες που απαιτούνται για την υποστήριξη ενός κινητού συνδρομητή. Έχει διπλό ρόλο, και αυτόν της μεταγωγής και αυτόν της διαχείρισης. Όταν μια συσκευή ενεργοποιηθεί και ζητήσει να

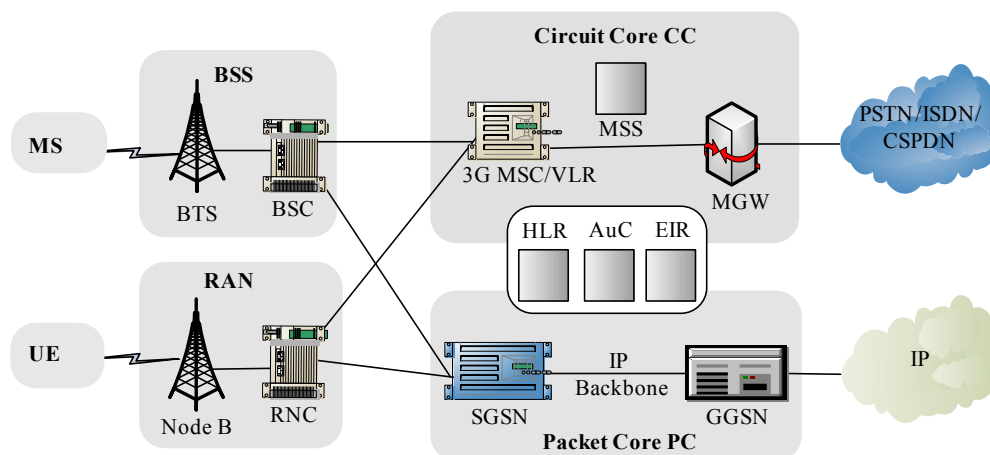
συνδεθεί με το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας, είναι κυρίως το MSC αυτό που κινεί τη διαδικασία, με το BSS μερικώς να παρέχει την πρόσβαση για την διευκόλυνση της απαίτησης του χρήστη. Εάν η διαδικασία επιτευχθεί, το MSC καταχωρεί την κινητή συσκευή στην αντίστοιχη VLR. Η VLR ενημερώνει την HLR για την τοποθεσία του κινητού σταθμού. Ακόμα το MSC ασχολείται με την καταγραφή, την πιστοποίηση, ενημέρωση της τοποθεσίας που βρίσκεται ο κινητός σταθμός και δρομολόγηση των κλήσεων από και προς τον χρήστη. Ένα MSC το οποίο παρέχει την διασύνδεση του δικτύου κινητής τηλεφωνίας με σταθερά δίκτυα, όπως PSTN ή ISDN, λέγεται Gateway-MSC (GMSC). Επίσης το MSC καθώς ελέγχει όλες τις συνδέσεις, είναι υπεύθυνο και για το billing. Αυτό γίνεται δημιουργώντας μια billing εγγραφή (billing record) για κάθε κλήση, η οποία αργότερα μεταφέρεται σε ένα billing server. Η VLR κρατάει μόνο προσωρινές πληροφορίες για τους συνδρομητές που βρίσκονται μέσα στην περιοχή της VLR. Αυτή η περιοχή καλύπτει τους συνδρομητές στην περιοχή εξυπηρέτησης του αντίστοιχου MSC. Όταν ένα κινητό είναι συνδεδεμένο με ένα δίκτυο ενώ βρίσκεται σε περιαγωγή, δηλαδή δεν βρίσκεται στο δικό του H-PLMN, λέμε ότι βρίσκεται στο Visited PLMN (V-PLMN).

## **4.2 Εξέλιξη του συστήματος UMTS**

### **4.2.1 Έκδοση 4 (R4)**

Το επόμενο βήμα ήταν η έκδοση 4 (Release 4) του UMTS. Σε αυτήν την έκδοση το υποδίκτυο μεταγωγής κυκλωμάτων αναθεωρείται ριζικά, εγκαθίστανται υποδομές IP. Το υπόλοιπο δίκτυο παραμένει το ίδιο με ελάχιστες τροποποιήσεις (Σχήμα 8).

Ο MSC χωρίζεται σε δύο ανεξάρτητα μέρη: στην MGW (Media Gateway) και στον MSS (MSC server). Με αυτόν τον τρόπο ουσιαστικά αποκόπτεται από η διαδικασία της μεταγωγής από την διαδικασία ελέγχου της σύνδεσης. Ένας MSS μπορεί και διαχειρίζεται πολλές MGWs, κάνοντας το δίκτυο πιο ευέλικτο καθώς αυξάνεται η κίνηση.



Σχήμα 8: Αρχιτεκτονική UMTS έκδοση 4

Από την έκδοση 4 του UMTS και μετά η χρήση του Voice over IP (VoIP) αποτελεί το κύριο χαρακτηριστικό το οποίο παρέχει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα υπάρχοντα συστήματα. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι η βέλτιστη χρήση του εύρους ζώνης, η ενσωμάτωση των υπηρεσιών φωνής και δεδομένων και η δυνατότητα κλήσεων μεταξύ των κινητών χρηστών χωρίς κωδικοποίηση.

#### 4.2.2 Έκδοση 5 (R5) – All IP δίκτυα

Η 5<sup>η</sup> έκδοση στηρίχθηκε στην μερική υλοποίηση του πρωτοκόλλου IP στο δίκτυο πυρήνα και προχώρησε στην All-IP αρχιτεκτονική δικτύου. Σε αυτή την έκδοση τα πακέτα μπορούν να μετακινηθούν από άκρη σε άκρη (end-to-end) κατά μήκος του δικτύου με ένα εμπλουτισμένο GPRS δίκτυο συνδεδεμένο με ένα υποσύστημα IP πολυμέσων - IMS (IP Multimedia Subsystem).

Από το 2006 σε πολλές χώρες το δίκτυο UMTS αναβαθμίστηκε στο HSDPA (High Speed Packet Access). Αυτό είναι ένα πρωτόκολλο κινητής τηλεφωνίας το οποίο κατορθώνει να μεταφέρει δεδομένα με μεγάλη ταχύτητα ορίζοντας ένα νέο κανάλι W-CDMA του HS-DSCH.

### 4.3 Φάσμα UMTS

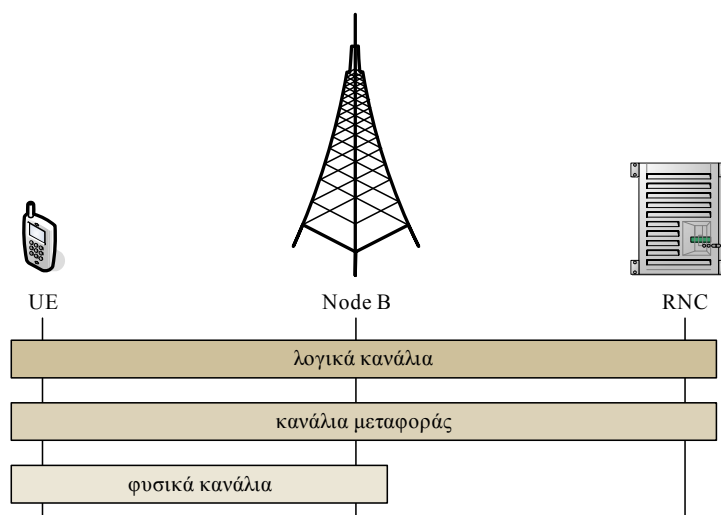
Στην Ευρώπη και στην Ασία 12 τμήματα των 5 MHz το καθένα εκχωρήθηκαν για το UMTS στη ζώνη συχνοτήτων από τα 1920 MHz μέχρι 1980 MHz για την κατεύθυνση του uplink. Αυτή η ζώνη βρίσκεται ακριβώς πάνω από την ζώνη συχνοτήτων που λειτουργούν τα ασύρματα τηλέφωνα (DECT Digital European

Cordless Telephony). Για την κατεύθυνση του downlink άλλα 12 τμήματα των 5 MHz δόθηκαν στο φάσμα συχνοτήτων από 2110 MHz μέχρι 2170 MHz.

Στην Βόρεια Αμερική δεν έχει εκχωρηθεί μέχρι στιγμής κανένα κομμάτι συχνοτήτων για δίκτυα 3<sup>ης</sup> γενιάς. Τα δίκτυα UMTS μοιράζονται την μπάντα συχνοτήτων από 1850 MHz μέχρι 1910 MHz για το uplink και από τα 1930 MHz μέχρι τα 1990 MHz για το downlink, με τα δίκτυα 2<sup>ης</sup> γενιάς, όπως είναι τα GSM και τα CDMAOne. Η Ευρώπη επίσης αποφάσισε να υλοποιήσει το UTRAN στις αζευγάρωτες ζώνες (unpaired bands) 1900-1920 MHz και 2010-2025 MHz.

#### 4.4 Κανάλια UTRAN

Τα κανάλια του UMTS διαιρούνται σε τρεις κατηγορίες: τα λογικά κανάλια, τα κανάλια μεταφοράς και τα φυσικά κανάλια. Ένα λογικό κανάλι είναι μια ροή πληροφοριών που είναι αφοσιωμένη στη μεταφορά συγκεκριμένου τύπου πληροφοριών πάνω από την ασύρματη ζεύξη. Ένα κανάλι μεταφοράς είναι πως ένα λογικό κανάλι μεταφέρεται μεταξύ του UE και του RNC. Τέλος ένα φυσικό κανάλι είναι το πραγματικό κανάλι κατά μήκος της ραδιοζεύξης, το οποίο ορίζεται από ένα WCDMA κωδικό και συχνότητα.



Σχήμα 9: Δομή UMTS καναλιών

Σε αναλογία μπορεί κανείς να θεωρήσει ότι το ταχυδρομείο προσφέρει ένα λογικό κανάλι για τη μεταφορά των γραμμάτων και των δεμάτων από μια περιοχή σε

για άλλη. Σαν κανάλι μεταφοράς θεωρούμε το είδος της μεταφοράς, επί παραδείγματι συστημένο, αερομεταφορά κ.α. και σαν φυσικό κανάλι μπορεί να είναι ένα συγκεκριμένο όχημα μέσα στο οποίο μεταφέρονται τα αντικείμενα. Το λογικό κανάλι δεν χρειάζεται να γνωρίζει τον φυσικό τρόπο μεταφοράς (π.χ. Airbus 250), αλλά πρέπει μόνο να ξέρει ότι η μεταφορά θα ικανοποιήσει την απαιτούμενη ποιότητα υπηρεσίας (QoS) (π.χ. με πτήση μειώνεται σημαντικά η καθυστέρηση).

#### 4.5 Τάξεις ποιότητας υπηρεσιών του UMTS (QoS Classes)

Το κύριο χαρακτηριστικό του συστήματος UMTS είναι οι υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης που επιτυγχάνονται από την πλευρά του χρήστη. Για συνδέσεις μεταγωγής κυκλωμάτων οι ταχύτητες μπορούν να φτάσουν τα 384Kbps, ενώ για συνδέσεις μεταγωγής πακέτων μέχρι και 2Mbps. Οι υψηλές ταχύτητες διευκολύνουν νέες υπηρεσίες όπως είναι η βίντεο-κλήση και το γρήγορο «κατέβασμα» δεδομένων (data download). Στο UMTS υπάρχουν τέσσερις τάξεις κίνησης, όπως φαίνονται και στον πίνακα 1 [5], [8].

Τάξεις	Conversational	Streaming	Interactive	Background
<b>Βασικά χαρακτηριστικά</b>	-Διασφάλιση της χρονικής συσχέτισης μεταξύ των οντοτήτων μιας ροής (stream) -Βασισμένο στην αντίληψη του χρήστη -Σε πραγματικό χρόνο	-Διασφάλιση της χρονικής συσχέτισης μεταξύ των οντοτήτων μιας ροής (stream) -Σε πραγματικό χρόνο	-Καθορισμένα χρονικά όρια απόκρισης -Διασφάλιση της ακεραιότητας των δεδομένων	-Μη καθορισμένα χρονικά όρια απόκρισης -Διασφάλιση της ακεραιότητας των δεδομένων
<b>Παραδείγματα εφαρμογών</b>	φωνή, video-κλήση, video παιχνίδια	multimedia streaming	web browsing, network games	background download of e-mails
<b>Σχετικές απαιτήσεις QoS</b>	Χαμηλό jitter, χαμηλή καθυστέρηση	Χαμηλό jitter	Χαμηλή καθυστέρηση, χαμηλό BER	Χαμηλό BER

Πίνακας 1: Τάξεις ποιότητας υπηρεσιών (QoS) του UMTS

Κάθε τάξη ορίζει πόσο ευαίσθητες στην καθυστέρηση είναι οι εφαρμογές που ανήκουν σε αυτή. Οι εφαρμογές της τάξης Conversational, όπως είναι η φωνή, είναι πιο ευαίσθητες στην καθυστέρηση σε σχέση με εφαρμογές της τάξης Background. Οι τάξεις Conversational και Streaming είναι και οι δύο υπεύθυνες για την μεταφορά πληροφορίας σε πραγματικό χρόνο (real-time), αλλά πιο ευαίσθητη στην καθυστέρηση είναι η Conversational. Αντίθετα, οι τάξεις Interactive και Background έχουν ως κύριο σκοπό την ακεραιότητα των δεδομένων. Είναι λιγότερο ευαίσθητες

στην καθυστέρηση, αλλά απαιτούν καλύτερο BER<sup>4</sup> (Bit error rate) και χρησιμοποιούνται κυρίως για δικτυακές εφαρμογές (Internet), όπως είναι η πλοήγηση στο Web, το E-Mail, το FTP καθώς και άλλες. Αυτές που έχουν υψηλότερη προτεραιότητα είναι οι εφαρμογές της τάξης Interactive. Οι τάξεις αυτές μπορούν περαιτέρω να ομαδοποιηθούν σε δύο κατηγορίες εφαρμογών: Εφαρμογές Πραγματικού Χρόνου (Conversational & Streaming) και εφαρμογές μη Πραγματικού Χρόνου (Interactive & Background).

#### 4.5.1 Conversational Class

Αυτή η τάξη περιλαμβάνει την απλή τηλεφωνία. Καθώς όμως εξελίσσεται ακόμα και η τηλεφωνία θα διεξάγεται με την χρήση του πρωτοκόλλου IP και έτσι θα έχει την μορφή του Voice over IP (VoIP) ή ακόμα και της βίντεο-συνδιάσκεψης. Τέτοιες εφαρμογές είναι εφαρμογές πραγματικού χρόνου και οι χρόνοι μετάδοσης θα πρέπει να είναι μικροί, για να πραγματοποιηθεί μια συνομιλία ικανοποιητικά. Επίσης οι διάφορες ροές δεδομένων (όπως είναι για παράδειγμα η ροή του ήχου και της εικόνας) θα πρέπει να είναι χρονικά συσχετισμένες και να είναι συγχρονισμένες. Οι μεγάλοι χρόνοι καθυστέρησης δεν είναι αποδεκτοί σε αυτή την τάξη, καθώς κάτι τέτοιο θα σήμαινε δραματική υποβάθμιση της ποιότητας, η οποία δεν είναι αποδεκτή από τους τελικούς χρήστες.

#### 4.5.2 Streaming Class

Η τάξη Streaming αντιστοιχεί σε ροές δεδομένων πραγματικού χρόνου, όπως είναι οι ροές ήχου ή βίντεο. Για παράδειγμα αναφέρεται σε εφαρμογές όπως η ακρόαση μουσικής μέσω δικτύου ή η παρακολούθηση μια ταινίας. Η ροή των δεδομένων έχει κατεύθυνση από έναν εξυπηρετητή προς ένα χρήστη που έχει ζητήσει την αντίστοιχη υπηρεσία. Έτσι η επικοινωνία είναι σχεδόν μονόδρομη, καθώς υπάρχει ελάχιστη αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο τελικών άκρων. Στην πράξη ο εξυπηρετητής στέλνει τα δεδομένα και ο χρήστης προβαίνει σε ελάχιστες ενέργειες όπως είναι η απλή επιλογή της υπηρεσίας, το «πάγωμα» της και η αναπαραγωγή της. Έτσι δεν έχουμε μεγάλη ζήτηση για χαμηλή καθυστέρηση, παρόλο που αυτή είναι

---

<sup>4</sup> Ο ρυθμός εσφαλμένων bit είναι ο λόγος των λανθασμένων bit προς τον αριθμό των συνολικών bit που μεταδόθηκαν σε μια ορισμένη χρονική περίοδο.

πάντοτε επιθυμητή. Για μια εφαρμογή όπως είναι η παρακολούθηση μιας ταινίας, μία ροή μπορεί να συμπεριλαμβάνει διάφορα στοιχεία, καθώς είναι δυνατή η χρήση διαφορετικών υπό-ροών ώστε να μεταφερθούν χωριστά ο ήχος, η εικόνα και οι υπότιτλοι. Για να επιτευχθεί όμως η ορθή αναπαραγωγή στον τελικό χρήστη, πρέπει να υπάρχει συγχρονισμός όλων αυτών των στοιχείων και εξαιτίας αυτού δημιουργείται η ανάγκη για χρονική συσχέτιση μεταξύ των ροών.

Οι εφαρμογές streaming είναι ασύμμετρες σε μεγάλο βαθμό και γι' αυτό τυπικά αντέχουν περισσότερη καθυστέρηση απ' ότι άλλες συμμετρικές conversational υπηρεσίες. Αυτό επίσης σημαίνει ότι είναι πιο ανεκτικές στην παραμόρφωση χρονισμού (jitter) κατά την μετάδοση.

#### 4.5.3 Interactive Class

Στην τάξη αυτές ανήκουν όλες οι εφαρμογές που απαιτούν αλληλεπίδραση μεταξύ του εξυπηρετητή και του χρήστη, όπως είναι η πλοήγηση στον παγκόσμιο ιστό ή άλλες online συναλλαγές. Επίσης περιλαμβάνει και εφαρμογές στις οποίες υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ μηχανών, όπως για παράδειγμα η διαρκής ανανέωση στοιχείων από την βάση δεδομένων ενός απομακρυσμένου μηχανήματος. Οι κύριες ενέργειες βασίζονται στον μηχανισμό ερωτώ-αποκρίσεων, και έτσι οι χρόνοι μετάδοσης θα πρέπει να είναι σύντομοι. Όταν γίνεται μια αίτηση, ένα χρονόμετρο τίθεται σε λειτουργία και περιμένει την απάντηση. Έτσι όσο μικρότερος είναι ο χρόνος αυτός, τόσο καλύτερη είναι η προσφερόμενη ποιότητα.

Μια εφαρμογή που ανήκει σε αυτήν την τάξη είναι τα computer games. Βέβαια αναλόγως με τη φύση και τις απαιτήσεις του παιχνιδιού, δηλαδή πόσο ευαίσθητα είναι τα δεδομένα που στέλνονται, μπορεί η εφαρμογή να ανήκει στην conversational class.

#### 4.5.4 Background Class

Χρησιμοποιείται για κίνηση δεδομένων εφαρμογών. Εφαρμογές που ανήκουν σε αυτή την τάξη είναι η αποστολή e-mail, SMS, η λήψη βάσεων δεδομένων (downloading) και άλλες, οι οποίες γίνονται στο υπόβαθρο και δεν απαιτείται άμεση ενέργεια από τον χρήστη. Η καθυστέρηση μπορεί να είναι δευτερόλεπτα ή και λεπτά.

Αυτή η κλάση χαρακτηρίζεται από το γεγονός ότι ο προορισμός δεν περιμένει τα δεδομένα μέσα σε κάποιο αυστηρό χρονικό διάστημα.

#### 4.5.5 Σημαντικές Παράμετροι για το QoS

Οι πιο σημαντικές παράμετροι που επηρεάζουν τον χρήστη, ο οποίος είναι και ο τελικός κριτής της προσφερόμενης ποιότητας υπηρεσίας είναι η καθυστέρηση, η παραμόρφωση χρονισμού (jitter) και η απώλεια των δεδομένων. Αυτές οι παράμετροι, μαζί με άλλες όπως είναι ο εγγυημένος ρυθμός μετάδοσης, ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης και άλλα, είναι αυτές που διαφοροποιούν τις τάξεις QoS και καθορίζουν τα διαφορετικά προφίλ QoS που προσφέρουν τα δίκτυα.

Η καθυστέρηση (delay) είναι ο χρόνος μεταξύ μιας ενέργειας του χρήστη και του αποτελέσματος αυτού. Οι χαμηλοί χρόνοι καθυστέρησης σημαίνουν υψηλές ταχύτητες συναλλαγής, ενώ οι μεγάλες καθυστερήσεις υπάρχουν κυρίως σε μεταφορές δεδομένων, κατά τις οποίες δεν είναι απαραίτητη η ταχεία μεταφορά.

Το παραμόρφωση χρονισμού εξαρτάται από τους μεταβλητούς χρόνους άφιξης των πακέτων στον παραλήπτη. Είναι ιδιαίτερα ενοχλητική για ορισμένες υπηρεσίες πραγματικού χρόνου και αντιμετωπίζεται με την χρήση τεχνικών buffering, οι οποίες περιορίζουν το φαινόμενο αυτό.

Με την απώλεια πληροφορίας (information loss) περιγράφεται το ποσοστό των δεδομένων που δεν παραδίδεται ή που παραδίδεται έχοντας σφάλματα. Υπάρχουν πολλοί αλγόριθμοι που προσπαθούν να διορθώσουν τα προβλήματα απώλειας δεδομένων, αλλά αυτό δεν είναι πάντα εφικτό. Εφαρμογές όπως η μεταφορά αρχείων απαιτούν μηδενική απώλεια δεδομένων, ενώ άλλες όπως για παράδειγμα η μετάδοση βίντεο, είναι ανεκτικές μέχρι κάποιο όριο.



## **5. Μοντέλα χρέωσης και πολιτικές τιμολόγησης**

### **5.1 Χρεώσεις υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας τρίτης γενιάς των εταιριών στην Ελλάδα**

Η ελληνική αγορά κινητής τηλεφωνίας χαρακτηρίζεται από υψηλό βαθμό διείσδυσης (ο βαθμός χρήσης ενός προϊόντος στην αγορά) και τεχνολογική πρωτοπορία. Από τα πρώτα χρόνια της λειτουργίας της, η κινητή τηλεφωνία έχει γίνει απαραίτητος τρόπος επικοινωνίας για τους περισσότερους Έλληνες και αναπόσπαστο μέρος της καθημερινότητάς τους. Ο κλάδος της κινητής τηλεφωνίας είναι ένας από τους πλέον αναπτυξιακούς τομείς της χώρας, καθώς οι εταιρείες που δραστηριοποιούνται στην παροχή υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας έχουν προχωρήσει σε επενδύσεις μεγάλης αξίας, τόσο για τη δημιουργία τηλεπικοινωνιακών και τεχνολογικών υποδομών όσο και για την απασχόληση ανθρώπινου δυναμικού.

Τρεις είναι οι κύριες εταιρίες κινητής τηλεφωνίας που δραστηριοποιούνται στην Ελλάδα: η Vodafone, η Wind και η Cosmote. Όλες διαθέτουν δίκτυο GSM, τους εκχωρήθηκε ραδιοφωνικό φάσμα για την εξέλιξη προς το UMTS και πλέον οι κάθε μια προχωρά σταδιακά στην αναβάθμιση του δικτύου της [4], [7].

#### **5.1.1 Wind**

Ιδρύθηκε το 1992 και ξεκίνησε τη δραστηριότητά της στην ελληνική αγορά με την εμπορική επωνυμία Teletet στις 29 Ιουνίου 1993, οπότε και πραγματοποιήθηκε η πρώτη κλήση από κινητό στη χώρα μας. Η επένδυση της εταιρίας για την απόκτηση της άδειας ανήλθε σε 30 δις δρχ. Το 2004, η εμπορική επωνυμία της εταιρείας άλλαξε σε TIM και την επόμενη χρονιά, η TIM Ελλάς εξαγοράστηκε από τις εταιρείες διαχείρισης επενδυτικών κεφαλαίων Aprax Partners και Texas Pacific Group (TPG). Το 2006 η TIM προχώρησε στην εξαγορά της Q Telecom, δυναμώνοντας έτσι ακόμη περισσότερο την παρουσία της στην ελληνική αγορά κινητής τηλεφωνίας. Τον Φεβρουάριο του 2007 η Weather Investments S.P.A., εταιρεία που ελέγχει τον διεθνή τηλεπικοινωνιακό όμιλο Orascom, αποκτά την TIM Ελλάς. Ως μέλος πλέον του ομίλου της Weather Investments η TIM αλλάζει την επωνυμία της σε WIND.

Η Orascom Telecom είναι ένας από τους παγκόσμιους ηγέτες του κλάδου των τηλεπικοινωνιών με δίκτυα GSM σε επτά αγορές με υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης στη Μέση Ανατολή, Αφρική και Νότια Ασία.

Το τεχνικό δίκτυο της Wind είναι εγκατεστημένο σε όλη την ελληνική επικράτεια εξασφαλίζοντας πληθυσμιακή κάλυψη 99,3%. Καθημερινά το δίκτυο της διεκπεραιώνει πάνω από 28 εκ. κλήσεις και διαχειρίζεται περισσότερα από 15 εκ. γραπτά μηνύματα. Σύμφωνα με τις τεχνικές μετρήσεις το ποσοστό των επιτυχημένων κλήσεων στο δίκτυο της Wind αγγίζουν το 99,2%.

Επιπλέον η Wind Ελλάς σε συνεργασία με τη Vodafone έχουν ξεκινήσει από τον Ιανουάριο του 2007 την πιλοτική λειτουργία της υπηρεσίας εθνικής περιαγωγής η οποία σήμερα καλύπτει τις περιοχές της Κεφαλονιάς, της Ιθάκης, την ευρύτερη περιοχή του Μεσσηνιακού κόλπου καθώς και την Ανατολική Μακεδονία & Θράκη, τον Ν. Σερρών και τις νήσους Κρήτη, Κάρπαθο, Κάσο και Αντικύθηρα. Η υπηρεσία εθνικής περιαγωγής αφορά στην αμφίδρομη χρήση των δικτύων των εταιρειών, ώστε σε περιπτώσεις που ένα εκ των δυο δικτύων δεν προσφέρει κάλυψη να επικοινωνούν μέσω του δικτύου της άλλης εταιρείας.

Από τον Σεπτέμβριο του 2002 ξεκίνησε τις τεχνικές δοκιμές του δικτύου κινητής τηλεφωνίας 3<sup>ης</sup> γενιάς (UMTS) και στις αρχές Ιανουαρίου 2004 ξεκίνησε πρώτη στην ελληνική αγορά την εμπορική διάθεση των υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας 3<sup>ης</sup> γενιάς. Συνεχίζεται η ανάπτυξη του δικτύου 3<sup>ης</sup> γενιάς και χάρη στην τεχνολογία 3G Broadband (HSDPA), προσφέρει πλέον στους χρήστες του ασύρματου δικτύου της ταχύτητες μέχρι και 1.8 Mbps. Σήμερα λειτουργεί δίκτυο κινητής τηλεφωνίας 3<sup>ης</sup> γενιάς της Wind σε όλες τις μεγάλες πόλεις της Ελλάδας και συνεχώς επεκτείνεται. (Αντλήσαμε τα παραπάνω στοιχεία από την επίσημη ιστοσελίδα της Wind, [16].)

### 5.1.2 Vodafone

Ιδρύθηκε το 1992 με την επωνυμία Panafon A.E.E.T. και ξεκίνησε τις δραστηριότητές της τον Ιούλιο του 1993. Η κύρια δραστηριότητα της Vodafone είναι η εκμετάλλευση δικτύου και οι υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας, υπηρεσίες Internet, εισαγωγές και εμπόριο τηλεφωνικού εξοπλισμού, ηλεκτρονικών υπολογιστών, περιφερειακών, αναλωσίμων και λογισμικού, τηλεφωνικές εξυπηρετήσεις και πληροφορίες. Το 2001 απορρόφησε τις εταιρίες Panafon Multimedia A.E., Tetoma

Com A.E. , Nextnet A.E. και Panafon -Υπηρεσίες A.E. Το ίδιο έτος άλλαξε η επωνυμία στη σημερινή. Το 2003 απορρόφησε τις εταιρίες Ideal Telecom A.E. και Vizzavi (Ελλάς) A.E. Σύμφωνα με τα στοιχεία της Icar Databank, η εταιρεία κατατάχθηκε (2003) στην τρίτη θέση μεταξύ των 20 μεγαλύτερων τηλεπικοινωνιακών εταιριών βάσει συνόλου ενεργητικού και στην τρίτη θέση μεταξύ των 20 τηλεπικοινωνιακών εταιριών με τα μεγαλύτερα καθαρά κέρδη.

Η Vodafone έχει δημιουργήσει ένα αξιόπιστο τηλεπικοινωνιακό δίκτυο μήκους 7.000 χιλιομέτρων, αποτελώντας το μεγαλύτερο ιδιωτικό δίκτυο μετάδοσης στην Ελλάδα. Παρέχει τη δυνατότητα κάλυψης όλων των πόλεων και απομακρυσμένων περιοχών, καθώς διαθέτει το μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων στη ζώνη GSM 900. (Τα παραπάνω στοιχεία αντλήθηκαν από την επίσημη ιστοσελίδα της Vodafone, [17]).

### 5.1.3 Cosmote

Η Cosmote είναι μέλος του Ομίλου ΟΤΕ και ξεκίνησε την εμπορική της λειτουργία τον Απρίλιο του 1998, 5 χρόνια μετά τους ανταγωνιστές της και άλλαξε ριζικά το τοπίο της κινητής τηλεφωνίας στην Ελλάδα. Είναι η μόνη εταιρία στον κλάδο παγκοσμίως που ενώ εισήλθε τρίτη στην αγορά, κατέκτησε την πρώτη θέση της αγοράς μέσα σε μόλις 3,5 χρόνια. Σήμερα οι πελάτες της Cosmote στην Ελλάδα ξεπερνούν τα 4,6 εκατομμύρια με το εκτιμώμενο μερίδιο αγοράς να ξεπερνάει το 37%. Η Cosmote διαθέτει παρουσία σε 4 ακόμη χώρες της περιοχής των Βαλκανίων: στην Αλβανία (AMC), στην Βουλγαρία (Globul), στην πΓΔΜ (Cosmofon) και στην Ρουμανία (Cosmote Romania).

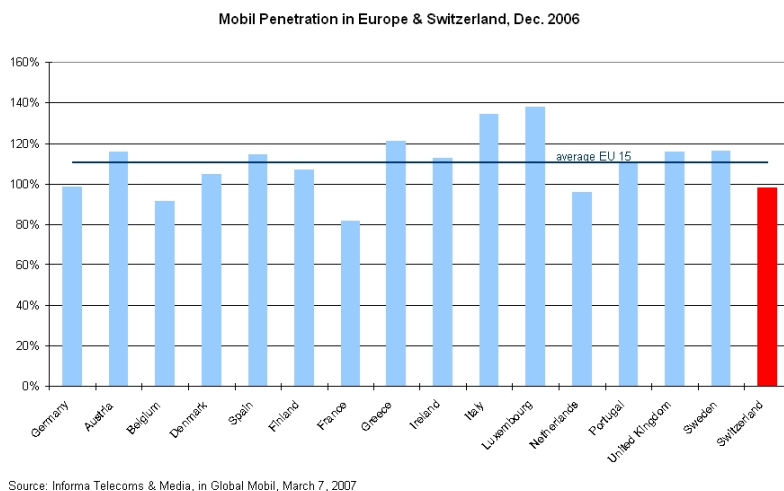
Σήμερα η Cosmote διαθέτει φάσμα 2x30 MHz για την παροχή υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας δεύτερης γενιάς και λειτουργεί το δίκτυό της με το σύστημα GSM, τόσο στη συχνότητα των 1.800 MHz όσο και στη συχνότητα των 900 MHz. Από τον Αύγουστο του 2001 διαθέτει επίσης και άδεια UMTS. Σήμερα η Cosmote διαθέτει ένα πανελλαδικό δίκτυο με 2.900 τηλεπικοινωνιακούς σταθμούς βάσης, ενώ από τον Ιανουάριο του 2001 έχει εγκαταστήσει ένα πανελλαδικό δίκτυο 2,5 γενιάς (GPRS) που επιτρέπει την μετάδοση δεδομένων με υψηλές ταχύτητες. Επιπλέον, τον Μάιο του 2004, η Cosmote ξεκίνησε την εμπορική διάθεση υπηρεσιών τρίτης γενιάς. Τον Ιούνιο του 2004 η Cosmote ξεκίνησε την αποκλειστική εμπορική διάθεση στην

Ελλάδα των υπηρεσιών i-mode. Το i-mode αποτελεί ένα από τα συστήματα για το Internet της κινητής τηλεφωνίας. Από τον Ιούνιο του 2005 διατίθεται εμπορικά το 3G i-mode (για πρώτη φορά διεθνώς μετά την Ιαπωνία) μέσω του οποίου υποστηρίζονται νέες υπηρεσίες όπως Mobile Music, 3D Games και άλλες προηγμένες εφαρμογές JAVA.

Παρέχει ευρυζωνικές υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας HSDPA με ταχύτητες έως 1.8 Mbps σε όλους τους πελάτες της σε όλες τις περιοχές κάλυψης του δικτύου τρίτης γενιάς, δηλαδή στο 75%, περίπου, του ελληνικού πληθυσμού. Σε περιοχές κάλυψης 3G εντός της Αττικής και της Θεσσαλονίκης το δίκτυο της Cosmote υποστηρίζει ευρυζωνικές υπηρεσίες HSDPA με ταχύτητες έως και 3.6 Mbps. (Αντλήσαμε τα παραπάνω στοιχεία από την επίσημη ιστοσελίδα της Cosmote [15]).

#### 5.1.4 Τιμολόγηση ελληνικών εταιριών

Η ελληνική αγορά κινητής τηλεφωνίας χαρακτηρίζεται από έντονο ανταγωνισμό μεταξύ των παρόχων, ο οποίος λειτουργεί προς όφελος των καταναλωτών, καθώς τους προσφέρονται τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες υψηλής ποιότητας με ευνοϊκούς οικονομικούς όρους.



**Σχήμα 10: Mobile Penetration in Europe & Switzerland**

Η διείσδυση στη χώρα μας έχει ξεπεράσει το 95%, κατά πολύ πάνω του μέσου όρου των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Σχήματα 10, 11), δείκτης που φανερώνει τη δυναμική του κλάδου στην Ελλάδα [4].

Country	Subscribers 4Q06 <sup>5</sup>	Penetration (%)
Germany	81.282	98.67%
Austria	9.486	115.67%
Belgium	9.497	91.41%
Denmark	5.723	104.78%
Spain	46.247	114.42%
Finland	5.594	106.89%
France	49.873	81.75%
Greece	12.936	<b>120.90%</b>
Ireland	4.608	112.70%
Italy	78.184	134.39%
Luxembourg	658	137.92%
Netherlands	15.903	96.11%
Portugal	11.743	110.41%
United Kingdom	70.315	116.01%
Sweden	10.474	116.04%
Switzerland	7.399	98.25%

Πίνακας 2: Διείσδυση κινητής τηλεφωνίας στην Ευρώπη

Όλες οι εταιρίες έχουν υιοθετήσει τις ίδιες περίπου στρατηγικές τιμολόγησης. Για την πλοήγηση στο WEB, η χρέωση που χρησιμοποιείται από όλες τις εταιρίες είναι η ογκοχρέωση (ανά kb), ενώ στην πλοήγηση WAP η χρέωση γίνεται ανά είσοδο (δηλαδή κάθε φορά που ο χρήστης εισάγεται στο WAP). Η τιμολόγηση για την video κλήση γίνεται με χρονοχρέωση, όπως και οι απλές κλήσεις, αλλά λίγο ακριβότερα. Επίσης τα μηνύματα που περιέχουν εφαρμογές πολυμέσων (MMS) χρεώνονται ανά γεγονός. Για τους συνδρομητές συμβολαίου οι εταιρίες έχουν δημιουργήσει διάφορα οικονομικά πακέτα, στα οποία ο συνδρομητής πληρώνει ένα μηνιαίο πάγιο και σε αντάλλαγμα του παρέχονται κάποιες υπηρεσίες φθηνότερα. Και οι τρεις εταιρίες χρεώνουν κατά αυτόν τον τρόπο με ελάχιστες διαφορές μεταξύ τους στις τιμές. Ένα παράδειγμα φαίνεται παρακάτω [16]:

#### Επιλογή πακέτου Wind 3G

Το παρακάτω πακέτο υπηρεσιών (πίνακας 3) προσφέρει στους χρήστες δωρεάν ορισμένο όγκο δεδομένων για χρήση WEB & WAP και δωρεάν κάποιο αριθμό MMS κάθε μήνα.

Μηνιαίο Πάγιο	€ 29,75
---------------	---------

<sup>5</sup> 4Q06: Είναι τα αποτελέσματα μέχρι το τέταρτο τετράμηνο του 2006. (4<sup>th</sup> Quarter of 2006 )

Δωρεάν Πλοήγηση	40 MB για χρήση WEB
Δωρεάν MMS	15 MMS για επικοινωνία από κινητό σε κινητό
Wind Plus	Δωρεάν Wind Plus Non-stop για απεριόριστη πλοήγηση
Χρέωση για πλοήγηση WEB	(μετά τα 40 MB): € 0,0007 /Kb
Χρέωση για Video-Κλήση	€ 0,0119 /δευτ (με ελάχιστη διάρκεια χρέωσης 30'')
Χρέωση MMS (μετά τα 15 δωρεάν)	σύμφωνα με τις ισχύουσες χρεώσεις

Πίνακας 3: Παράδειγμα χρέωσης πακέτου

## 5.2 Κινητές επικοινωνίες και πολιτικές τιμολόγησης σε Ευρώπη και Αμερική

### 5.2.1 Δυτική Ευρώπη

Οι εταιρίες τηλεπικοινωνιών σε διάφορες χώρες της δυτικής Ευρώπης ακολούθησαν τις πρώτες εξελίξεις των κυψελωτών συστημάτων των ΗΠΑ και των σκανδιναβικών χωρών [4], [6]. Πολλές χώρες εισήγαγαν τις κινητές τηλεπικοινωνίες με ένα δικό τους εθνικό αναλογικό πρότυπο. Στις τέσσερις μεγαλύτερες χώρες - Γερμανία, Γαλλία, Ιταλία και Ηνωμένο Βασίλειο - το κάθε μονοπώλιο ανέπτυξε το δικό του σύστημα και υπήρχε ελάχιστο ενδιαφέρον στο να είναι αυτά τα συστήματα συμβατά μεταξύ τους. Την ανάπτυξη του συστήματος τυπικά αναλάμβανε ο προμηθευτής εξοπλισμού του μονοπωλιακού παρόχου σταθερών τηλεπικοινωνιών.

Στις σκανδιναβικές χώρες συνειδητοποίησαν νωρίς τα πλεονεκτήματα ενός ενιαίου προτύπου. Από την πλευρά του χρήστη, η πιθανότητα διεθνούς περιαγωγής (roaming) αναμενόταν να είναι ένα βασικό πλεονέκτημα, αλλά δεν αποτελούσε προτεραιότητα των εταιριών σε αυτή τη φάση. Από την οπτική των εταιριών, το πλεονέκτημα ενός κοινού προτύπου συντελούσε στην εκμετάλλευση των οικονομιών κλίμακας (economies of scale: το μέσο κόστος παραγωγής μειώνεται με την αύξηση της ποσότητας του παραγόμενου αγαθού) στην προμήθεια του εξοπλισμού. Συνολικά εισήχθησαν πέντε συστήματα: NMT, TACS, C-450, RMTS και RC 2000 [6]. Η χρονολογία υιοθέτησης τους φαίνεται στον πίνακα 3. Το σύστημα που χρησιμοποιήθηκε κυρίως είναι το NMT (και οι δύο του εκδόσεις, 450 και 900) και έπεται το TACS. Ενώ τα συστήματα ήταν γενικά ασύμβατα μεταξύ τους, την εξαίρεση αποτέλεσαν οι χώρες της Σκανδιναβίας, οι οποίες ανέπτυξαν και

προτυποποίησαν το σύστημα NMT. Κατ' επέκταση το σύστημα αυτό προσέφερε και υπηρεσίες περιαγωγής εντός των σκανδιναβικών χωρών.

Ένα άλλο ενδιαφέρον χαρακτηριστικό της ανάπτυξης του τομέα των κινητών επικοινωνιών αφορά στη δομή της αγοράς. Στις αρχές του 1980 όλες οι Ευρωπαϊκές αγορές ήταν μονοπώλια και τα σκήπτρα κρατούσε ο πάροχος υπηρεσιών σταθερής τηλεφωνίας. Εξαιρέση απετέλεσαν η Αγγλία και η Σουηδία, των οποίων οι αγορές ήταν δυοπώλια.

Χρόνος	Σύστημα					
	MNT-450	NMT-900	TACS	C-450	RTMS	RC 2000
<b>1981</b>	Σουηδία Νορβηγία					
<b>1982</b>	Δανία Φιλανδία Ισπανία					
<b>1984</b>	Αυστρία					
<b>1985</b>	Ολλανδία Λουξεμβούργο		Αγγλία Ιρλανδία	Γερμανία	Ιταλία	Γαλλία
<b>1986</b>		Δανία Φιλανδία Νορβηγία Σουηδία				
<b>1987</b>	Βέλγιο	Ελβετία				
<b>1989</b>	Γαλλία	Ολλανδία		Πορτογαλία		
<b>1990</b>			Ιταλία Ισπανία Αυστρία			

**Πίνακας 3: Εισαγωγή των αναλογικών κυψελωτών συστημάτων στη Δυτική Ευρώπη, 1981 - 1990**

Οι συνέπειες των μονοπωλίων των εταιριών κινητής τηλεφωνίας στην Ευρώπη ήταν οι υψηλές τιμές των υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας, έλλειψη κινήτρων για αύξηση του μεγέθους της αγοράς και φτωχή απόδοση των υπηρεσιών.

Η πρώτη προσπάθεια για τη δημιουργία ενός ενιαίου προτύπου για όλη την Ευρώπη έγινε από τα μονοπώλια της Γαλλίας και της Γερμανίας το 1981, αλλά απέτυχε εξαιτίας του ανταγωνισμού μεταξύ των δυο συστημάτων με αποτέλεσμα την διακοπή του εγχειρήματος το 1982. Παρόλα αυτά η ιδέα συνεχίστηκε από μια ευρύτερη ομάδα Ευρωπαϊκών χωρών, βάζοντας τα θεμέλια για το GSM, του οποίου η εδραίωση ήταν αποτέλεσμα διεθνούς συνεργασίας.

Η Ελλάδα ήταν η μόνη ευρωπαϊκή χώρα η οποία δεν είχε κανένα αναλογικό κυψελωτό σύστημα. Παρόλα αυτά στον τομέα των κινητών τηλεπικοινωνιών η κατάργηση του μονοπωλίου (είσοδος νέων παρόχων στην αγορά) επήλθε πολύ

γρηγορότερα από αυτόν των σταθερών τηλεπικοινωνιών. Ήταν η πρώτη χώρα που η απονομή των αδειών έγινε με τη διαδικασία του πλειστηριασμού σφραγισμένου φακέλου (sealed bid auction). Οι εταιρίες Panafon και STET Hellas πήραν άδειες για δίκτυο GSM το 1992. Η μονοπωλιακή εταιρεία σταθερής τηλεφωνίας δεν πήρε άδεια, καθώς αποκλείστηκε από τον πλειστηριασμό. Αυτό αποτελεί εξαίρεση, καθώς οι χώρες της ανατολικής Ευρώπης έδιναν τυπικά άδειες στους παρόχους σταθερής τηλεφωνίας. Οι όροι των αδειών (για τις οποίες η κάθε εταιρία πλήρωσε \$160 εκατομμύρια) [3], περιλάμβαναν αποκλειστική περίοδο για όλες τις ραδιοσυχνότητες, συμπεριλαμβανομένου και των υπηρεσιών του GSM 1800, μέχρι το 2000. Εν τούτοις ο ΟΤΕ απέκτησε de facto πρόσβαση στις συχνότητες για τις υπηρεσίες του DCS 1800 το 1997 με προεδρικό διάταγμα χωρίς να συμμετάσχει σε κανένα είδος δημόσιου διαγωνισμού. Η Cosmote τελικά λανσάρισε τις υπηρεσίες της το Μάρτιο του 1998 και πέτυχε να μειώσει την διαφορά με τις άλλες εταιρίες GSM, καλύπτοντας το 99% του πληθυσμού. Είναι το πρώτο παράδειγμα όπου μια τρίτη είσοδος είναι ικανή να γίνει ο ηγέτης στην αγορά σε τόσο μικρό χρονικό διάστημα.

### 5.2.2 Η.Π.Α

Τα κυψελωτά συστήματα αναπτύχθηκαν αρχικά στην Αμερική και πρόκειται για μια αγορά όπου το κόστος ευημερίας από την καθυστέρηση των ρυθμιστικών αρχών είναι εμφανώς το μεγαλύτερο. Η καθυστέρηση των ρυθμιστικών αρχών συντέλεσε και στην υιοθέτηση υποδεέστερης τεχνολογίας. Ενώ στην Ευρώπη εισήχθη το GSM ως ένα πανευρωπαϊκό πρότυπο, στην Αμερική η επιλογή του συστήματος αφέθηκε στην αγορά. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα τρία διαφορετικά ψηφιακά συστήματα να εγκαθιδρυθούν στην αγορά, τα οποία ήταν αμοιβαία ασύμβατα μεταξύ τους. Οι ΗΠΑ ηγήθηκαν στην αγορά όσον αφορά τον αριθμό των συνδρομητών κατά την περίοδο της αναλογικής φάσης, αλλά την ξεπέρασε η Ευρώπη μόλις εμφανίστηκε η ψηφιακή τεχνολογία.

Η FCC (Federal Communications Commission, US) [4] αντί να εκχωρήσει εθνικές άδειες, διαίρεσε την χώρα σε 305 μητροπολιτικές περιοχές (Metropolitan Statistical Areas, MSA), οι οποίες καθορίζονταν από περιφέρειες αποτελούμενες τουλάχιστον από 100.000 κατοίκους. Για κάθε MSA δημιουργήθηκε δυοπώλιο για την παροχή υπηρεσιών κινητών επικοινωνιών. Με διαγωνισμό ομορφιάς (beauty contest) η μια άδεια θα δινόταν στον τοπικό παροχέα σταθερής τηλεφωνίας (wireline



licence) και η άλλη σε νέα εταιρία (new entrant) (non-wireline licence) και οι δύο έπρεπε να χρησιμοποιούν το AMPS. Οι ανταπόκριση στο κάλεσμα για τον πλειστηριασμό ήταν απροσδόκητα μεγάλη. Για κάθε non-wireline υπήρχαν από 6 έως 579 υποψήφιοι και έτσι η FCC έπρεπε να κάνει την επιλογή σε περισσότερα από ένα στάδια. Από το τρίτο στάδιο και μετά επειδή εξακολουθούσε να είναι μερδεμένη η κατάσταση, οι άδειες απονέμονταν κατόπιν λοταρίας. Τελικά μετά από τέσσερα χρόνια η FCC έδωσε τις άδειες για τις MSA. Μέχρι το τέλος του 2002 ο ρυθμός διείσδυσης των κινητών επικοινωνιών ήταν 49 συνδρομητές ανά 100 κατοίκους. Η FCC υποδεικνύει την πολιτική τιμολόγησης ως την κυριότερη αιτία του χαμηλού ρυθμού διείσδυσης των κινητών επικοινωνιών στις ΗΠΑ. Σήμερα πλέον μόνο στις ΗΠΑ και στον Καναδά έχουν την πολιτική τιμολόγησης RPP, κατά το οποίο ο κινητός συνδρομητής πληρώνει για οποιαδήποτε εισερχόμενη κλήση, με ή χωρίς περιαγωγή. Στην τιμολόγηση επίσης οφείλεται και το γεγονός ότι αυτές οι χώρες έχουν τα μικρότερα ποσοστά σε συνδρομητές καρτοκινητής (κάρτες προπληρωμένου χρόνου) τηλεφωνίας.

### **5.3 Τάσεις στη διαφοροποίηση προϊόντος και στην τιμολόγηση**

Ο αυξανόμενος ρυθμός των χρηστών κινητής τηλεφωνίας αντανακλά μερικές τυπικές τάσεις στην τιμολόγηση των υπηρεσιών (pricing), η οποία σχετίζεται με την δομή της αγοράς. Νέες εισοδοί χρηστών και εταιριών και η αύξηση του ανταγωνισμού έχουν ως αποτέλεσμα την εύρεση νέων ευπροσάρμοστων ταριφών, που έχουν να κάνουν κυρίως με διάκριση των χρηστών σε διάφορες κατηγορίες, παρά με μείωση τιμών.

Στις αρχές του 1990 [4] οι πάροχοι δικτύων κινητής τηλεφωνίας άρχισαν να απευθύνονται σε νέους τύπους χρηστών (επαγγελματίες, πωλητές) με ένα ευρύ σύνολο από πακέτα ταριφών. Οι περισσότερες αγορές ήταν δυοπώλια (duopoly) και η ζήτηση συνεχώς αυξανόταν, άρα δεν υπήρχε μεγάλο κίνητρο για τους κατόχους δικτύων κινητής τηλεφωνίας για μείωση των τιμών. Οι εισοδοί νέων ανταγωνιστών ανάγκασε τις εταιρίες που κατείχαν μέχρι τότε την αγορά να ανταποκριθούν καλύτερα και η ανάπτυξη προχώρησε περισσότερο με διαφοροποίηση προϊόντος. Από το '90 και μετά οι υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας έγιναν διαθέσιμες στη μαζική αγορά και θεωρήθηκαν εμπορικά αγαθά. Σε αυτό το στάδιο η πιο σημαντική καινοτομία στις

ταρίφες ήταν τα προπληρωμένα μοντέλα (pre-paid schemes), τα οποία διέθεταν προς πώληση blocks χρόνου ραδιοζεύξης (airtime) πριν από την χρήση. Οι προπληρωμένες υπηρεσίες έγιναν το πιο βασικό προϊόν του συνόλου των συνδρομητών των περισσότερων παρόχων κινητής τηλεφωνίας, ιδιαίτερα στην Ευρώπη. Η ελκυστικότητα των προπληρωμένων σχημάτων οφείλεται σε διάφορους παράγοντες, όπως το ότι δίνουν τη δυνατότητα στον συνδρομητή να ελέγξει τα έξοδα, τα κόστη για το μηχανισμό της χρέωσης (billing) είναι μικρότερα για τους παρόχους και περιορίζονται οι κίνδυνοι για τυχόν απάτες και κακές χρεώσεις [4].

Στην πλειονότητα τους οι χώρες έχουν υιοθετήσει συστήματα όπου το άτομο που ξεκινά μια κλήση επιβαρύνεται εξ ολοκλήρου τα έξοδα της κλήσης. Αυτό αναφέρεται ως “the calling party pays” (CPP), “ο καλών πληρώνει”. Υπάρχουν λίγες αλλά σημαντικές εξαιρέσεις όπως στις Η.Π.Α και στον Καναδά, όπου το άτομο που λαμβάνει την κλήση συνεισφέρει άμεσα στο κόστος μιας κλήσης. Αυτό το καθεστώς λέγεται και “the receiving party pays” (RPP). Με αυτό το σύστημα οι καταναλωτές είναι πιο πρόθυμοι να γίνουν συνδρομητές για υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας, επειδή δεν ελέγχουν τα έξοδα τους.

Η βιομηχανία κινητών επικοινωνιών παρουσιάζει ενδιαφέρουσα ιστορία αναφορικά με την εφαρμογή διαφόρων σχημάτων χρέωσης, τα οποία εξαρτώνται κυρίως από το πόσο σκληρός είναι ο ανταγωνισμός, από την καινοτομία των προϊόντων και την συμπεριφορά των καταναλωτών. Οι εταιρίες από κοινού σχεδίασαν μοντέλα χρέωσης για υπηρεσίες όπως σύνδεση και μηνιαίο πάγιο. Τα σχήματα αυτά είχαν ευρεία εφαρμογή στον τομέα των κινητών επικοινωνιών, παρά στον τομέα των ενσύρματων επικοινωνιών. Ο ανταγωνισμός δημιούργησε την ανάγκη διαφοροποίησης της μιας εταιρίας από την άλλη, για να πάρουν κομμάτι της αγοράς και να αποκτήσουν νέους πελάτες. Η εξέλιξη της κινητής βιομηχανίας είναι μια ενδιαφέρουσα απεικόνιση των δυνάμεων του ανταγωνισμού στην διαμόρφωση τιμολογιακών συμπεριφορών.

Στα τέλη του '90 ο αριθμός των εταιριών αυξήθηκε στην αγορά και οι τιμές μειώθηκαν, δηλαδή οι υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας έγιναν προσιτές στο ευρύ κοινό. Δημιουργούνταν όλο και περισσότερα πλάνα τιμολόγησης, γινόταν εκτεταμένη χρήση επιδοτούμενων συσκευών για το “κλείδωμα” των συνδρομητών σε μια εταιρία και την κύρια καινοτομία απετέλεσε η εισαγωγή των προπληρωμένων συνδρομών (pre-paid subscriptions). Οι προπληρωμένες συνδρομές ουσιαστικά συνέχισαν στα τρία στηρίγματα των τηλεπικοινωνιακών σχημάτων χρέωσης (σύνδεση, πάγιο και

χρήση), αλλά άλλαξε η έννοια τους. Η χρέωση για την σύνδεση ήταν η τιμή για την λήψη τηλεφωνικού αριθμού και κάρτας SIM. Το μηνιαίο πάγιο αντικαταστάθηκε από μια σταθερή τιμή (flat fee) για την επαναχρέωση ενός λογαριασμού. Αυτή η χρέωση δεν ήταν για μια σταθερή περίοδο αλλά μπορούσε να σχεδιαστεί θέτοντας ένα ανώτατο ποσό επαναχρέωσης και μια κατώτατη περίοδο επαναχρέωσης. Η χρέωση βάση της χρήσης ήταν τυπικά μεγαλύτερη από τις post-paid συνδρομές, αλλά οι χρήστες ελκύνονταν από την δυνατότητα που τους δινόταν να ελέγχουν τα έξοδα τους και από το γεγονός ότι μπορούσαν να λαμβάνουν κλήσεις ακόμα και μετά την λήξη των μονάδων τους.

### 5.3.1 Θέματα τιμολόγησης και διάρθρωση αγοράς

Στη βιομηχανία κινητών επικοινωνιών κυριαρχεί η θεωρία του ολιγοπωλίου (oligopoly theory), η οποία παρουσίασε μεγάλη πρόοδο, χάριν κυρίως της προσέγγισης των συναλλαγών ως παίγνια (game theoretic approach) [7]. Οι εταιρίες αποσκοπούσαν στην μείωση του ανταγωνισμού και των τιμών μέσω κατάλληλων επιλογών στην διαφοροποίηση προϊόντων. Η θεωρία του ολιγοπωλίου αποδείχθηκε ότι είναι ένα δύσκολο αντικείμενο, διότι τα σημεία ισορροπίας στα μοντέλα ολιγοπωλίου είναι πολύ ευαίσθητα στις αλλαγές της συμπεριφοράς των εταιριών. Επιπλέον η βιομηχανία κινητών επικοινωνιών αποτελείται από διαφορετικά δίκτυα τα οποία ανταγωνίζονται για πελάτες. Έτσι οι αποφάσεις για την τιμολόγηση εξαρτώνται από την αλληλεπίδραση με τα άλλα δίκτυα και περιορίζονται από ρυθμιστικές (regulatory) αποφάσεις.

Οι θεωρητικές και οι πρακτικές βάσεις για την τιμολόγηση στις τηλεπικοινωνίες έχει αλλάξει σημαντικά κατά την τεχνολογική εξέλιξη της βιομηχανίας και της δομής της αγοράς. Μετά την πτώση του μονοπωλίου, η τιμολόγηση επηρεάστηκε έντονα από την εγκατάσταση μηχανισμών αντιστάθμισης για την αλληλοσύνδεση της κίνησης μεταξύ των δικτύων. Σε αντίθεση με τις άλλες βιομηχανίες δικτύων, η βιομηχανία κινητών επικοινωνιών είναι λιγότερο υποκείμενη σε συγκεκριμένους περιορισμούς τιμολόγησης, καθώς ο ανταγωνισμός (facility-based network) είναι αρκετός για να περιορίσει τις τιμές λιανικής πώλησης. Η θεωρία του ολιγοπωλίου διατυπώνει ότι η διαφοροποίηση προϊόντων μειώνει τις βλέψεις για υποκατάσταση των προϊόντων από τους καταναλωτές και βοηθάει τις εταιρίες να χαλαρώσουν την ανάγκη για ανταγωνισμό τιμών.

Υπάρχουν δύο τύποι προϊόντων: τα ομογενή και τα ετερογενή προϊόντα. Ομογενή χαρακτηρίζονται τα προϊόντα τα οποία οι εταιρίες δεν διαχωρίζουν σημαντικά από τα προϊόντα που παρέχουν οι ανταγωνιστικές εταιρίες. Η μόνη διακριτική διαφορά είναι η τιμή. Ο καταναλωτής θα αγοράσει το προϊόν με το χαμηλότερο για αυτόν κόστος. Εάν επικρατεί ισορροπία στην αγορά, όλα τα προϊόντα θα πωλούνται στην ίδια τιμή. Με βάση το μοντέλο Bertrand, η τιμή πώλησης θα ισούται με το οριακό κόστος και το κέρδος θα είναι ίσο με μηδέν. Με βάση το μοντέλο Cournot, η τιμή είναι μεγαλύτερη από τα οριακά κέρδη, με τα κέρδη να φθίνουν ανάλογα με τον αριθμό των εταιριών που βρίσκονται στην αγορά. Τα προϊόντα που μπορεί να είναι όμοια, αλλά διαχωρίζονται από την θέση τους στο χώρο προϊόντων λέγονται *οριζόντια διαφοροποιημένα προϊόντα*.

Με την κάθετη διαφοροποίηση, τα προϊόντα διαφέρουν ως προς την ποιότητα (ετερογενή προϊόντα). Το ευδιάκριτο χαρακτηριστικό είναι ότι όλοι οι καταναλωτές προτιμούν την υψηλότερη ποιότητα, στην χαμηλότερη τιμή. Θεωρούμε ότι οι καταναλωτές χωρίζονται σε διαφορετικούς τύπους ανάλογα με το εισόδημα και την πρόθεση τους να πληρώσουν (willingness to pay-WTP) για την ποιότητα, η οποία καθορίζεται από το εισόδημά τους.

### 5.3.2 Στρατηγικές διαφοροποίησης προϊόντος στις κινητές τηλεπικοινωνίες

Κατά την περίοδο της αναλογικής φάσης, η παροχή υπηρεσιών κινητής επικοινωνίας γινόταν κυρίως από μονοπώλια. Με την απουσία της πίεσης του ανταγωνισμού δεν υπήρχαν κίνητρα για διαφοροποίηση προϊόντων. Με την είσοδο στην ψηφιακή φάση, αναπτύχθηκαν στρατηγικές διαφοροποίησης προϊόντων σε διάφορες κατευθύνσεις. Οι κυριότερες από αυτές είναι:

#### 1. Κάλυψη

Το κύριο και σημαντικότερο χαρακτηριστικό ενός κινητού τηλεπικοινωνιακού δικτύου είναι η κάλυψή του. Όσες περισσότερες κυψέλες διαθέτει, τόσο επεκτείνεται το δίκτυο με αποτέλεσμα την αύξηση της χωρητικότητας και της αποδοτικότητας του δικτύου, καλύτερη διαχείριση της κινητικότητας του χρήστη και αύξηση του αριθμού των συνδρομητών. Η κάλυψη ενός δικτύου είναι μια παράμετρος για κάθετη διαφοροποίηση ποιότητας του προϊόντος. Αυτό ισχύει εφόσον ο συνδρομητής είναι αρκετά “κινητός”, διότι διαφορετικά, εάν κινείται σε μια μικρή συγκεκριμένη περιοχή, η οποία καλύπτεται από όλα τα δίκτυα, δεν θα ενδιαφερθεί για την κάλυψη,

αλλά μόνο για την τιμή που πρέπει να πληρώσει. Για αυτού του τύπου καταναλωτές, τα δίκτυα παρέχουν ομογενείς υπηρεσίες. Η βιομηχανία των κινητών επικοινωνιών περιγράφεται καλύτερα ως ολιγοπώλιο, καθώς δεν μπορούν πολλά δίκτυα εταιριών να καλύπτουν μια ολόκληρη χώρα. Στην πράξη στην Ευρώπη όλες οι εταιρίες τείνουν να παρέχουν πλήρη εθνική κάλυψη, επομένως το πεδίο για διαφοροποίηση προϊόντων ως προς την κάλυψη είναι περιορισμένο. Σε άλλες χώρες όπως οι ΗΠΑ, όπου δεν έχει δοθεί καμία εθνική άδεια σε καμία εταιρία, οι μεγαλύτερες εταιρίες παρέχουν περίπου ίδιου βαθμού κάλυψη.

### 2. *Pre-paid card - Προπληρωμένες κάρτες*

Η εισαγωγή των προπληρωμένων συνδρομών ήταν κύρια καινοτομία στον τομέα των κινητών τηλεπικοινωνιών. Η ιδέα είναι ότι ο συνδρομητής πληρώνει εκ των προτέρων αγοράζοντας μονάδες για μια συγκεκριμένη κίνηση, οι οποίες πρέπει να καταναλωθούν σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Δεν χρειάζεται με αυτό τον τρόπο ο χρήστης του δικτύου να πληρώνει μηνιαίο πάγιο. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα των καρτών αυτών είναι ότι ο συνδρομητής έχει τον πλήρη έλεγχο στο κόστος. Οι πρώτες κάρτες εμφανίστηκαν στην Γερμανία και την Ελβετία το 1995. Το 2003 στην Ευρώπη πάνω από τα 2/3 των συνδρομητών κινητής τηλεφωνίας ήταν χρήστες προπληρωμένων καρτών, ενώ στην Αμερική μόνο το 5% των συνδρομητών χρησιμοποιούν κάρτες, λόγω του καθεστώτος RPP που έχουν.

### 3. *Κλείδωμα καταναλωτών (Customer lock-in)*

Ένα τυπικό κλείδωμα πελάτη είναι η χρήση διαφορετικών τεχνολογικών προτύπων από αυτά των ανταγωνιστικών εταιριών. Ένας άλλος τρόπος είναι τα συμβόλαια. Για παράδειγμα οι εταιρίες συχνά χρησιμοποιούν την επιχορήγηση κινητών συσκευών, ζητώντας μια ελάχιστη περίοδο συνδρομής. Επίσης ο τηλεφωνικός αριθμός ήταν άλλος ένας τρόπος για να κλειδώνουν τους πελάτες. Πλέον σήμερα δεν υπάρχει αυτός ο περιορισμός.

## **5.4 Κυριότεροι Τύποι Τιμολόγησης**

Ο ρόλος της τιμολόγησης στα σύγχρονα δίκτυα είναι πολύ σημαντικός, γιατί η μορφή και το περιεχόμενο της καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την βιωσιμότητα μιας εταιρίας, αλλά και την αποδοτικότητα του δικτύου. Παρακάτω θα αναφέρουμε

βασικούς τύπους χρέωσης που έχουν προταθεί και κάποιοι από αυτούς χρησιμοποιούνται ευρέως.

#### 5.4.1 Τιμολόγηση δυο μερών

Οι χρέωση των υπηρεσιών στα δίκτυα επικοινωνιών μπορεί να συνίσταται από δύο μέρη, την χρέωση συνδρομής (subscription charge) ή χρέωση πρόσβασης (access charge) [7] και την χρέωση χρήσης. Ανάλογα με την υπηρεσία που τιμολογείται, μπορεί να υπάρξει και μια τρίτη χρέωση στην ταρίφα, η χρέωση περιεχομένου (content charge). Αυτές οι τιμολογήσεις ονομάζονται τιμολογήσεις δύο μερών (two part tariff).

Η χρέωση συνδρομής είναι σύνηθες κομμάτι της συνολικής χρέωσης που εφαρμόζεται στα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα και κατά κόρον στα δίκτυα κινητών επικοινωνιών. Η μορφή αυτής της χρέωσης μπορεί να είναι εφάπαξ (που καταβάλλεται μια μόνο φορά αρχικά) ή παγίου, που πληρώνεται δηλαδή περιοδικά. Η χρέωση χρήσης γίνεται ανά χρήση της υπηρεσίας και έχει σχέση με ποσά που αντανακλούν το μέγεθος της χρήσης που πραγματοποιεί ο χρήστης στην υπηρεσία. Το μέγεθος της χρήσης μπορεί για παράδειγμα να εκφράζεται από τους πόρους του δικτύου που καταναλώνει ο χρήστης, από το μέγεθος της συμφόρηση που εισάγει στο δίκτυο ή από την διάρκεια ζωής μιας σύνδεσης (π.χ. πλοήγηση στο Web).

Ο πάροχος ενός δικτύου τηλεπικοινωνιών μπορεί να επιβάλλει χρέωση για το περιεχόμενο της μεταφερομένης πληροφορίας. Μια περίπτωση τέτοιου είδους χρέωσης μπορεί να είναι η υπηρεσία βίντεο κατ' απαίτηση (video on demand), που η χρέωση αυτή εφαρμόζεται την συγκεκριμένη ταινία που μεταδίδεται στο δίκτυο. Συχνά αυτές οι χρεώσεις ενσωματώνονται στις χρεώσεις χρήσης, έτσι ώστε να μην είναι ευδιάκριτες από την πλευρά του χρήστη.

#### 5.4.2 Χρέωση επίπεδου ρυθμού

Η χρέωση επίπεδου ρυθμού (flat rate charging) είναι η απλούστερη πολιτική χρέωσης που υπάρχει και έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως στην τιμολόγηση για πλοήγηση στο διαδίκτυο. Στην χρέωση αυτή δεν λαμβάνεται υπόψη το μέγεθος της πραγματοποιούμενης χρήσης στην υπηρεσία, δηλαδή στους πόρους που χρησιμοποιεί ο χρήστης, αλλά χρεώνεται μια σταθερή τιμή ανά κάποιο συγκεκριμένο χρονικό

διάστημα. Η σταθερή αυτή χρέωση καταβάλλεται συνήθως με μορφή παγίου περιοδικά. Η χρέωση αυτή είναι πολύ απλή και κατανοητή στον χρήστη και δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να προβλέπει την χρέωση του σε σχέση με τη χρήση. Το μειονέκτημα όμως της χρέωσης επίπεδου ρυθμού, είναι ότι σε μία τέτοια πολιτική η χρέωση δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον πάροχο του δικτύου ως μηχανισμός ελέγχου και αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι χρήστες να κάνουν χρήση του δικτύου, χωρίς απαραίτητα να το χρειάζονται και αυτό υποβαθμίζει την συνολική απόδοση της λειτουργίας του δικτύου.

### 5.4.3 Μη γραμμική τιμολόγηση

Η μη γραμμική τιμολόγηση (Nonlinear tariffs) βασίζεται στην αρχή ότι διαφορετικές μονάδες ομογενών προϊόντων πωλούνται σε διαφορετικές τιμές. Η τιμή ανά μονάδα εξαρτάται από την ποσότητα που αγοράζεται. Ένας λόγος για την διαφορετική τιμολόγηση κάθε μονάδας προϊόντος, είναι ότι η ζήτηση κυμαίνεται. Εφόσον οι τιμές διαφέρουν από το οριακό κόστος, σημαίνει ότι υπάρχει κάποια μονοπωλιακή δύναμη. Όσο συντομότερα η ετερογένεια μεταξύ των καταναλωτών γίνει εντονότερη, οι ελαστικότητες<sup>6</sup> της τιμής θα διαφέρουν για κάθε μονάδα ποσότητας. Τότε οι τιμολογήσεις που αλλάζουν συνεχώς με την ποσότητα που αγοράζεται είναι βέλτιστες. Όταν η κατανομή των τύπων των καταναλωτών είναι άγνωστη ή όταν είναι αθέμιτο να προσφέρονται διαφορετικά σχήματα τιμολόγησης στα διαφορετικά κομμάτια μιας αγοράς, η λύση είναι να προταθεί ένας πίνακας επιλογών επιτρέποντας στον πελάτη να επιλέξει ο ίδιος την καλύτερη προσφορά. Αυτή είναι η βάση της δεύτερης τάξης διάκρισης τιμής (second degree discrimination).

Οι υπολογισμοί για την ζήτηση τηλεπικοινωνιών δείχνουν ότι η ανεξήγητη διακύμανση είναι πολύ μεγάλη και μπορεί να μειωθεί μόνο με καλύτερη μοντελοποίηση της ετερογένειας. Στην πράξη, η μη γραμμική τιμολόγηση παίρνει την μορφή πολλαπλών τιμολογήσεων ή μιας λίστας με επιλογή τιμολόγησης δυο μερών (two-part tariffs), η οποία προσεγγίζει μια ομαλή συσχέτιση συνδέοντας το σύνολο χρέωσης από τον πελάτη με την ποσότητα που αγόρασε. Οι μη γραμμικές τιμολογήσεις μπορούν να αναλυθούν μόνο αν είναι γνωστές οι καμπύλες ζήτησης. Ο

---

<sup>6</sup> Η ελαστικότητα τιμής ζήτησης δείχνει την ευαισθησία στην αλλαγή της ζητούμενης ποσότητας ενός προϊόντος στις αλλαγές τις τιμής.

λόγος που απαιτείται αυτό είναι διότι η τιμή εξαρτάται από την ποσότητα που αγοράστηκε από τον συγκεκριμένο καταναλωτή. Εφόσον είναι εξαιρετικά δύσκολο για κάποιον προμηθευτή να γνωρίζει τις καμπύλες ζήτησης όλων των πελατών και οι υπολογισμοί για μια βέλτιστη μη γραμμική τιμή γίνονται εξαιρετικά πολύπλοκοι, πρέπει να γίνουν κάποιες υποθέσεις και νέοι τύποι αθροιστικών διαδικασιών πρέπει να επινοηθούν.

#### 5.4.4 Τιμολόγηση βασισμένη στο κόστος (Cost-based pricing)

Με τις τιμές που θέτει μια εταιρία πρέπει να είναι επικερδής ή τουλάχιστον να καλύπτει το κόστος της. Η τιμολόγηση βασισμένη στο κόστος επικεντρώνεται σε αυτό. Μια σημαντική δυσκολία στον καθορισμό τιμών βάση κόστους είναι ότι οι τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες παρέχονται μαζικά. Ένα μεγάλο μέρος των συνολικών δαπανών είναι κοινά κόστη, τα οποία είναι δύσκολο να τα διαμοιράσουμε αναλόγως μεταξύ των διαφόρων υπηρεσιών. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για να γίνει κάτι τέτοιο. Μια απαραίτητη συνθήκη που πρέπει να τηρείται είναι η δικαιοσύνη στην τιμολόγηση. Πρέπει να διασφαλιστεί ότι κανένας συνδρομητής δεν θα χρεώνεται το κόστος για υπηρεσίες που παρέχονται σε άλλους συνδρομητές.

Πολλές μέθοδοι έχουν προταθεί για τον προσδιορισμό του κόστους των υπηρεσιών. Οι περισσότερες από αυτές ακολουθούν διέπονται από δικαιοσύνη και σταθερότητα και διαφέρουν σε λεπτομέρειες ως προς το πώς ορίζουν και πώς διαχωρίζουν τα κόστη μεταξύ των υπηρεσιών [4].



## 6. Μοντέλο χρέωσης

### 6.1 Ανάγκη για νέα σχήματα χρέωσης

Το Σεπτέμβριο του 2007 παρουσιάστηκε μια μελέτη για τις κινητές υπηρεσίες δεδομένων, σκοπός της οποίας είναι η ανάδειξη της καταναλωτικής συμπεριφοράς των χρηστών κινητών υπηρεσιών δεδομένων (mobile data services) στην Ελλάδα για τα έτη 2006 και 2007. Για το σκοπό αυτό διεξήχθη συγκριτική ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν για τα έτη 2006 και 2007 κατά την παγκόσμια έρευνα για τις κινητές υπηρεσίες δεδομένων [9].

Η έρευνα αυτή πραγματοποιείται κάθε χρόνο με βασικό στόχο τη συστηματική μελέτη της καταναλωτικής συμπεριφοράς των χρηστών Κινητών Υπηρεσιών Δεδομένων σε παγκόσμια κλίμακα. Πιο συγκεκριμένα, η έρευνα αποσκοπεί τόσο στην καταγραφή των παγκόσμιων τάσεων σε ότι αφορά την αποδοχή και χρήση κινητών υπηρεσιών δεδομένων από την πλευρά των χρηστών κινητών δικτύων επικοινωνίας, όσο και στη σύγκριση στοιχείων από διαφορετικές αγορές (π.χ. Ευρώπη - Ασία) ώστε να εντοπιστούν οι παράγοντες που διευκολύνουν ή αποτρέπουν την υιοθέτηση προηγμένων κινητών υπηρεσιών.

Η Ελλάδα (μέσω του Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών) συμμετέχει σε αυτή την έρευνα από το 2004 μαζί με τις εξής χώρες και οργανισμούς:

- ΗΠΑ (University of Southern California)
- Ιαπωνία (Toshiba Corporation, InfoCom Research, Inc και Electronic Commerce Promotion Council of Japan)
- Νότια Κορέα (Yonsei University)
- Χονγκ - Κονγκ (Hong Kong University of Science and Technology)
- Ταϊβάν (E-Commerce Resource Center, Institute for Information Industry)
- Αυστραλία (The University of Melbourne)

## **6.2 Χρήση Κινητών Υπηρεσιών Δεδομένων**

Με τον όρο Κινητές Υπηρεσίες Δεδομένων (ΚΥΔ) εννοούμε υπηρεσίες που είναι προσβάσιμες είτε μέσω εξειδικευμένων μενού υπηρεσιών (Vodafone live, TIM Imagine, Cosmote i-mode) είτε μέσω WAP. Οι κινητές υπηρεσίες δεδομένων που είναι διαθέσιμες στους Έλληνες χρήστες κινητής τηλεφωνίας περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων:

- ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (mobile e-mail),
- υπηρεσίες που υλοποιούνται με χρήση SMS/MMS (όπως είναι η ψηφοφορία μέσω SMS για μια τηλεοπτική εκπομπή ή η αποστολή SMS για πρόσβαση σε υπηρεσία ή η λήψη της πρόγνωσης του καιρού μέσω MMS),
- δυνατότητα λήψης (downloading) αρχείων, υπηρεσίες ενημέρωσης (όπως καιρός και χρηματιστήριο), ηλεκτρονικές συναλλαγές (όπως κράτηση και αγορά εισιτηρίων).

Η απλή επικοινωνία μέσω σύντομων γραπτών μηνυμάτων (SMS) ή πολυμεσικών μηνυμάτων (MMS) μεταξύ των χρηστών καθώς και η χρήση συσκευών, όπως είναι οι φορητοί υπολογιστές (laptops), τα Tablet PCs και τα PDAs για σύνδεση σε συγκεκριμένα σημεία ασύρματης πρόσβασης μέσω τοπικών ασύρματων δικτύων (π.χ Bluetooth και Wireless LAN) δε θεωρούνται κινητές υπηρεσίες δεδομένων στα πλαίσια αυτής έρευνας.

## **6.3 Εμπόδια Χρήσης Κινητών Υπηρεσιών Δεδομένων**

Για την καλύτερη μελέτη της συμπεριφοράς των χρηστών κινητής τηλεφωνίας στη χώρα μας απέναντι στις ΚΥΔ, ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να δηλώσουν σημαντικά είναι γι' αυτούς μια σειρά εμποδίων ώστε να αποτυπωθούν παράγοντες που δρουν αποτρεπτικά για την χρήση των ΚΥΔ [9]. Στο Σχήμα 11 φαίνονται οι απαντήσεις ιεραρχημένες με βάση το πιο σημαντικό εμπόδιο (η κλίμακα που χρησιμοποιήθηκε ήταν 1-5 με το 1 να αντιστοιχεί στην εκτίμηση «Δεν είναι εμπόδιο» και το 5 να αντιστοιχεί στην εκτίμηση «Πολύ μεγάλο εμπόδιο»).

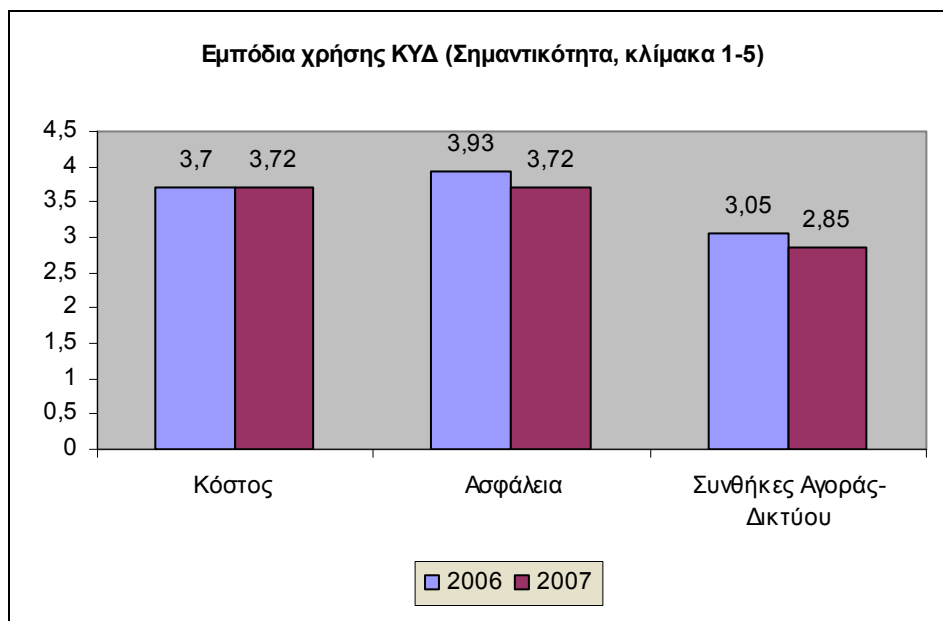
Αντίστοιχα τα εμπόδια χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

- *Κόστος*: περιέχει δείκτες που ερευνούν κατά πόσο τα οικονομικά μεγέθη επηρεάζουν αρνητικά τους χρήστες των κινητών υπηρεσιών δεδομένων. Οι

δείκτες αυτοί αφορούν το ισοζύγιο αξίας-κόστους των υπηρεσιών, το αρχικό κόστος και το κόστος χρήσης καθώς και την πολυπλοκότητα τιμολόγησης.

- *Ασφάλεια*: πραγματεύεται θέματα ασφάλειας και ιδιωτικότητας προσωπικών δεδομένων στη χρήση των κινητών υπηρεσιών δεδομένων.
- *Συνθήκες Αγοράς-Δικτύου*: περιέχει δείκτες που μελετούν τις συνθήκες που δυσχεραίνουν την χρήση των κινητών υπηρεσιών δεδομένων και σχετίζονται άμεσα με τις υποδομές (π.χ. ταχύτητα σύνδεσης και μεταφοράς δεδομένων, περιορισμένες υπολογιστικές δυνατότητες της κινητής συσκευής, ελλιπής γεωγραφική κάλυψη των δικτύων κινητής τηλεφωνίας κτλ.) και με τους παρόχους υπηρεσιών (π.χ. διαθεσιμότητα χρήσιμων ΚΥΔ, έλλειψη βοήθειας και υποστήριξης κατά τη χρήση, έλλειψη πληροφόρησης σχετικά με τις ΚΥΔ που διατίθενται στην αγορά κτλ.)

Παρατηρούμε ότι τα εμπόδια κόστος και ασφάλεια είναι αυτά που απασχολούν περισσότερο τους χρήστες των ΚΥΔ.



Σχήμα 11: Κατηγορίες εμποδίων χρήσης κινητών υπηρεσιών δεδομένων και ποσοστιαία διαφορά 2006 – 2007

Το υψηλό κόστος χρήσης, η πολύπλοκη τιμολόγηση καθώς και η μειωμένη παρεχόμενη αξία σε σχέση με το κόστος των ΚΥΔ παραμένουν τα σημαντικότερα εμπόδια κόστους, ενώ η ασφάλεια των υποδομών και η ιδιωτικότητα των προσωπικών δεδομένων αποτελούν τα εμπόδια σε θέματα ασφάλειας.

Το γεγονός ότι μεταξύ των δύο ετών δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στις κατηγορίες εμποδίων υποδηλώνει την θεμελιωμένη αντίληψη των ερωτηθέντων στους λόγους που τους αποτρέπουν να χρησιμοποιήσουν ΚΥΔ (Πίνακας 2).

<b>Τα 5 πιο σημαντικά εμπόδια στη χρήση κινητών υπηρεσιών δεδομένων</b>		
		Σημαντικότητα (κλίμακα 1-5)
2006	Υψηλό κόστος χρήσης	4,27
	Ασφάλεια	3,93
	Φόβος κακής χρήσης προσωπικών δεδομένων	3,92
	Αργή σύνδεση/ μεταφορά δεδομένων	3,71
	Πολύπλοκη τιμολόγηση	3,42
2007	Σχέση αξίας - κόστους παροχής υπηρεσιών	3,93
	Ασφάλεια	3,76
	Φόβος κακής χρήσης προσωπικών δεδομένων	3,76
	Πολύπλοκη τιμολόγηση	3,67
	Υψηλό κόστος χρήσης	3,46

**Πίνακας 2: Κύρια εμπόδια στη χρήση κινητών υπηρεσιών δεδομένων**

Αυτό οφείλεται κυρίως στην ύπαρξη ιδίων συνθηκών στην αγορά, στο γεγονός ότι η τιμολόγηση των ΚΥΔ και οι υποδομές παραμένουν ως έχουν, ενώ πιθανώς να οφείλεται και στο γεγονός ότι οι ερωτηθέντες στερούνται κατάλληλης πληροφόρησης στα συγκεκριμένα θέματα (λόγω έλλειψη ενημέρωσης από πλευρά των εταιρειών καθώς και λόγω του μεγάλου ποσοστού μη χρήσης και σπάνιας χρήσης ΚΥΔ). Επίσης, η αποτίμηση των ωφελειών σε σχέση με το κόστος των ΚΥΔ από τους χρήστες έχει ως αποτέλεσμα την αντίληψη ότι οι ΚΥΔ έχουν μειωμένη αξία γεγονός το οποίο αναδεικνύεται ως το σημαντικότερο εμπόδιο στη χρήση τους.

Τα βασικά συμπεράσματα τις έρευνας είναι τα εξής [9]:

- Περίπου 1 στους 5 Έλληνες δεν έχει χρησιμοποιήσει ποτέ καμία υπηρεσία δεδομένων στο κινητό του.
- Από αυτούς που έχουν χρησιμοποιήσει κάποια υπηρεσία δεδομένων, η συντριπτική πλειοψηφία είναι περιστασιακοί χρήστες (δηλαδή χρησιμοποιούν τέτοιες υπηρεσίες σπάνια έως σχεδόν ποτέ).
- Οι υπηρεσίες επικοινωνίας (π.χ. MMS, mobile chat, mobile e-mail) χρησιμοποιούνται σχετικά συχνότερα και η χρήση τους παρουσιάζει αυξητική τάση.

- Οι υπηρεσίες ενημέρωσης (π.χ. πληροφορίες καταλόγου, ειδήσεις, κ.ά), ψυχαγωγίας (π.χ. μουσική, παιχνίδια, logos/ringrtones) και συναλλαγών (π.χ. τραπεζικές υπηρεσίες, κρατήσεις εισιτηρίων, κ.ά.) ακολουθούν, με τις δυο τελευταίες κατηγορίες να παρουσιάζουν στασιμότητα ή μικρή μείωση από το 2006.
- Τα κύρια εμπόδια χρήσης είναι η σχέση κόστους/αξίας (πόσο ακριβές θεωρούνται οι υπηρεσίες σε σχέση με το όφελος που αντιλαμβάνεται ο χρήστης τους), η ασφάλεια και ο φόβος κακόβουλης χρήσης προσωπικών δεδομένων, η πολύπλοκη τιμολόγηση (πόσο εύκολο είναι για το χρήστη να καταλάβει το συνολικό ύψος της χρέωσης ανάλογα με τη χρήση που κάνει) και το υψηλό κόστος χρήσης (σαν απόλυτο μέγεθος ή σε σχέση με το κόστος βασικών υπηρεσιών, όπως οι τηλεφωνικές κλήσεις και τα γραπτά μηνύματα).

Εν κατακλείδι, το κόστος και ο τρόπος χρέωσης, δηλαδή η τιμολόγηση των υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας συνιστούν δυο σημαντικούς παράγοντες για την καθυστερημένη και την σχετικά μικρή χρήση των υπηρεσιών τρίτης γενιάς στην ελληνική αγορά. Οι χρεώσεις που υπάρχουν σήμερα αντί να αποτελούν κίνητρο και να προωθούν τους συνδρομητές προς τη χρήση των 3G υπηρεσιών, λειτουργούν ανασταλτικά και αποτρεπτικά, με αποτέλεσμα τα χαμηλά ποσοστά διείσδυσης των νέων υπηρεσιών τρίτης γενιάς στους Έλληνες συνδρομητές. Φαίνεται ότι τα υπάρχοντα σχήματα χρέωσης είναι ανεπαρκή και αναποτελεσματικά και κατ' επέκταση συμπεραίνουμε πως διαφαίνεται η ανάγκη για νέα σχήματα χρέωσης, τα οποία αφενός θα δίνουν κίνητρα στο συνδρομητή να κάνει χρήση των υπηρεσιών 3G και αφετέρου θα είναι λιγότερο πολύπλοκα και πιο κατανοητά στους χρήστες.

#### **6.4 Νέο σχήμα χρέωσης**

Στην ενότητα αυτή διατυπώνουμε ένα πρόβλημα μεγιστοποίησης κέρδους μιας εταιρίας κινητής τηλεφωνίας, η οποία είναι ο μοναδικός πάροχος υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας στην αγορά (μονοπώλιο). Στο σχήμα χρέωσης που θα αναπτύξουμε θεωρούμε ότι η εταιρία κινητής τηλεφωνίας παρέχει δύο πακέτα υπηρεσιών: το πρώτο πακέτο περιλαμβάνει τις απλές υπηρεσίες (φωνής, SMS) και το

ονομάζουμε οικονομικό πακέτο, ενώ το δεύτερο περιλαμβάνει και απλές και υπηρεσίες τρίτης γενιάς (MMS, video-call, internet, κ.α.) και το ονομάζουμε αναβαθμισμένο πακέτο.

Αρχικά θεωρούμε ότι οι πιθανοί πελάτες επιθυμούν και τα δύο πακέτα, αλλά τελικά θα επιλέξουν το ένα από τα δύο ανάλογα με τις τιμές που θα καθοριστούν από την εταιρία για τα πακέτα αυτά. Αυτό σημαίνει ότι η συνάρτηση ζήτησης που αντιμετωπίζει η εταιρία για το καθένα πακέτο χωριστά εξαρτάται όχι μόνο από την τιμή που είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν οι πελάτες για το συγκεκριμένο πακέτο, αλλά και από την τιμή που θα πουλήσει το άλλο πακέτο η εταιρία.

Αν συμβολίσουμε με  $q_1$  την συνάρτηση ζήτησης της αγοράς για το οικονομικό πακέτο και  $q_2$  την συνάρτηση ζήτησης της αγοράς για το αναβαθμισμένο πακέτο, τότε σύμφωνα με τα παραπάνω, τα  $q_1$  και  $q_2$  είναι συναρτήσεις των τιμών  $p_1$  και  $p_2$  των οικονομικών πακέτων και των αναβαθμισμένων πακέτων αντίστοιχα. Δηλαδή,  $q_1(p_1, p_2)$  είναι η ζητούμενη ποσότητα (πλήθος οικονομικών πακέτων) όταν οι τιμές που καθορίστηκαν από την εταιρία είναι  $p_1$  και  $p_2$  για τους δύο τύπους πακέτων.

Παρατηρούμε ότι αν αλλάξει η τιμή σε ένα από τα δύο πακέτα, υπάρχει μεταβολή στη ζήτηση του πακέτου, η οποία επηρεάζει και την ζήτηση του άλλου πακέτου και κατ' επέκταση και την τιμή του. Εάν αυξηθεί για παράδειγμα η τιμή του αναβαθμισμένου πακέτου, λιγότεροι πελάτες θα το επιλέξουν επομένως θα μειωθεί η ζήτηση του, δηλαδή το πλήθος των πακέτων που θα διατεθούν, ενώ θα αυξηθεί το πλήθος των οικονομικών πακέτων εφόσον η ζήτηση γι' αυτό θα είναι μεγαλύτερη, με αποτέλεσμα η τιμή τους να υποστεί μείωση.

#### 6.4.1 Ορισμός προβλήματος

Θεωρούμε ότι υπάρχουν  $N_1$  οικονομικά πακέτα και  $N_2$  αναβαθμισμένα πακέτα προς διάθεση και ότι η ζήτηση και για τους δύο τύπους πακέτων είναι αρκετά μεγάλη, ώστε τελικά να πουληθούν όλα τα πακέτα. Παίρνοντας υπόψη τον τρόπο που ορίσαμε τη ζήτηση για τους δυο τύπους πακέτων, όταν μεταβάλλονται οι τιμές θα πρέπει μεταβάλλεται και το πλήθος των δυο πακέτων που τελικά πουλήθηκαν.

Για να μπορέσουμε να εκφράσουμε αυτή την ευελιξία στις τιμές των  $N_1$  και  $N_2$  θεωρούμε ότι υπάρχει συσχέτιση ανάμεσα στον αριθμό των οικονομικών πακέτων με τον αριθμό των αναβαθμισμένων πακέτων (π.χ. ένα αναβαθμισμένο πακέτο θα μπορούσε να αντιστοιχεί σε δύο οικονομικά πακέτα). Αυτό συμβαίνει διότι οι πόροι

που χρησιμοποιούνται για τη διάθεση της μιας υπηρεσίας, μπορούν να αντιστοιχηθούν (ποσοτικά) με τους πόρους που χρησιμοποιούμε για την άλλη υπηρεσία. Ας συμβολίσουμε με  $k$  την συσχέτιση των  $N_1$  και  $N_2$ , δηλαδή ένα αναβαθμισμένο πακέτο αντιστοιχεί σε  $k$  οικονομικά πακέτα. Επομένως μπορούμε να μιλάμε για έναν ενιαίο αριθμό στοιχειωδών πακέτων  $N = N_1 + k N_2$ . Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να επιτρέψουμε την μεταβολή των  $N_1$  και  $N_2$  δεδομένου ότι έχουμε σταθερό αριθμό στοιχειωδών πακέτων  $N$ .

Θέτουμε περαιτέρω ως  $c_1$  και  $c_2$  τα κόστη με τα οποία επιβαρύνεται η εταιρία για την παροχή ενός οικονομικού και ενός αναβαθμισμένου πακέτου αντίστοιχα. Με βάση τα παραπάνω διατυπώνουμε το εξής πρόβλημα: *ποιες τιμές πρέπει να δοθούν στα δύο πακέτα υπηρεσιών, ώστε να μεγιστοποιηθεί το κέρδος της εταιρίας κινητών επικοινωνιών*; Η συνάρτηση κέρδους της εταιρίας δίνεται από τον τύπο:

$$\Pi(p_1, p_2) = q_1(p_1, p_2)(p_1 - c_1) + q_2(p_1, p_2)(p_2 - c_2).$$

Η μαθηματική διατύπωση του προβλήματος είναι η εξής:

$$\max_{p_1, p_2} \Pi(p_1, p_2)$$

$$\text{έτσι ώστε } q_2(p_1, p_2) + kq_1(p_1, p_2) = N$$

Για την επίλυση του προβλήματος, θα χρησιμοποιήσουμε πολλαπλασιαστές Lagrange [18]. Η συνάρτηση Lagrange είναι:

$$L(\lambda, p_1, p_2) = \Pi(p_1, p_2) - \lambda [q_1(p_1, p_2) + kq_2(p_1, p_2) - N]$$

Για την μεγιστοποίηση αυτής της συνάρτησης παίρνουμε τις μερικές παραγώγους

$\frac{\partial L(\lambda, p_1, p_2)}{\partial p_i}$  και τις θέτουμε ίσες με το 0. Έτσι προκύπτουν οι παρακάτω εξισώσεις:

$$\frac{\partial L(\lambda, p_1, p_2)}{\partial p_1} = \frac{\partial q_1(p_1, p_2)}{\partial p_1} (p_1 - c_1) + q_1(p_1, p_2) - \lambda \left[ \frac{\partial (q_1(p_1, p_2) + kq_2(p_1, p_2) - N)}{\partial p_1} \right] = 0$$

$$\frac{\partial L(\lambda, p_1, p_2)}{\partial p_2} = \frac{\partial q_2(p_1, p_2)}{\partial p_2} (p_2 - c_2) + q_2(p_1, p_2) - \lambda \left[ \frac{\partial (q_1(p_1, p_2) + kq_2(p_1, p_2) - N)}{\partial p_2} \right] = 0$$

$$\frac{\partial L(\lambda, p_1, p_2)}{\partial \lambda} = q_1(p_1, p_2) + kq_2(p_1, p_2) - N = 0$$

Οι τιμές των  $p_1$  και  $p_2$  που θα προκύψουν, αποτελούν την βέλτιστη λύση του αρχικού μας προβλήματος [18].

#### 6.4.2 Παράδειγμα

Παραθέτουμε ένα παράδειγμα θεωρώντας γραμμικές συναρτήσεις ζήτησης. Έστω  $N=100$  ο συνολικός αριθμός στοιχειωδών πακέτων που μπορεί να δώσει η εταιρία,  $k = 2$  (δηλαδή ένα αναβαθμισμένο πακέτο αντιστοιχεί σε 2 οικονομικά) και  $c_1=4$  και  $c_2=6$  τα κόστη ανά πακέτο για την παροχή των δύο πακέτων. Θεωρούμε τις δύο καμπύλες ζήτησης  $q_1$  και  $q_2$  για το οικονομικό πακέτο και το πακέτο των αναβαθμισμένων υπηρεσιών αντίστοιχα ως εξής:

$$q_1(p_1, p_2) = 80 - 2p_1 + \frac{p_2}{4} \quad \text{και} \quad q_2(p_1, p_2) = 40 + \frac{p_1}{2} - \frac{p_2}{2}$$

Τα κέρδη της εταιρίας δίνονται από την:

$$\Pi(p_1, p_2) = q_1(p_1, p_2)(p_1 - c_1) + q_2(p_1, p_2)(p_2 - c_2)$$

Το πρόβλημα μεγιστοποίησης του κέρδους της εταιρίας θα είναι:

$$\max_{p_1, p_2} [q_1(p_1, p_2)(p_1 - c_1) + q_2(p_1, p_2)(p_2 - c_2)]$$

$$\text{έτσι ώστε} \quad q_1(p_1, p_2) + 2q_2(p_1, p_2) = N$$

Το  $\Pi(p_1, p_2)$  θα είναι:  $\Pi(p_1, p_2) = 85p_1 - 2p_1^2 + 42p_2 - \frac{p_2^2}{2} + \frac{3}{4}p_1p_2 - 560$

Με την βοήθεια των πολλαπλασιαστών Lagrange έχουμε:

$$\frac{\partial L(p_1, p_2, \lambda)}{\partial p_1} = 85 - 4p_1 + \frac{3}{4}p_2 - \lambda = 0 \quad (1.1)$$

$$\frac{\partial L(p_1, p_2, \lambda)}{\partial p_2} = 42 - p_2 + \frac{3}{4}p_1 - \frac{3}{4}\lambda = 0 \quad (1.2)$$

$$\frac{\partial L(\lambda, p_1, p_2)}{\partial \lambda} = p_1 + \frac{3}{4}p_2 - 60 = 0 \quad (1.3)$$



Λύνοντας το αυτό το σύστημα των εξισώσεων 1.3, 1.4 και 1.5, βρίσκουμε τις τιμές εκείνες που μεγιστοποιούν το κέρδος της εταιρίας και είναι οι εξής:

$$\boxed{p_1^* = 7,61} \quad \text{και} \quad \boxed{p_2^* = 34,32}, \quad \lambda=53,53$$

Οι ποσότητες που πρέπει να διαθέσει η εταιρία από το κάθε πακέτο στους πελάτες της προκύπτουν από τις καμπύλες ζήτησης και φαίνονται παρακάτω.

$$q_1(p_1, p_2) = 80 - 2p_1 + \frac{p_2}{4} \Rightarrow \boxed{q_1^* \approx 41,3}$$

$$q_2(p_1, p_2) = 40 + \frac{p_1}{2} - \frac{p_2}{2} \Rightarrow \boxed{q_2^* \approx 29,35}$$

Δηλαδή θα πουληθούν 41 οικονομικά πακέτα και 29 αναβαθμισμένα πακέτα (συνολικά  $41+2*29 = 99$  στοιχειώδη πακέτα). Τελικά το συνολικό κέρδος της εταιρίας θα είναι:  $\boxed{\Pi(p_1^*, p_2^*) = 2061,21}$ .

### Πρώτη παραλλαγή

Μια παραλλαγή του παραπάνω προβλήματος είναι να θεωρήσουμε δύο διαφορετικούς τύπους πελατών. Οι πελάτες τύπου 1 που επιθυμούν και τα δύο πακέτα, αλλά τελικά επιλέγουν το ένα (όπως πριν) και οι πελάτες τύπου 2 που επιθυμούν μόνο τα οικονομικά πακέτα. Οι καμπύλες ζήτησης αγοράς θα είναι:

$$q_1(p_1, p_2) = 80 - 2p_1 + \frac{p_2}{4}, \quad q_2(p_1, p_2) = 40 + \frac{p_1}{2} - \frac{p_2}{2} \quad \text{και} \quad q_3(p_1) = 60 - 2p_1$$

όπου  $q_1$  και  $q_2$  οι συναρτήσεις ζήτησης των πελατών τύπου 1 για τα δυο πακέτα αντίστοιχα και  $q_3$  η συνάρτηση ζήτησης των πελατών τύπου 2 για το οικονομικό πακέτο. Τα κέρδη της εταιρίας δίνονται πλέον από την:

$$\Pi(p_1, p_2) = [q_1(p_1, p_2) + q_3(p_1)](p_1 - c_1) + q_2(p_1, p_2)(p_2 - c_2)$$

Το πρόβλημα μεγιστοποίησης του κέρδους της εταιρίας θα είναι:

$$\max_{p_1, p_2} [[q_1(p_1, p_2) + q_3(p_1)] + q_2(p_1, p_2)(p_2 - c_2)]$$

$$\text{έτσι ώστε} \quad q_1(p_1, p_2) + 2q_2(p_1, p_2) + q_3(p_1) = N$$

Το  $\Pi(p_1, p_2)$  θα είναι:  $\Pi(p_1, p_2) = 153p_1 - 4p_1^2 + 42p_2 - \frac{p_2^2}{2} + \frac{3}{4}p_1p_2 - 800$

Με την βοήθεια των πολλαπλασιαστών Lagrange έχουμε:

$$\frac{\partial L(p_1, p_2, \lambda)}{\partial p_1} = 153 - 8p_1 + \frac{3}{4}p_2 - 3\lambda = 0 \quad (1.4)$$

$$\frac{\partial L(p_1, p_2, \lambda)}{\partial p_2} = 42 - p_2 + \frac{3}{4}p_1 - \frac{3}{4}\lambda = 0 \quad (1.5)$$

$$\frac{\partial L(\lambda, p_1, p_2)}{\partial \lambda} = 3p_1 + \frac{3}{4}p_2 - 120 = 0 \quad (1.6)$$

Λύνοντας το αυτό το σύστημα εξισώσεων, βρίσκουμε τις τιμές εκείνες που μεγιστοποιούν το κέρδος της εταιρίας και είναι οι εξής:

$$p_1^* = 24,83 \quad \text{και} \quad p_2^* = 60,66 \quad , \quad \lambda = -0,055$$

Οι ποσότητες που πρέπει να διαθέσει η εταιρία από το κάθε πακέτο στους πελάτες της προκύπτουν από τις καμπύλες ζήτησης και φαίνονται παρακάτω.

$$q_1(p_1, p_2) = 80 - 2p_1 + \frac{p_2}{4} \Rightarrow q_1^* \approx 45,5$$

$$q_2(p_1, p_2) = 40 + \frac{p_1}{2} - \frac{p_2}{2} \Rightarrow q_2^* \approx 22,08$$

$$q_3(p_1) = 60 - 2p_1 \Rightarrow q_3^* \approx 10,33$$

Τελικά το συνολικό κέρδος της εταιρίας θα είναι:  $\Pi(p_1^*, p_2^*) = 2370,42$

### Δεύτερη παραλλαγή

Μια ακόμα παραλλαγή του προβλήματος είναι να θεωρήσουμε πάλι δύο διαφορετικούς τύπους πελατών, οι πελάτες τύπου 1 που επιθυμούν και τα δύο πακέτα, αλλά τελικά επιλέγουν το ένα (όπως πριν) και οι πελάτες τύπου 3 που επιθυμούν μόνο τα αναβαθμισμένα πακέτα αυτή τη φορά. Οι καμπύλες ζήτησης αγοράς θα είναι:

$$q_1(p_1, p_2) = 80 - 2p_1 + \frac{p_2}{4} \quad , \quad q_2(p_1, p_2) = 40 + \frac{p_1}{2} - \frac{p_2}{2} \quad \text{και} \quad q_4(p_2) = 30 - \frac{p_2}{2}$$

Τα κέρδη της εταιρίας δίνονται πλέον από την:

$$q_1(p_1, p_2)(p_1 - c_1) + [q_2(p_1, p_2) + q_4(p_2)](p_2 - c_2)$$

Το πρόβλημα μεγιστοποίησης του κέρδους της εταιρίας θα είναι:

$$\max_{p_1, p_2} [q_1(p_1, p_2)(p_1 - c_1) + [q_2(p_1, p_2) + q_4(p_2)](p_2 - c_2)]$$

$$\text{έτσι ώστε } q_1(p_1, p_2) + 2q_2(p_1, p_2) + 2q_4(p_2) = N$$

Το  $\Pi(p_1, p_2)$  θα είναι:  $\Pi(p_1, p_2) = 85p_1 - 2p_1^2 + 75p_2 - p_2^2 + \frac{3}{4}p_1p_2 - 740$

Με την βοήθεια των πολλαπλασιαστών Lagrange έχουμε:

$$\frac{\partial L(p_1, p_2, \lambda)}{\partial p_1} = 85 - 4p_1 + \frac{3}{4}p_2 - \lambda = 0 \quad (1.7)$$

$$\frac{\partial L(p_1, p_2, \lambda)}{\partial p_2} = 75 + \frac{3}{4}p_1 - 2p_2 - \frac{7}{4}\lambda = 0 \quad (1.8)$$

$$\frac{\partial L(\lambda, p_1, p_2)}{\partial \lambda} = p_1 + \frac{7}{4}p_2 - 120 = 0 \quad (1.9)$$

Λύνοντας το σύστημα, βρίσκουμε τις τιμές που μεγιστοποιούν το κέρδος της εταιρίας και είναι οι εξής:

$$\boxed{p_1^* = 31,2} \quad \text{και} \quad \boxed{p_2^* = 50,74} \quad , \quad \lambda = -1,75$$

Οι ποσότητες που πρέπει να διαθέσει η εταιρία από το κάθε πακέτο στους πελάτες της προκύπτουν από τις καμπύλες ζήτησης και φαίνονται παρακάτω.

$$q_1(p_1, p_2) = 80 - 2p_1 + \frac{p_2}{4} \Rightarrow \boxed{q_1^* \approx 30,27}$$

$$q_2(p_1, p_2) = 40 - \frac{p_2}{2} + \frac{p_1}{2} \Rightarrow \boxed{q_2^* \approx 30,23}$$

$$q_4(p_1) = 30 - \frac{p_2}{2} \Rightarrow \boxed{q_4^* \approx 4,63}$$

Τελικά το συνολικό κέρδος της εταιρίας θα είναι:  $\boxed{\Pi(p_1^*, p_2^*) = 2383,38}$

### Τρίτη παραλλαγή

Τέλος, θεωρήσαμε τρεις διαφορετικούς τύπους πελατών, οι πελάτες τύπου 1 που επιθυμούν και τα δύο πακέτα, αλλά τελικά επιλέγουν το ένα (όπως πριν), οι πελάτες τύπου 2 που επιθυμούν μόνο τα οικονομικά πακέτα και οι πελάτες τύπου 3 που επιθυμούν μόνο τα αναβαθμισμένα πακέτα. Οι καμπύλες ζήτησης αγοράς είναι:

$$q_1(p_1, p_2) = 80 - 2p_1 + \frac{p_2}{4} \quad , \quad q_2(p_1, p_2) = 40 + \frac{p_1}{2} - \frac{p_2}{2}$$

$$q_3(p_1) = 60 - 2p_1, \quad q_4(p_2) = 30 - \frac{p_2}{2}$$

Τα κέρδη της εταιρίας δίνονται σε αυτήν την περίπτωση από την:

$$[q_1(p_1, p_2) + q_3(p_1)](p_1 - c_1) + [q_2(p_1, p_2) + q_4(p_2)](p_2 - c_2)$$

Το πρόβλημα μεγιστοποίησης του κέρδους της εταιρίας θα είναι:

$$\max_{p_1, p_2} [[q_1(p_1, p_2) + q_3(p_1)](p_1 - c_1) + [q_2(p_1, p_2) + q_4(p_2)](p_2 - c_2)]$$

$$\text{έτσι ώστε } q_1(p_1, p_2) + 2q_2(p_1, p_2) + q_3(p_1) + 2q_4(p_2) = N$$

Το  $\Pi(p_1, p_2)$  θα είναι:  $\Pi(p_1, p_2) = 153p_1 - 4p_1^2 + 75p_2 - p_2^2 + \frac{3}{4}p_1p_2 - 980$

Με την βοήθεια των πολλαπλασιαστών Lagrange έχουμε:

$$\frac{\partial L(p_1, p_2, \lambda)}{\partial p_1} = 153 - 8p_1 + \frac{3}{4}p_2 - 3\lambda = 0 \quad (1.10)$$

$$\frac{\partial L(p_1, p_2, \lambda)}{\partial p_2} = 75 + \frac{3}{4}p_1 - 2p_2 - \frac{7}{4}\lambda = 0 \quad (1.11)$$

$$\frac{\partial L(\lambda, p_1, p_2)}{\partial \lambda} = 3p_1 + \frac{7}{4}p_2 - 180 = 0 \quad (1.12)$$

Άρα οι τιμές που μεγιστοποιούν το κέρδος της εταιρίας και είναι οι εξής:

$$\boxed{p_1^* = 27,61} \quad \text{και} \quad \boxed{p_2^* = 55,52}, \quad \lambda = -8,76$$

Οι ποσότητες που πρέπει να διαθέσει η εταιρία από το κάθε πακέτο στους πελάτες της προκύπτουν από τις καμπύλες ζήτησης και φαίνονται παρακάτω.

$$q_1(p_1, p_2) = 80 - 2p_1 + \frac{p_2}{4} \Rightarrow \boxed{q_1^* \approx 38,65}$$

$$q_2(p_1, p_2) = 40 - \frac{p_2}{2} + \frac{p_1}{2} \Rightarrow \boxed{q_2^* \approx 26,05}$$

$$q_3(p_1) = 60 - 2p_1 \Rightarrow \boxed{q_3^* \approx 4,77}$$

$$q_4(p_1) = 20 - \frac{p_2}{2} \Rightarrow \boxed{q_4^* \approx 2,24}$$

Τελικά το συνολικό κέρδος της εταιρίας θα είναι:  $\boxed{\Pi(p_1^*, p_2^*) = 2426,2}$

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των παραλλαγών του προβλήματος.

		Τιμές	Ποσότητες για τον τύπο πελατών 1	Ποσότητες για τους τύπους πελατών 2 & 3	Κέρδη
<b>1<sup>η</sup> περίπτωση</b>	Οικονομικά	24,83	45,5	10,33	2370,42
	Αναβαθμισμένα	60,66	22,08	-	
<b>2<sup>η</sup> περίπτωση</b>	Οικονομικά	31,2	30,27	-	2383,3
	Αναβαθμισμένα	50,74	30,23	4,63	
<b>3<sup>η</sup> περίπτωση</b>	Οικονομικά	27,61	38,65	4,77	2426,2
	Αναβαθμισμένα	55,52	26,05	2,24	

Όπως φαίνεται από τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα, το κέρδος της εταιρίας παροχής υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας είναι μεγαλύτερο όταν παρέχει πακέτα και στους τρεις τύπους χρηστών. Αυτό συμβαίνει διότι εμφανίσαμε συνολικά μεγαλύτερη ζήτηση και στα 2 πακέτα.

## 7. Συμπεράσματα - Μελλοντική εργασία

Σε αυτή την πτυχιακή εργασία μελετήθηκαν οι αρχές λειτουργίας και η τεχνολογία των κυψελωτών δικτύων κινητής τηλεφωνίας τρίτης γενιάς, καθώς και οι βασικές μέθοδοι τιμολόγησης που εφαρμόζονται σε αυτά. Στα πρώτα τέσσερα κεφάλαια παρουσιάστηκε το θεωρητικό υπόβαθρο και έγινε περιγραφή του συστήματος τρίτης γενιάς UMTS. Στην συνέχεια έγινε αναφορά στις πολιτικές τιμολόγησης που χρησιμοποιούνται σε αυτά τα δίκτυα και στα είδη των σχημάτων χρέωσης που έχουν προταθεί.

Στο κεφάλαιο 6 διατυπώσαμε ένα πρόβλημα τιμολόγησης με σκοπό τη μεγιστοποίηση του κέρδους της εταιρίας. Αναπτύξαμε παραλλαγές του προβλήματος διαφοροποιώντας τους τύπους των πελατών που συμμετέχουν στην αγορά. Παρόλο που μια εταιρία μονοπωλεί στην αγορά, ανακύπτουν πολλά θέματα στρατηγικής τα οποία πρέπει να εξεταστούν για να έχει τα βέλτιστα δυνατά κέρδη.

Η μελλοντική εργασία που μπορεί να ακολουθήσει την παρούσα δουλειά είναι η μεταφορά του ίδιου προβλήματος τιμολόγησης σε αγορά με λίγες εταιρίες παροχής κινητών επικοινωνιών (ολιγοπώλιο). Η δυσκολία στο πρόβλημα αυτό έγκειται στο γεγονός ότι η μια εταιρία δεν γνωρίζει τις τιμές που θέτουν οι ανταγωνιστές της και δεν ανήκει σε καρτέλ (συνασπισμός εταιριών που θέτουν τις τιμές σε συνεργασία, ώστε να μεγιστοποιείται το συνολικό τους κέρδος και όχι το κέρδος της καθεμιάς ξεχωριστά) με κάποιες άλλες.

Οι στρατηγικές που εφαρμόζονται στην τιμολόγηση των υπηρεσιών τρίτης γενιάς κινητής τηλεφωνίας είναι προφανώς ανεπαρκείς, όπως δείχνουν τα ποσοστά διείσδυσης των 3G υπηρεσιών στις έρευνες [9], και αποτελούν τροχοπέδη στην ευρεία χρήση τους από την μαζική αγορά. Ο τομέας της τιμολόγησης των υπηρεσιών που παρέχονται από κυψελωτά δίκτυα τρίτης γενιάς ενέχει ακόμα αρκετά ανοιχτά θέματα. Ωστόσο τα βήματα που γίνονται προς τη διαμόρφωση συστημάτων τέταρτης γενιάς προχωρώντας στα all-IP δίκτυα, δηλαδή την ενοποίηση όλων των δικτύων παγκοσμίως, είναι σίγουρο πως θα φέρει νέα επανάσταση για τον κινητό χρήστη, αλλά και γενικότερα για τα ποσοστά διείσδυσης διαφόρων υπηρεσιών. Αυτή η επανάσταση μοιραία θα επηρεάσει δραματικά και τις στρατηγικές χρέωσης των εταιριών παροχής τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών όλων των δικτύων, συμπεριλαμβανομένων και των κυψελωτών.

## 8. Συντομογραφίες

3G	Third Generation
3GPP	Third Generation Partnership Project
8PSK	Eight-Phase Shift Keying
ACI	Adjacent Channel Interference
AMPS	Advanced Mobile Phone Service
AuC	Authentication Center
BCCH	Broadcast Control Channel
BSS	Base Station Subsystem
BTS	Base Transceiver Station
CCCH	Common Control Channel
CCN	Circuit Core Network
CDMA	Code Division Multiple Access
CEPT	European Conference of Postal and Telecommunications Administrations
CN	Core Network
CoS	Class of Services
CPP	Calling Party Pays
CRNC	Controlling RNC
CTCH	Common Traffic Channel
D-AMPS	Digital AMPS
DCA	Dynamic Channel Allocation
DCCH	Dedicated Control Channel
DECT	Digital European Cordless Telephony
DiffServ	Differentiated Services
DTCH	Dedicated Traffic Channel
EDGE	Enhanced Data Rates for Global Evolution
EGPRS	Enhanced GPRS
EIR	Equipment Identity Register
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FCA	Fixed Channel Allocation
FCC	Federal Communications Commission, US
FDMA	Frequency Division Multiple Access
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GMSC	Gateway-MSC
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying
GPRS	General Packet Radio Services
GSM	Global System for Mobile
HLR	Home Location Register
H-PLMN	Home Public Land Mobile Network
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data
IMEI	International Mobile Equipment Identity
IMS	IP Multimedia Subsystem
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
IntServ	Integrated Services
IP	Internet Protocol
ISDN	Integrated Services Digital Network
ME	Mobile Equipment

MGW	Media Gateway
MS	Mobile Station
MSA	Metropolitan Statistical Areas
MSC	Mobile Switching Center
MSC/VLR	Mobile Switching Center / Visitor Location Register
MSS	MSC server
NMT	Nordic Mobile Telephone
PCCH	Paging Control Channel
PCN	Packet Core Network
PDC	Personal Digital Cellular
PDP	Packet Data Protocol
PMP	Paris Metro Pricing
PSTN	Public Switched Telephone Network
QoS	Quality of Service
RAN	Radio Access Network
RNC	Radio Network Controller
RPP	Receiving Party Pays
SGSN	Serving GPRS Support Node
SIM	Subscriber Identity Module
SLA	Service Level Agreement
TACS	Total Access Communication System
UE	User Equipment
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
USIM	UMTS Subscriber Identity Module
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
VoIP	Voice over IP
V-PLMN	Visited PLMN
WBTS	WCDMA Base Station
WCDMA	Wideband CDMA



## 9. Ευρετήριο σχημάτων

- Σχήμα 1: Αναπαράσταση κυψέλης και συστάδας
- Σχήμα 2: Επαναχρησιμοποίηση συχνότητας
- Σχήμα 3: Τεχνικές αύξησης χωρητικότητας κυψελωτών συστημάτων
- Σχήμα 4: Μεταπομπή
- Σχήμα 5: Εξέλιξη κινητών επικοινωνιών
- Σχήμα 6: Αρχιτεκτονική UMTS έκδοση 99
- Σχήμα 7: Αρχιτεκτονική GPRS
- Σχήμα 8: Αρχιτεκτονική UMTS έκδοση 4
- Σχήμα 9: Δομή UMTS καναλιών
- Σχήμα 10: Mobile Penetration in Europe & Switzerland
- Σχήμα 11: Κατηγορίες εμποδίων χρήσης κινητών υπηρεσιών δεδομένων και ποσοστιαία διαφορά 2006 – 2007

## 10. Ευρετήριο πινάκων

- Πίνακας 1: Τάξεις ποιότητας υπηρεσιών (QoS) UMTS
- Πίνακας 2: Διείσδυση κινητής τηλεφωνίας στην Ευρώπη
- Πίνακας 3: Παράδειγμα χρέωσης πακέτου
- Πίνακας 4: Εισαγωγή των αναλογικών κυψελωτών συστημάτων στη Δυτική Ευρώπη, 1981 - 1990

## 11. Βιβλιογραφία

- [1] Principles of Wireless Networks: An Unified Approach, Kaveh Pahlavan, Prashant Krishnamurthy, PH PTR 2003
- [2] Fundamentals of Wireless Communication, D.Tse, P.Viswanath, Cambridge 2005
- [3] Introduction to 3G Mobile Communications, J. Korhonen, Artech House 2003.
- [4] The Economics of Mobile Telecommunications, H. Gruber, Cambridge 2005.
- [5] WCDMA for UMTS, H. Holma, A. Toskala, J. Wiley & Sons 2001.
- [6] Convergence Technologies for 3G Networks, IP, UMTS, EGPRS and ATM, J. Bannister, P. Mather, S. Coope, Wiley 2005.
- [7] Pricing Communication Networks: Economics, Technology and Modelling, C.Courcoubetis, R. Weber, Wiley 2003.
- [8] 3GPP TS 23.107 v 7.1.0: “Quality of Service (QoS) concept and architecture”.
- [9] Τάσεις χρήσης κινητών υπηρεσιών δεδομένων στην Ελλάδα, Συγκριτική μελέτη 2006-2007, Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Ερευνητική ομάδα κινητού και ασύρματου επιχειρείν (ISTLab / Wireless Research Center), Σεπτέμβριος 2007.
- [10] <http://eclass.epp.teiher.gr/eclass/claroline/document/document.php>, D. Stratakis
- [11] <http://www.iec.org/>
- [12] [www.csd.uoc.gr/~hy532](http://www.csd.uoc.gr/~hy532): Συστήματα Προσωπικών Επικοινωνιών Απόστολος Τραγανίτης
- [13] GSM, cdmaOne and 3G Systems, Raynord Steele, Chin-Chan Lee, Peter Gould, Willey 2001.
- [14] Understanding UMTS Radio Network: Modelling Planning and Automated Optimization, Wiley 2006.
- [15] Επίσημη ιστοσελίδα της Cosmote <http://www.cosmote.gr>
- [16] Επίσημη ιστοσελίδα της Wind <http://www.wind.com.gr>
- [17] Επίσημη ιστοσελίδα της Vodafone <http://www.vodafone.gr>
- [18] Economics with Calculus, Michael C.Lovell, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 2004