

## **ΔΙΚΤΥΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΧΡΗΣΗΣ & ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ**

### ***ΑΝΑΛΥΣΗ GSM – GPRS STANDARDS***

**ΔΙΔΑΣΚΩΝ :** κ. Χρήστος Μπούρας

**ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ :**

- |                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| 1. Κουκουλιάρας Γκανάτζιος Δημήτριος | A.M. 2865 |
| 2. Ρέκκας Ευάγγελος                  | A.M. 2934 |

**ΠΑΤΡΑ , ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2006**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

- 1.Εισαγωγή
  - 1.1 Ανάπτυξη ασύρματων δικτύων και δικτύων τηλεφωνικής επικοινωνίας.
  - 1.2 «Mobile Phone Standards» ( Γενιές και στάνταρ ανά γενιά )
- 2.GSM Standard
  - 2.1. Τι είναι – ερμηνεία ορολογίας – Βασική ιδέα standard
  - 2.2. Ιστορική εξέλιξη GSM Standard
    - 2.2.1 Πως ξεκίνησε , από ποιους , πότε
    - 2.2.2 Επιτυχία και λόγοι επιτυχίας
  - 2.3 Radio Aspects του GSM
    - 2.3.1 GSM frequency ranges (φάσματα συχνότητας)
    - 2.3.2 Cells του GSM
    - 2.3.3 Βασικά χαρακτηριστικά σήματος
    - 2.3.4 Power Levels
    - 2.3.5 Κανάλια Μετάδοσης του GSM
    - 2.3.6 Speech Coding ( Κωδικοποίηση φωνής )
  - 2.4 Αρχιτεκτονική Δικτύου GSM
    - 2.4.1 MS (Mobile Station)
    - 2.4.2 BSS (Base Station Subsystem)
    - 2.4.3 NSS (Network Switching Subsystem)
  - 2.5 SIM Card
  - 2.6 Ασφάλεια GSM
  - 2.7 Υπηρεσίες GSM
  - 2.8 GSM-R ( GSM Railroads )
3. GPRS
  - 3.1 Τι είναι – ερμηνεία ορολογίας – Βασική ιδέα standard
  - 3.2 Ιστορική εξέλιξη GPRS
    - 3.2.1 Η πορεία του στο πέρασμα του χρόνου
    - 3.2.2 Συμμετοχή του GPRS στη βιομηχανία
  - 3.3 Αρχιτεκτονική Τεχνολογίας GPRS
    - 3.3.1 Τρόπος λειτουργίας
    - 3.3.2 GPRS interfaces
  - 3.4 Αρχιτεκτονική Πρωτοκόλλων
  - 3.5 Κύρια χαρακτηριστικά του GPRS
    - 3.5.1 Packet switching
    - 3.5.2 Spectrum efficiency
    - 3.5.3 Internet aware
    - 3.5.4 Υποστήριξη GSM και TDMA
  - 3.6 Σύνδεση στο Δίκτυο και μετάδοση δεδομένων
    - 3.6.1 GPRS Attach
    - 3.6.2 PDP Context activation
  - 3.7 Περιορισμοί στη χρήση του GPRS
    - 3.7.1 Περιορισμένη χωρητικότητα κυψελών
    - 3.7.2 Έλλειψη αρκετών πηγών
    - 3.7.3 Χαμηλότερη ταχύτητα από την προβλεπόμενη
    - 3.7.4 Καθυστερήσεις στις μεταφορές
    - 3.7.5 Ανεπαρκής σταθμού αποθήκευσης
    - 3.7.6 Ανάγκη ανανέωσης ρυθμίσεων
  - 3.8 Ασφάλεια GPRS
  - 3.9 Υπηρεσίες GPRS
  - 3.10 Πλεονεκτήματα GPRS
- 4.Βιβλιογραφία, Δικτυακοί Τόποι

## 1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### **1.1 Ανάπτυξη ασύρματων δικτύων και δικτύων τηλεφωνικής επικοινωνίας.**

Ο άνθρωπος, ως κοινωνικό από τη φύση του ον, αναζήτησε από την αρχή της ύπαρξής του τρόπους επικοινωνίας και ανταλλαγής πληροφοριών με τους συνανθρώπους του. Αν κάποιος κάνει μια αναδρομή στο παρελθόν θα ανακαλύψει μια πληθώρα τρόπων και μεθόδων που χρησιμοποίησε για να ικανοποιήσει την ανάγκη του για επικοινωνία και μετάδοση πληροφοριών γενικότερα. Σήματα καπνού, ήχοι τύμπανων, άναμμα φωτιών ήταν κάποιοι από τους αρχαιότερους τρόπους, για να περάσουμε και σε μεταγενέστερους όπως η ανταλλαγή μηνυμάτων με τη χρήση ζώων (περιστέρια, σκυλιά) ή και ανθρώπων (αγγελιοφόροι). Οι τρόποι αυτοί, όμως, ούτε ακριβείς ήταν, ούτε παρείχαν εγγυήσεις για την επίτευξη της επικοινωνίας. Παράλληλα τόσο η ταχύτητα ανταλλαγής της πληροφορίας όσο και ο όγκος αυτής δεν ήταν μεγάλος, ενώ καμία ασφάλεια στην ανταλλαγή κρίσιμων πληροφοριών δεν ήταν εφικτή.

Όλα αυτά άλλαξαν στα μέσα του περασμένου αιώνα. Πρώτα ο Samuel Morse με τον τηλεγράφο (1854) και λίγο αργότερα ο Graham Bell με το τηλέφωνο (1876) θεμελίωσαν μια νέα εποχή στο χώρο των τηλεπικοινωνιών. Στα χρόνια που ακολούθησαν, έως και τις μέρες μας, ο χώρος αυτός γνώρισε μια πραγματική επανάσταση. Ειδικά μετά την εφεύρεση των ηλεκτρονικών υπολογιστών, στα μέσα του αιώνα μας, οι εξελίξεις δρομολογήθηκαν με πραγματικά απίστευτη ταχύτητα.

Η τηλεφωνική επικοινωνία αλλά και η επικοινωνία μεταξύ υπολογιστών όσο και αν βελτίωσαν την κατάσταση σε σχέση με παλιότερες εποχές παρουσίαζαν ένα βασικό μειονέκτημα: ήταν ενσύρματες. Οι συσκευές επικοινωνίας, είτε επρόκειτο για τηλέφωνα είτε για υπολογιστές έπρεπε να συνδέονται μεταξύ τους με κάποιο υλικό μέσο (συνήθως ένα χάλκινο καλώδιο) και συνεπώς η θέση τους ήταν σταθερή και προκαθορισμένη. Στην αρχή ο περιορισμός αυτός ήταν ασήμαντος, από τη στιγμή που οι σχέσεις και οι συναλλαγές των ανθρώπων περιορίζονταν σε ένα στενό γεωγραφικό χώρο, αλλά και τα μέσα μεταφοράς δεν ευνοούσαν τις μακρινές μετακινήσεις. Βέβαια, υπήρχαν εξειδικευμένοι τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας, στους οποίους η ανάγκη για ανταλλαγή πληροφοριών σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή και από οποιοδήποτε χώρο οδήγησε από πολύ νωρίς στην ανάπτυξη ασύρματων μεθόδων επικοινωνίας. Ο στρατιωτικές και θαλάσσιες επικοινωνίες είναι παραδείγματα που εμπίπτουν στη κατηγορία αυτή. Τα χρόνια πέρασαν, η διεθνοποίηση των ανθρωπίνων σχέσεων και δραστηριοτήτων, αποτέλεσμα κυρίως των τεχνολογικών εξελίξεων στο χώρο των μεταφορών, αλλά και των γενικότερων πολιτικοκοινωνικών εξελίξεων ανά την υφήλιο έδειξαν ότι η επικοινωνία από κάθε σημείο του πλανήτη, οποιαδήποτε χρονική στιγμή ήταν μια ανάγκη που ξεπερνούσε τα στενά όρια των στρατιωτικών εφαρμογών ή των θαλάσσιων δραστηριοτήτων. Κατά καιρούς έγιναν πολλές απόπειρες να καλυφθεί η ανάγκη για παροχή ασύρματης επικοινωνίας στον απλό χρήστη. Σχεδόν όλες, όμως, περιορίζονταν στα στενά γεωγραφικά όρια της κάθε χώρας με αποτέλεσμα να μη αποτελούν λύση του προβλήματος αλλά περιορισμό αυτού. Η ανάγκη

δημιουργίας ενός παγκόσμιου προτύπου ασύρματης επικοινωνίας ήταν πλέον επιτακτική. Την ανάγκη αυτή ήρθε να καλύψει η έλευση του GSM<sup>1</sup> στα τέλη της δεκαετίας του '80.

Το GSM αποτελεί ορόσημο στη ιστορία των τηλεπικοινωνιών αφού με την έλευση του συνετελέσθει το πέρασμα από τον παραδοσιακό χώρο των ασύρματων επικοινωνιών στον χώρο των κινητών επικοινωνιών. Η διαφορά των εννοιών ασύρματη και κινητή είναι πολύ λεπτή και ίσως όχι απόλυτα διακρίσιμη. Η βασική αρχή που πρεσβεύει το μοντέλο των κινητών επικοινωνιών είναι «επικοινωνία παντού και πάντοτε». Το GSM ήταν το πρώτο ψηφιακό, κυψελωτό σύστημα επικοινωνίας που προσέφερε παγκόσμια κάλυψη σε κάθε απλό χρήστη. Οποιοσδήποτε χρήστης μπορούσε, πλέον, να χρησιμοποιήσει την κινητή του συσκευή σε οποιοδήποτε σημείο του πλανήτη. Η ιδιότητα αυτή το έκανε γρήγορα απαραίτητο συμπλήρωμα κάθε επιχειρησιακής δραστηριότητας, αλλά και ιδιαίτερα ελκυστικό σε κάθε απλό άνθρωπο που έχει την τάση να μετακινείται διαρκώς. Ήταν, επομένως, αναμενόμενη η ραγδαία εξάπλωση του στον παγκόσμιο χάρτη που πραγματοποιήθηκε μέσα σε λιγότερο από 10 χρόνια. Παρόλο που το GSM έλυσε αρκετά προβλήματα, εξακολουθούσε να μην αποτελεί μια ολοκληρωμένη λύση. Προσφέρει, σαφώς, τη δυνατότητα τηλεφωνικής επικοινωνίας, σύμφωνα με την αρχή της «επικοινωνίας παντού και πάντοτε», αλλά σε καμία περίπτωση δεν αποτελεί ενδεδειγμένη λύση για την εξυπηρέτηση της επικοινωνίας μεταξύ υπολογιστών, η οποία αποτελεί, εδώ και αρκετά χρόνια, τον κύριο τρόπο ανταλλαγής πληροφοριών. Η αδυναμία του έγκειται τόσο στο κόστος όσο και στην απόδοση (ρυθμός μετάδοσης, ασφάλεια δεδομένων) της παρεχόμενης επικοινωνίας.

Η ανάγκη για επέκταση των κινητών επικοινωνιών ώστε να συμπεριλάβουν και την επικοινωνία μεταξύ υπολογιστικών συστημάτων, βέβαια, δεν προέκυψε ξαφνικά. Οι υπολογιστές από τη πρώτη στιγμή της εμφάνισής τους χρησιμοποιήθηκαν για την αποθήκευση δεδομένων ώστε να είναι δυνατή ανά πάσα στιγμή η ανάκτησή τους. Φυσικά η ανάκτηση δεδομένων από κάποιο συγκεκριμένο υπολογιστή προϋπόθετε ότι τα δεδομένα θα είναι αποθηκευμένα σε αυτόν. Η υπόθεση αυτή ήταν πολύ περιοριστική, αφού ο όγκος των δεδομένων που μπορεί να αποθηκεύσει ένας υπολογιστής είναι περιορισμένος. Αναμενόμενη εξέλιξη ήταν η διασύνδεση μεταξύ των υπολογιστικών συστημάτων και η δημιουργία δικτύων. Τα δίκτυα, τοπικά στην αρχή, γρήγορα διασυνδέθηκαν μεταξύ τους δημιουργώντας ευρύτερης κλίμακας δίκτυα για να καταλήξουν, σήμερα, στο πολύ γνωστό σε όλους Internet ή Διαδίκτυο. Το Internet αποτελεί, πλέον, ένα παγκόσμιο φαινόμενο και καθώς οι υπολογιστές μπορούν να χειριστούν εξίσου καλά οποιαδήποτε μορφή πληροφορίας από ένα απλό αρχείο έως φωνή και video γρήγορα κατέληξε το κύριο μέσο ανταλλαγής πληροφοριών παγκοσμίως, παρά τα όποια προβλήματα ασφάλειας και ταχύτητας το χαρακτηρίζουν. Μάλιστα θα μπορούσε να υποστηρίξει κανείς ότι το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, που παρέχει, συναγωνίζεται επάξια την τηλεφωνική

---

<sup>1</sup> Τα αρχικά GSM προέρχονται από την ομάδα που συγκροτήθηκε το 1982 με σκοπό την προτυποποίηση ενός πανευρωπαϊκού συστήματος κινητής τηλεφωνίας. Η ομάδα αυτή έφερε το όνομα Groupe Speciale Mobile. Αργότερα και με τη θεαματική διείσδυση του GSM παγκοσμίως, επικράτησε η ερμηνεία των αρχικών ως Global System for Mobile communications.

επικοινωνία. Δεν υπάρχει πλέον εξέλιξη στον τομέα των τηλεπικοινωνιών που να μη έχει άμεσο αντίκτυπο, μακρυπρόθεσμα ή βραχυπρόθεσμα, στο Internet. Από τη στιγμή λοιπόν που ο χώρος της τηλεφωνίας πέρασε στο στάδιο των ασύρματων συνδέσεων ήταν αναμενόμενο ότι και το Internet θα ακολουθούσε πολύ γρήγορα. Εξάλλου, η ιδέα του να μπορείς να έχεις πρόσβαση στο Internet ενώ ταξιδεύεις με ένα πλοίο ή ένα τρένο ή ακόμα και από τη παραλία όπου έχεις καθίσει και απολαμβάνεις τον ήλιο και την αύρα της θάλασσας φαντάζει ιδιαίτερα ελκυστική σε ανθρώπους που ο χρόνος τους είναι εξαιρετικά πολύτιμος, αν και αρκετά μακρινή ακόμα. Μια λύση, θα ήταν η χρησιμοποίηση του ίδιου του GSM για την ασύρματη πρόσβαση στο Internet. Όμως κάτι τέτοιο αν και εφικτό, παρουσιάζει αρκετά προβλήματα, αφού το GSM αποτελεί ένα πρότυπο που σχεδιάστηκε, καθαρά, για την εξυπηρέτηση τηλεφωνικής κίνησης, χωρίς να λάβει υπόψη του μια πιθανή επέκτασή του στον χώρο των υπολογιστών.

Τα προβλήματα αυτά ήρθε να λύσει η προσθήκη του GPRS στο υπάρχον GSM πρότυπο. Το GPRS είναι μια υπηρεσία μετάδοσης δεδομένων υπό τη μορφή πακέτων, που ταιριάζει απόλυτα με την ανταλλαγή δεδομένων σε ριπές που πραγματοποιείται μεταξύ υπολογιστικών συστημάτων. Στόχος του GPRS είναι να δώσει τη δυνατότητα στους χρήστες του, χρησιμοποιώντας έναν laptop υπολογιστή και μια ασύρματη συσκευή επικοινωνίας, να κάνουν οτιδήποτε θα μπορούσαν να κάνουν και με ένα σταθερά συνδεδεμένο σε κάποιο δίκτυο υπολογιστή, από μια απλή περιήγηση στο διαδίκτυο (web surfing) ή μια απλή μεταφορά αρχείου έως μετάδοση εικόνας και ήχου (π.χ. video-conference). Είναι προφανές ότι κανένας περιορισμός όσον αφορά τους εμπλεκόμενους σε επικοινωνία υπολογιστές δεν θα πρέπει να υφίσταται. Έτσι ένας κινητός χρήστης μπορεί να διασυνδεθεί κάλλιστα με έναν άλλον κινητό ή με έναν σταθερό. Και στις δύο περιπτώσεις, αλλά πολύ περισσότερο στη δεύτερη, το Internet αποτελεί έναν αναπόφευκτο ενδιάμεσο κρίκο της επικοινωνίας. Θα ήταν, λοιπόν, λογικό να υποθέσει κανείς, ότι πρέπει να υπάρχει πρόβλεψη ώστε το GPRS να υποστηρίζει τους διαφορετικούς μηχανισμούς επικοινωνίας που υπάρχουν αυτή τη στιγμή στο διαδίκτυο.

## **1.2 «Mobile Phone Standards» ( Γενιές και στάνταρ ανά γενιά )**

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται η αντιστοιχία γενιών κινητής τηλεφωνίας και προτύπων/standard ανά γενιά.

0G	0.5G	1G	2G	2.5G	2.75G	3G	3,5G	3,75G
PTT	Autotel/PALM	NMT	<b>GSM</b>	<b>GPRS</b>	CDMA2000	W-CDMA	HSPDA	HSUPA
MTS	ARP	AMPS	iDEN	HSCSD	EDGE	UMTS		
IMTS		Hicap	D-AMPS	WiDEN		FOMA		
AMTS		CDPD	cdmaOne			CDMA12000 1*EV		
		Mobitex	PDC			TD-SCDMA		
		DataTac	CSD					

## 2.GSM Standard

### 2.1. Τι είναι – ερμηνεία ορολογίας – Βασική ιδέα standard

Το GSM standard είναι το πιο διαδεδομένο χρησιμοποιούμενο σύστημα κινητών τηλεπικοινωνιών παγκοσμίως. Τα γράμματα του όρου GSM αρχικά αντιστοιχούσαν στις λέξεις *Groupe Speciale Mobile*. Αργότερα, όμως και με τη θεαματική διείσδυση του GSM διεθνώς, επικράτησε η ερμηνεία των αρχικών ως *Global System for Mobile communications*.

Από την αρχή της ανάπτυξής του, το 1991, το GSM παρουσίαζε σταδιακή άνθηση ώσπου κατέληξε να είναι σήμερα το πιο διαδεδομένο σύστημα κυψελωτής τηλεφωνίας. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι κατά το έτος 2004 αριθμούσε σχεδόν 1 δισεκατομμύριο συνδρομητές ενώ σήμερα υπολογίζεται ότι διαθέτει 1.5 δισεκατομμύριο συνδρομητές.

Η πανταχού παρουσία των προτύπων GSM καθιστά τη διεθνή περιπλάνηση (roaming) πολύ κοινή μεταξύ των χρηστών κινητών τηλεφώνων. Το GSM διαφέρει σημαντικά από τους προκατόχους του στο ότι τα κανάλια σηματοδότησης και ομιλίας (signaling and speech channels) είναι ψηφιακά, το οποίο σημαίνει ότι θεωρείται ως σύστημα κινητής τηλεφωνίας δεύτερης γενιάς (2G).

Από την άποψη του καταναλωτή - χρήστη, το βασικό πλεονέκτημα των συστημάτων GSM είναι η υψηλότερη ψηφιακή ποιότητα φωνής και οι εναλλακτικές λύσεις επικοινωνίας με χαμηλότερο κόστος όπως τα μηνύματα κειμένου. Το πλεονέκτημα για τους διαχειριστές δικτύων (network operators) είναι η δυνατότητα να επεκταθεί ο εξοπλισμός από τους διαφορετικούς προμηθευτές επειδή τα ανοικτά πρότυπα επιτρέπουν την εύκολη διαλειτουργικότητα. Επίσης, τα πρότυπα έχουν επιτρέψει στους διαχειριστές δικτύων να προσφέρουν υπηρεσίες roaming που σημαίνει ότι οι συνδρομητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν το τηλέφωνό τους σε όλο τον κόσμο.

### 2.2. Ιστορική εξέλιξη GSM Standard

#### 2.2.1 Πως ξεκίνησε , από ποιους , πότε

Σε όλη την εξέλιξη των κυψελωτών τηλεπικοινωνιών τα διάφορα συστήματα αναπτύχθηκαν χωρίς το όφελος των τυποποιημένων προδιαγραφών. Αυτό παρουσίασε πολλά προβλήματα σχετικά με τη συμβατότητα, ειδικά με την ανάπτυξη της ψηφιακής ραδιο-τεχνολογίας. Το 1982, η ομάδα GSM ("*Groupe Special Mobile*") συστάθηκε για να

εξετάσει αυτά τα προβλήματα. Όπως προαναφέρθηκε, το όνομα του standard προέρχεται από το όνομα αυτής της ομάδας, αν και αργότερα ελήφθη η απόφαση να κρατήσει τα αρχικά αλλά να αλλάξει ότι αυτά αντιπροσώπευαν. Αρχικά η ομάδα φιλοξενήθηκε από το *Conference of European Posts and Telegraphs* (CEPT). Από το 1982 ως το 1985 υπήρχαν συζητήσεις σχετικά με το αν θα δημιουργηθεί ένα αναλογικό ή ψηφιακό σύστημα. Μετά από τις πολλές δοκιμές σε διάφορους τομείς, υιοθετήθηκε ένα ψηφιακό σύστημα για το GSM. Ο επόμενος στόχος ήταν να αποφασιστεί μεταξύ μιας στενής ή ευρυζωνικής λύσης. Τον Μάιο του 1987, επιλέχτηκε τελικά η περιορισμένης ζώνης λύση *time division multiple access* (TDMA).

Οι τεχνικές βασικές αρχές του συστήματος GSM καθορίστηκαν το 1987. Το 1989 το *European Telecommunication Standards Institute* (ETSI) ανέλαβε τον έλεγχο και μέχρι το 1990 η πρώτη προδιαγραφή GSM είχε ολοκληρωθεί, ξεπερνώντας τις 6.000 σελίδες κειμένου.

Η εμπορική λειτουργία άρχισε το 1991 στη Φιλανδία και μέχρι το 1993 υπήρξαν 36 δίκτυα GSM σε 22 χώρες. Αν και τυποποιείται στην Ευρώπη, το GSM δεν είναι μόνο ευρωπαϊκό πρότυπο. Πάνω από 200 δίκτυα GSM (συμπεριλαμβανομένου DCS1800 και PCS1900) ήταν σε λειτουργία σε 110 χώρες σε όλο τον κόσμο. Το 1998, διαμορφώθηκε το *Generation Partnership Project* (3GPP). Αρχικά προοριζόταν μόνο να παραχθούν οι προδιαγραφές της επόμενης (τρίτης) γενιάς των κινητών δικτύων. Εντούτοις, το 3GPP επίσης ανέλαβε τη συντήρηση και την ανάπτυξη της προδιαγραφής GSM. Το ETSI ήταν συνεργάτης του 3GPP.

Το GSM προβαίνει μόνο σε συστάσεις, όχι απαιτήσεις. Οι προδιαγραφές GSM καθορίζουν τις λειτουργίες και τις απαιτήσεις διεπαφών (interfaces) λεπτομερώς αλλά δεν εξετάζουν το υλικό. Ο λόγος για αυτό είναι για να μην περιοριστούν οι σχεδιαστές ενώ επίσης καθιστά πιθανό για τους operators να αγοράσουν τον εξοπλισμό από τους διαφορετικούς προμηθευτές.

### 2.2.2 Επιτυχία και λόγοι επιτυχίας

Περισσότερα από 1.5 δισεκατομμύριο χρησιμοποιούν GSM κινητά μέχρι σήμερα, καθιστώντας το GSM το κυρίαρχο κινητό τηλεφωνικό σύστημα διεθνώς, με περίπου 70% της παγκόσμιας αγοράς.

Πιο συγκεκριμένα από επίσημα στοιχεία του GSM Association προκύπτει ότι

**Worldwide GSM Subscribers as at end March 2004 = 1046.8 Billion**  
GSM accounts for **73 % of the World's digital market** and **72% of the World's wireless market**

### SUBSCRIBERS\* FOR ALL MOBILE TECHNOLOGIES:

Technology	Jan03	Apr03	July03	Oct03	Jan04	Feb04	Mar04
GSM	805.8	847.3	895.2	935.2	1006.5	1024.3	1046.8
W-CDMA	0.159	0.455	1.4	1.9	3.0	3.4	4.3
CDMA	148.3	157.9	162.3	174.1	190.2	194.4	199.1
PDC	60.3	61.7	62.3	62.5	62.0	62.2	62.4
US TDMA	108.4	110.4	112.2	109.2	109.4	110.2	111.2
<b>Total Digital Subscribers</b>	1123.7	1177.7	1232.8	1278.8	1388.0	1411.6	1440.0
<b>Total Analogue Subscribers</b>	28.1	25.1	23.2	20.7	19.0	18.3	16.5
<b>Total Wireless Subscribers</b>	1151.8	1202.8	1256.0	1299.5	1407.0	1429.9	1456.5

*\*Οι παραπάνω αριθμοί συνδρομητών αντιστοιχούν σε δισεκατομμύρια.*

Ο κύριος ανταγωνιστής του GSM, το cdmaOne, χρησιμοποιείται πρώτιστα στη Βόρεια Αμερική και σε μέρη της Ασίας όπου το cdmaOne ωφελείται και από τις αυξανόμενες ράδιο αποδοτικότητες φάσματος (spectrum efficiencies) σε σύγκριση με τα πιο κοινά δίκτυα GSM. Το roaming με τα τηλέφωνα GSM είναι ένα σημαντικό πλεονέκτημα, πέρα από την ανταγωνιστική τεχνολογία, αφού το roaming στα δίκτυα CDMA από είναι δύσκολο ή αδύνατο.

Ένας άλλος σημαντικός λόγος για την αύξηση της χρήσης GSM, ιδιαίτερα μετάξυ του 1998 ως το 2002, ήταν η διαθεσιμότητα της προπληρωμένης κλήσης (prepaid calling) από τους mobile phone operators. Αυτό επιτρέπει στους ανθρώπους που είτε δε μπορούν είτε είναι απρόθυμοι να κάνουν μια σύμβαση-συμβόλαιο με έναν operator να έχουν και να χρησιμοποιούν κινητά τηλέφωνα. Παραδείγματος χάριν, οι σπουδαστές και οι έφηβοι μπορούν να πάρουν έναν προπληρωμένο χρόνο και να τον διαχειριστούν οι ίδιοι χωρίς την ανάγκη του γονέα τους και χωρίς να υπογράψουν κάποιο συμβόλαιο. Επιτρέπει επίσης σε μερικούς operators να προσφέρουν λύσεις σε χρήστες που δε χρησιμοποιούν το κινητό τους συχνά και που είναι πιθανό να ξοδέψουν λιγότερα σε ένα μήνα στον προπληρωμένο χρόνο παρά στον φτηνότερο μη-προπληρωμένο χρόνο. Επίσης ο προπληρωμένος λογαριασμός επέτρεψε τη γρήγορη επέκταση του GSM σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες όπου μεγάλα τμήματα του πληθυσμού δεν είχαν πρόσβαση σε τραπεζικούς λογαριασμούς. (Σε πολλές αναπτυγμένες χώρες ένας operator κάνει σχεδόν πάντα πιστωτική επαλήθευση των χρηστών που αρχίζουν μια μη-προπληρωμένη σύμβαση μέσω των προσωπικών πληροφοριών που παρέχονται από τις αντιπροσωπείες πιστωτικής εκτίμησης ή τις τράπεζες).

Το GSM ήταν επίσης το πρώτο που παρείχε το μήνυμα κειμένου (SMS) το οποίο αποδείχθηκε εξαιρετικά δημοφιλές ιδιαίτερα στην εφηβική αγορά.

## **2.3 Radio Aspects του GSM**

### **2.3.1 GSM frequency ranges (φάσματα συχνότητας)**

Τα φάσματα συχνότητας GSM ή οι ζώνες συχνότητας είναι οι ράδιο-συχνότητες φάσματος στις οποίες λειτουργεί το σύστημα GSM για τα κινητά τηλέφωνα.

Υπάρχουν οι ακόλουθες 5 μπάντες / ζώνες (bands) τις οποίες χρησιμοποιούν τα κινητά τηλέφωνα GSM :

- GSM-900
- GSM-1800
- GSM-850
- GSM-1900
- GSM-400

→ *GSM-900 και GSM-1800*

Είναι οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες ζώνες σε όλο τον κόσμο.

Η ζώνη GSM- 900 χρησιμοποιεί 890 - 915 MHz για να στείλει τις πληροφορίες από τον κινητό σταθμό (Mobile Station) στο σταθμό πομποδεκτών (Base Transceiver Station) ( *διαδικασία uplink*) και 935 - 960 MHz για την άλλη κατεύθυνση (*διαδικασία downlink*), παρέχοντας έτσι 124 κανάλια RF που χωρίζονται σε διαστήματα των 200 kHz.

Σε μερικές χώρες το GSM-900 έχει επεκταθεί για να καλύψει ένα μεγαλύτερο φάσμα συχνοτήτων. Το «επεκτεταμένο GSM» ή E-GSM χρησιμοποιεί 880 - 915 MHz για uplink και 925-960 για downlink, προσθέτοντας ακόμα 50 κανάλια στην αρχική GSM-900 ζώνη.



Η ζώνη GSM- 1800 χρησιμοποιεί 1710 - 1785 MHz για να στείλει τις πληροφορίες από το Mobile Station στο Base Transceiver Station (*uplink*) και 1805 - 1880 MHz για στην αντίθετη κατεύθυνση (*downlink*). Έτσι, παρέχει 299 κανάλια.

→ *GSM-850 και GSM-1900*

Χρησιμοποιούνται στις ΗΠΑ, τον Καναδά και άλλες χώρες της Αμερικής.

Το GSM-850 χρησιμοποιεί 824 - 849 MHz για *uplink* και 869 - 894 MHz για *downlink*.

Το GSM-1900 χρησιμοποιεί 1850 - 1910 MHz για *uplink* και 1930 - 1990 MHz για *downlink*.

→ *GSM-400*

Αποτελεί μια λιγότερο χρησιμοποιούμενη έκδοση του GSM. Χρησιμοποιεί την ίδια συχνότητα και συνυπάρχει με τα παλιά αναλογικά συστήματα NMT. Το NMT είναι ένα 1<sup>ης</sup> γενιάς σύστημα κινητής τηλεφωνίας που πρωτοεμφανίστηκε στην Ανατολική Ευρώπη και τη Ρωσία πριν την εισαγωγή του GSM. Λειτουργεί είτε στα 450.4-457.6 MHz μαζί με 460.4-467.6 MHz είτε στα 478.8-486 μαζί με 488.8-496 MHz.

#### ΧΡΗΣΗ GSM ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΜΕΡΙΚΗ

Στη Βόρεια Αμερική το GSM λειτουργούσε στις ζώνες 850 MHz και 1900 MHz. Αρχικά, υπήρχε αποκλειστικά η ζώνη 1900 MHz και η 850 MHz προστέθηκε το 2001. Στον Καναδά το GSM-1900 εμφανίστηκε κυρίως στις αστικές περιοχές και το GSM-850 υπήρχε ως backup, ενώ στις αγροτικές περιοχές εμφανίστηκε κυρίως το GSM-850. Τα GSM-1900 και GSM-850 χρησιμοποιούνται επίσης στη Νότια και Κεντρική Αμερική, ωστόσο ορισμένες χώρες χρησιμοποιούν GSM-900 ή GSM-1800.

Ενδεικτικά παρουσιάζουμε ακολούθως ποιες χώρες χρησιμοποιούν ποία φάσματα συχνοτήτων.

GSM-1900: Αργεντινή, Βερμούδες, Χιλή, Κολομβία, Βολιβία, Μεξικό, Περού, ΗΠΑ (επίσης και GS-850) κα.

GSM-850: Ονδούρας, Παναμάς, Εκουαδόρ, Καναδάς (επίσης και GS-1900) κα.

GSM-900: Βραζιλία (επίσης και GS-1800), Βενεζουέλα κα.

GSM-1800: Κόστα Ρίκα κα.

#### ΧΡΗΣΗ GSM ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΣΤΟΝ ΥΠΟΛΟΙΠΟ ΚΟΣΜΟ

Στον υπόλοιπο κόσμο, με πολύ λίγες εξαιρέσεις χρησιμοποιούνται τα GSM-900 και GSM-1800.

Πρέπει να σημειωθεί στο σημείο αυτό ότι μόνο λίγες χώρες δεν χρησιμοποιούν GSM. Σε αυτές συγκαταλέγονται η Ιαπωνία και η Νότια Κορέα ενώ GSM-400 έχει Τανζανία.

#### MULTI-BAND & MULTI-MODE ΤΗΛΕΦΩΝΑ

Σήμερα τα περισσότερα τηλέφωνα υποστηρίζουν πολλαπλές συχνότητες. Αυτά τα τηλέφωνα αναφέρονται χαρακτηριστικά ως multi-band τηλέφωνα. Τα τηλέφωνα dual-band μπορούν να καλύψουν τα δίκτυα GSM ανά ζευγάρια όπως 900 και 1800 MHz (Ευρώπη, Ασία, Αυστραλία και Βραζιλία) ή 850 και 1900 (Βόρεια Αμερική). Τα ευρωπαϊκά τηλέφωνα tri-band καλύπτουν τις ζώνες 900, 1800 και 1900 που δίνουν καλή κάλυψη στην Ευρώπη αλλά που επιτρέπουν την περιορισμένη χρήση τους στη Βόρεια Αμερική. Ακριβώς τα ίδια, βορειοαμερικανικά τηλέφωνα tri-band χρησιμοποιούν 850, 1800 και 1900. Μια νέα προσθήκη είναι το τηλέφωνο quad-band, που υποστηρίζει και τις τέσσερις σημαντικές ομάδες συχνότητας GSM, που επιτρέπουν τη διαδεδομένη χρήση στη Βόρεια Αμερική καθώς επίσης και τον υπόλοιπο κόσμο.

Υπάρχουν επίσης πολλαπλού τρόπου τηλέφωνα (multi-mode) που μπορούν να λειτουργήσουν στα συστήματα GSM καθώς επίσης και στα συστήματα κινητών τηλεφώνων χρησιμοποιώντας άλλα τεχνικά πρότυπα. Συχνά αυτά τα τηλέφωνα χρησιμοποιούν πολλαπλές ζώνες συχνότητας. Παραδείγματος χάριν, μια έκδοση της Nokia 6340i GAITrhone που πωλείται στη Βόρεια Αμερική μπορεί να λειτουργήσει στα GSM- 1900, GSM- 850 και την κληρονομιά TDMA -1900, TDMA - 800, και AMPS -800, καθιστώντας το έτσι και multi-mode και multi-band.

### 2.3.2 Cells του GSM

Το GSM είναι ένα κυψελωτό (cellular) δίκτυο που σημαίνει ότι τα κινητά τηλέφωνα συνδέονται σε αυτό ψάχνοντας να βρουν cells που βρίσκονται στην κοντινή περιοχή.

Υπάρχουν τέσσερα διαφορετικά μεγέθη κυττάρων σε ένα δίκτυο GSM - macro, micro, pico και umbrella cells. Η περιοχή κάλυψης κάθε κυττάρου είναι διαφορετική σε διαφορετικά περιβάλλοντα. Τα macro κύτταρα μπορούν να θεωρηθούν ως κύτταρα όπου η κεραία σταθμών βάσεων (Base Station Antenna) εγκαθίσταται σε έναν ιστό ή ένα κτήριο επάνω από το μέσο κορυφαίο επίπεδο στεγών. Τα micro κύτταρα είναι κύτταρα των οποίων το ύψος κεραιών είναι κάτω από το μέσο κορυφαίο επίπεδο στεγών και χρησιμοποιούνται στις αστικές περιοχές. Τα Picocells είναι μικρά κύτταρα των οποίων η διάμετρος είναι μερικά δωδεκάδες μέτρα και χρησιμοποιούνται κυρίως σε εσωτερικούς χώρους. Αντιθέτως, τα κύτταρα ομπρελών χρησιμοποιούνται για να καλύψουν τις περιοχές των μικρότερων κυττάρων και να συμπληρώσουν τα χάσματα στην κάλυψη μεταξύ εκείνων των κυττάρων.

Η ακτίνα των κυττάρων ποικίλλει ανάλογα με το ύψος κεραιών, το κέρδος κεραιών και τους όρους διάδοσης από 200 μέτρα ως μερικές δεκάδες χιλιομέτρων. Η μεγαλύτερη απόσταση που η προδιαγραφή GSM υποστηρίζει σε πρακτική χρήση είναι 35 χλμ. Υπάρχει επίσης μια έννοια ενός εκτεταμένου κυττάρου, όπου η ακτίνα κυττάρων μπορεί να είναι διπλάσια ή και ακόμα περισσότερο

### 2.3.3 Βασικά χαρακτηριστικά σήματος

Το σύστημα GSM χρησιμοποιεί την ψηφιακή τεχνολογία TDMA που συνδυάζεται με ένα εύρος ζώνης καναλιού 200 kHz. Συνεπώς, το σύστημα είναι σε θέση να προσφέρει ένα πιο υψηλό επίπεδο αποδοτικότητας φάσματος σε σχέση με αυτό που είχαν επιτύχει τα προηγούμενα αναλογικά συστήματα. Δεδομένου ότι υπάρχουν πολλές διαθέσιμες φέρουσες συχνότητες, κάθε μια ή περισσότερες θα μπορούσαν να διατεθούν σε κάθε Base Station. Επίσης, το σύστημα λειτουργεί χρησιμοποιώντας Frequency Division Duplex και κατά συνέπεια, απαιτούνται κατά ζεύγος ζώνες για τις uplink και downlink μεταδόσεις.

Η φέρουσα είναι διαμορφωμένη χρησιμοποιώντας Gaussian Minimum Shift Keying (GMSK). Η GMSK χρησιμοποιήθηκε στο GSM επειδή είναι σε θέση να παρέχει τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα που απαιτούνται για το GSM. Είναι ελαστικό στο θόρυβο συγκριτικά με άλλες μορφές διαμόρφωσης, καταλαμβάνει σχετικά έναν στενό εύρος ζώνης και έχει ένα σταθερό power level.

Τα δεδομένα που μεταφέρονται από τη φέρουσα εξυπηρετούν μέχρι και οκτώ διαφορετικούς χρήστες στο βασικό σύστημα. Ακόμα κι αν ο πλήρης ρυθμός δεδομένων είναι περίπου 270 kbps, μερικά από αυτό υποστηρίζουν management overhead και επομένως ο ρυθμός δεδομένων που ανατίθεται σε κάθε time slot είναι μόνο 24,8 kbps. Επίσης, απαιτείται να ξεπεραστούν τα προβλήματα των παρασίτων, της εξασθένησης και άλλων παρομοίων. Αυτό σημαίνει ότι ο διαθέσιμος ρυθμός δεδομένων για την ψηφιακή κωδικοποιημένη ομιλία είναι 13 kbps για βασικά vocoders.

### 2.3.4 Power Levels

Στο GSM στάνταρ επιτρέπεται μια ποικιλία από επίπεδα ρεύματος με τη μικρότερη να είναι μόνο 800mW (29dB).

Για να μειωθούν τα επίπεδα ρεύματος και συνεπώς τα επίπεδα παρεμβολής, τα κινητά έχουν τη δυνατότητα να μειώσουν ανά 2dB το ρεύμα από το μέγιστο επίπεδο ως το ελάχιστο των 13dB (20mW). Το mobile station έχει τη δυνατότητα να μετρήσει τη δύναμη του σήματος ή την ποιότητα του, να μεταφέρει την πληροφορία αυτή στο BTS και έτσι στο BSC το οποίο καθορίζει αν απαιτείται αλλαγή του επιπέδου ρεύματος. *Οι όροι BTS και BSC αποτελούν τμήματα της αρχιτεκτονικής του GSM και θα περιγραφούν αναλυτικά σε επόμενη ενότητα.*

Μια ακόμη τεχνική για τη μείωση του επιπέδου ρεύματος και των επιπέδων παρεμβολής είναι η χρήση μη-συνεχούς μετάδοσης (DTx). Είναι ιδιαίτερα χρήσιμη όταν υπάρχουν μεγάλα «κενά» λόγου, όταν π.χ κάποιος σε μια τηλεφωνική συνομιλία ακούει και δε χρειάζεται να μιλήσει χωρίς έτσι να χρειάζεται να μεταδοθούν σήματα. Έχει παρατηρηθεί ότι κάποιος μιλά κατά 40% περίπου του συνολικού χρόνου της τηλεφωνικής συνομιλίας. Το πιο σημαντικό για το DTx είναι να αναγνωρισθεί το πότε έχουμε ομιλία και το πότε θόρυβο κάτι το οποίο δε είναι ιδιαίτερα εύκολο.

### 2.3.5 Κανάλια Μετάδοσης του GSM

Το GSM χρησιμοποιεί ένα συνδυασμό από TDMA και FDMA τεχνικές. Στην περίπτωση του FDMA έχουμε διαίρεση της συχνότητας ενός (μέγιστου) 25MHz εύρους ζώνης σε 124 φέρουσες συχνότητες που απέχουν μεταξύ τους κατά 200 kHz. Μετά, οι φέρουσες υφίστανται διαίρεση στο χρόνο (TDMA). Η θεμελιώδης μονάδα χρόνου ονομάζεται burst period και διαρκεί περίπου 4.615ms. Σε ένα φυσικό κανάλι ένα burst period ανατίθεται σε κάθε TDMA πλαίσιο.

Υπάρχουν διαφορετικοί τύποι πλαισίων που εκπέμπονται για να μεταφέρουν δεδομένα και ακόμα πλαίσια που οργανώνονται σε αυτό που αποκαλείται multiframe και superframes ώστε να παρέχουν πλήρη συγχρονισμό.

### 2.3.6 Speech Coding ( Κωδικοποίηση φωνής )

Εάν η ομιλία υφίστατο γραμμική ψηφιοποίηση θα κατελάμβανε ένα πολύ μεγαλύτερο εύρος ζώνης από οποιοδήποτε κυψελοειδές σύστημα και σε αυτήν την περίπτωση το GSM θα ήταν σε θέση να προσαρμοστεί. Για να ξεπεραστεί αυτό έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορα συστήματα κωδικοποίησης φωνής ή αλλιώς vocoders. Αυτά τα συστήματα περιλαμβάνουν την ανάλυση των εισερχόμενων στοιχείων που αντιπροσωπεύουν την ομιλία και έπειτα την εφαρμογή ποικίλων ενεργειών πάνω σε αυτά για να μειωθεί ο ρυθμός δεδομένων. Όταν γίνει η παραλαβή των στοιχείων αυτών εφαρμόζεται η αντιστροφή διαδικασία ώστε να μπορεί κατανοητή η φωνή.

Στο GSM ποικίλα vocoders χρησιμοποιούνται, συμπεριλαμβανομένου του LPC -LPC-RPE, EFR, κλπ... όπως περιγράφεται στη συνέχεια.

Το Vocoder που χρησιμοποιήθηκε αρχικά στο σύστημα GSM ήταν το LPC-RPE (Linear Prediction Coding with Regular Pulse Excitation) vocoder. Αυτό το vocoder έπαιρνε κάθε 20mS block ομιλίας και το αναπαριστούσε χρησιμοποιώντας ακριβώς 260 bits. Αυτό ισοδυναμούσε σε 13kbps data rate.

Στο GSM αναγνωρίζεται ότι μερικά κομμάτια είναι σημαντικότερα από άλλα. Τα διαφορετικά bits ταξινομούνται ως εξής :

Class Ia 50 bits - Πιο σημαντικά και ευαίσθητα σε λάθη.  
Class Ib 132 bits - Μέτριας ευαισθησίας σε λάθη.  
Class II 78 bits - Λιγότερο ευαίσθητα σε λάθη.

Στην κλάση Ia προστίθενται 3 bits CRC (Cyclic Redundancy Code) κώδικα ώστε να ανιχνεύονται λάθη. Έτσι το συνολικό μήκος φθάνει τα 53 bits. Αν δεν υπάρχουν λάθη το πλαίσιο αυτό αγνοείται. Αυτά τα 53 bits μαζί με τα 132 bits του Class Ib με μια ακολουθία ουράς 4 bits εισάγονται σε έναν συνελκτικό κωδικοποιητή  $\frac{1}{2}$  ρυθμού. Ο κωδικοποιητής κωδικοποιεί κάθε ένα από τα bits που εισάγονται ως δύο bits, με την έξοδο ακόμα να εξαρτάται από έναν συνδυασμό των προηγούμενων 4 bits. Το αποτέλεσμα από το συνελκτικό κωδικοποιητή αποτελείται από 378 bits. Τα υπόλοιπα 78 bits της Class II θεωρούνται λιγότερο ευαίσθητα σε λάθη και απλά προστίθενται στα δεδομένα. Κατ' αυτό τον τρόπο κάθε δείγμα φωνής διάρκειας 20ms παράγει συνολικά 456 bits. Κατά συνέπεια, ο συνολικός ρυθμός δυαδικών ψηφίων είναι 22,8 kbps.

Τα 456 bits από το συνελκτικό κωδικοποιητή είναι διαιρεμένα σε 8 block των 57 bit, και αυτά block διαβιβάζεται μέσα σε οκτώ διαδοχικά time-slots, δηλ. συνολικά τέσσερις bursts αφού κάθε ένα burst παίρνει δύο σύνολα data.

Αργότερα ένα άλλο vocoder αποκαλούμενο Enhanced Full Rate (EFR) για να ξεπεράσει τη χαμηλή απόδοση που λάμβαναν οι χρήστες. Αυτό το vocoder έδωσε πολύ καλύτερη ποιότητα φωνής. Χρησιμοποιώντας την ACELP (Algebraic Code Excitation Linear Prediction) τεχνολογία συμπίεσης το EFR αύξησε σημαντικά την απόδοση συγκριτικά με το LPC-RPE.

Τέλος υπάρχει και ένας ακόμα κωδικοποιητής μισού ρυθμού (half rate vocoder) που παρά το γεγονός ότι έχει κατώτερη απόδοση αυξάνει τη ικανότητα του δικτύου.

## 2.4 Αρχιτεκτονική Δικτύου GSM

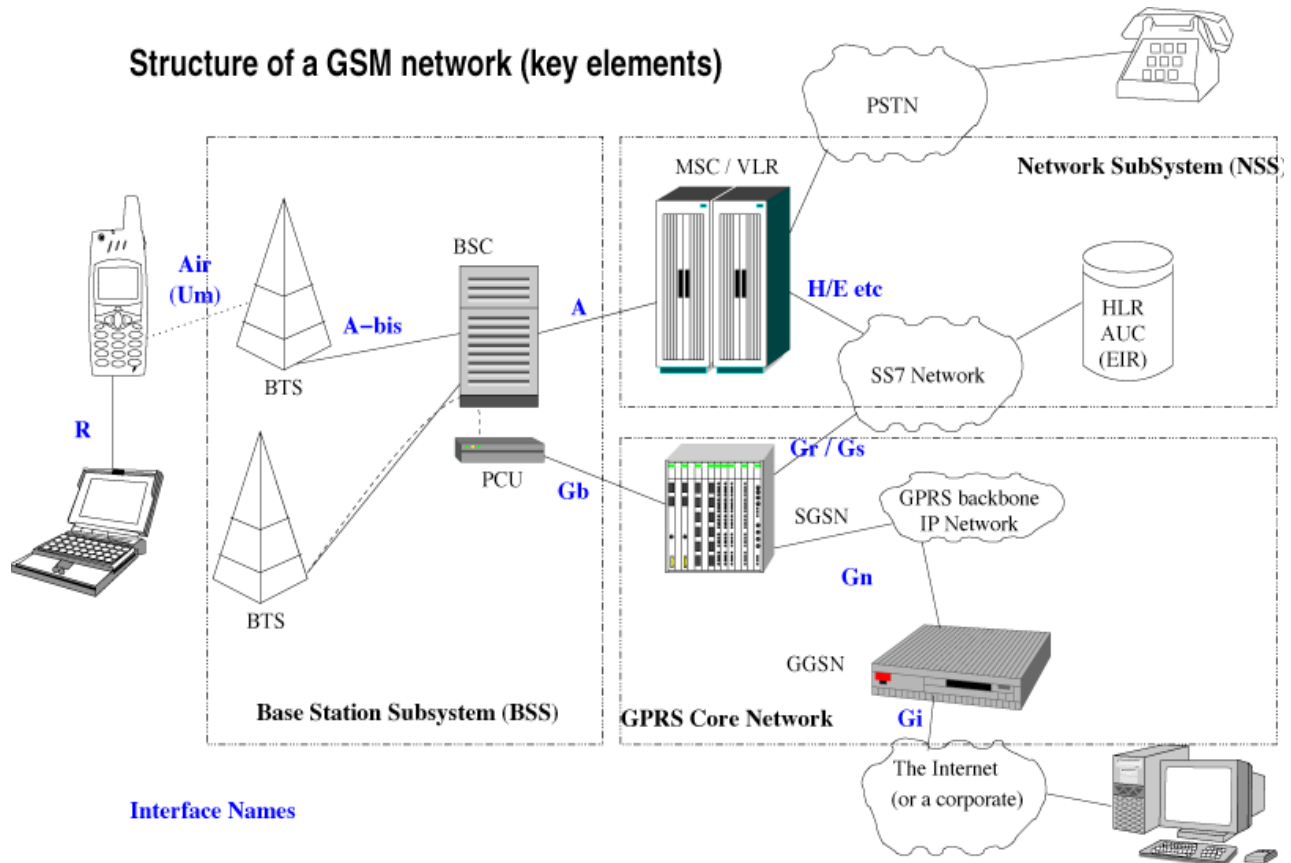
Η αρχιτεκτονική του δικτύου για το σύστημα **GSM** είναι αρκετά περίπλοκη προκειμένου να παρασχεθούν όλες οι υπηρεσίες που απαιτούνται προς το χρήστη. Διαιρείται σε διάφορα τμήματα τα οποία συνοπτικά παρουσιάζονται αμέσως παρακάτω, ενώ στις επόμενες παραγράφους γίνεται μια αναλυτική παρουσίασή τους.

Τα βασικά τμήματα, λοιπόν, του GSM στάνταρ είναι :

- Mobile Station (MS)
- Base Station Subsystem (BSS)
- Network & Switching Subsystem (NSS)
- GPRS Core Network (προαιρετικό τμήμα που επιτρέπει Internet συνδέσεις βασισμένες σε πακέτα)

Σχηματικά θα μπορούσαμε ένα σύστημα GSM όπως παρακάτω.

## Structure of a GSM network (key elements)



### 2.4.1 MS (Mobile Station)

Ο κινητός σταθμός (MS) αποτελείται από τον κινητό εξοπλισμό (το τερματικό) και μια έξυπνη κάρτα την Subscriber Identity Module (SIM). Η κάρτα SIM παρέχει την προσωπική κινητικότητα, έτσι ώστε ο χρήστης να μπορεί να έχει πρόσβαση στις προσυπογραμμένες υπηρεσίες ανεξάρτητα από ένα συγκεκριμένο τερματικό. Με την εισαγωγή της κάρτας SIM σε ένα άλλο τερματικό GSM, ο χρήστης είναι σε θέση να λάβει τις κλήσεις σε εκείνο το τερματικό, να κάνει τις κλήσεις από εκείνο το τερματικό, και να λάβει και άλλες προσυπογραμμένες υπηρεσίες.

Ο κινητός εξοπλισμός προσδιορίζεται μεμονωμένα από τη International Mobile Equipment Identity (IMEI). Η κάρτα SIM περιέχει τη International Mobile Subscriber Identity (IMSI) που χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει το συνδρομητή στο σύστημα, ένα μυστικό κλειδί για την επικύρωση, και άλλες πληροφορίες. Το IMEI και το IMSI είναι ανεξάρτητα, επιτρέποντας με αυτόν τον τρόπο την προσωπική κινητικότητα. Η κάρτα SIM μπορεί να προστατευθεί από την αναρμόδια χρήση (unauthorized use) από έναν κωδικό πρόσβασης ή έναν προσωπικό αριθμό ταυτότητας.

### 2.4.2 BSS (Base Station Subsystem)

Το Base Station Subsystem (BSS) είναι το τμήμα ενός δικτύου GSM που είναι αρμόδιο για το χειρισμό της κυκλοφορίας μεταξύ ενός κινητού τηλεφώνου και του Network & Switching Subsystem. Το BSS εκτελεί τη διακωδικοποίηση των λεκτικών καναλιών, την κατανομή των ραδιο-καναλιών στα κινητά τηλέφωνα, τη σελιδοποίηση (paging) και πολλούς άλλους στόχους σχετικούς με το δίκτυο.

Όπως μπορεί να φανεί και από το παραπάνω σχήμα το BSS αποτελείται από τα επιμέρους τμήματα Base Transceiver Station (BTS) και Base Station Controller (BSC). Αυτά επικοινωνούν στην τυποποιημένη διεπαφή (interface) Abis, επιτρέποντας (όπως και στο υπόλοιπο του συστήματος) τη λειτουργία μεταξύ των στοιχείων που προέρχονται από διαφορετικούς προμηθευτές.

Το BTS παρέχει τον εξοπλισμό για την εκπομπή και τη λήψη ράδιο-σημάτων, κεραιές και εξοπλισμό για κρυπτογράφηση και από-κρυπτογράφηση ανάμεσα στο BSC. Τυπικά, το BTS διαθέτει πολλούς και διάφορους εκπομπούς (transceivers -TRXs) ώστε να μπορεί να λειτουργεί σε ποικίλες συχνότητες και σε διαφορετικά κύτταρα (cells). Το BTS διαθέτει radios για να διαμορφώνει το επίπεδο 1 του interface Um, για GSM 2G+ είναι GMSK ενώ για EDGE είναι 8PSK.

Με τη χρησιμοποίηση κατευθυντικών κεραιών σε έναν σταθμό βάσεων, έτσι ώστε κάθε μια να δείχνει σε διαφορετικές κατευθύνσεις, είναι δυνατό ο σταθμός βάσεων να εξυπηρετεί διάφορα, διαφορετικά κύτταρα από την ίδια θέση. Αυτό αυξάνει την ικανότητα κυκλοφορίας του σταθμού βάσεων (κάθε συχνότητα μπορεί να φέρει οκτώ κανάλια φωνής) χωρίς ταυτόχρονα να προκαλεί αύξηση παρεμβολών που προκαλούνται από γειτονικά κύτταρα.

Το Base Station Controller (BSC) ουσιαστικά αποτελεί τη λογική πίσω από τα BTSs. Ένα BSC μπορεί να ελέγχει 10 ή ακόμη και 100 BTSs. Το BSC κατανέμει τα κανάλια, λαμβάνει μετρήσεις από τα κινητά τηλέφωνα και επιτελεί και άλλες λειτουργίες. Ωστόσο, μια σημαντική λειτουργία-κλειδί είναι ότι δρα ως «συμπυκνωτής» όπου πολλά διαφορετικά BTSs μικρής χωρητικότητας (με σχετικά μικρή χρησιμοποίηση) μειώνονται σε ένα μικρότερο αριθμό συνδέσεων σε Mobile Switching Center (MSC) με μεγάλη χρήση. Αυτό σημαίνει ότι τα δίκτυα διαμορφώνονται έτσι ώστε να έχουν πολλά και διασκορπισμένα σε περιοχές BSCs δίπλα σε BTSs που μετά όλα μαζί ενώνονται σε κεντρικά MSC.

Το Packet Control Unit (PCU) αποτελεί μια μετέπειτα προσθήκη στο GSM standard. Λειτουργεί με τρόπο παρόμοιο με ένα BSC με τη διαφορά ότι χρησιμοποιείται για πακέτα δεδομένων. Η ανάθεση καναλιών φωνής και δεδομένων κανονικά γίνεται από το base station αλλά από τη στιγμή που υπάρχει κάποιο PCU αυτό επιτελεί την παραπάνω λειτουργία.

### 2.4.3 NSS (Network Switching Subsystem)

Το Network Switching Subsystem είναι το συστατικό ενός συστήματος GSM που πραγματοποιεί τις λειτουργίες μετατροπής και διαχειρίζεται τις επικοινωνίες μεταξύ των κινητών τηλεφώνων και του Public Switched Telephone Network. Υπάγεται και διαχειρίζεται από τους διαχειριστές κινητών τηλεφώνων και επιτρέπει στα κινητά τηλέφωνα να επικοινωνήσουν μεταξύ τους σε ένα ευρύτερο δίκτυο τηλεπικοινωνιών. Η αρχιτεκτονική πολύ μοιάζει με το PSTN, αλλά υπάρχουν πρόσθετες λειτουργίες που απαιτούνται επειδή τα τηλέφωνα δεν είναι fixed σε μια συγκεκριμένη θέση.

Το Network Switching Subsystem αποτελείται από το Mobile services Switching Center (MSC), το Home Location Register (HLR) και το Visitor Location Register (VLR).

Το Mobile services Switching Center (MSC) λειτουργεί όπως ένας κανονικός κόμβος μετατροπής του PSTN ή του ISDN, και παρέχει επιπρόσθετα όλη τη λειτουργία που απαιτείται για τη διαχείριση ενός συνδρομητή κινητού, όπως η εγγραφή, η επικύρωση, η ενημέρωση θέσης, οι παραδόσεις, και η δρομολόγηση κλήσης. Αυτές οι υπηρεσίες παρέχονται μαζί και με διάφορες άλλες λειτουργικές οντότητες, οι οποίες διαμορφώνουν μαζί το **Network Switching Subsystem**. Το MSC παρέχει τη σύνδεση στα σταθερά δίκτυα (όπως το PSTN ή το ISDN). Η σηματοδότηση μεταξύ των λειτουργικών οντοτήτων στο NSS χρησιμοποιεί Signaling System Number 7 (SS7), που χρησιμοποιείται για το trunk signaling στο ISDN καθώς και στα τρέχοντα δημόσια δίκτυα.

Το Home Location Register (HLR) και το Visitor Location Register (VLR) μαζί με το MSC παρέχουν τη δρομολόγηση κλήσεων και τη λειτουργία roaming στο GSM. Το HLR περιέχει όλες τις διοικητικού χαρακτήρα πληροφορίες κάθε συνδρομητή που εγγράφεται στο αντίστοιχο δίκτυο GSM, μαζί με την τρέχουσα θέση του κινητού. Η θέση του κινητού είναι χαρακτηριστικά στη μορφή της διεύθυνσης σήματος του VLR που συνδέεται με το

συγκεκριμένο κινητό σταθμό. Τυπικά, υπάρχει ένα HLR ανά δίκτυο GSM, αν και αυτό δεν είναι απολύτως απαραίτητο.

Το Visitor Location Register (VLR) περιέχει επιλεγμένες διοικητικού χαρακτήρα πληροφορίες από το HLR, απαραίτητες για τον έλεγχο κλήσης και την παροχή προσυπογραμμένων υπηρεσιών, για κάθε κινητό που βρίσκεται αυτήν την περίοδο στη γεωγραφική περιοχή που ελέγχεται από το VLR. Αν και κάθε λειτουργική οντότητα μπορεί να υλοποιηθεί ως ανεξάρτητη μονάδα, όλοι οι κατασκευαστές εξοπλισμού μετατροπής εφαρμόζουν μέχρι σήμερα το VLR μαζί με το MSC, έτσι ώστε η γεωγραφική περιοχή που ελέγχεται από το MSC να αντιστοιχεί σε αυτή που ελέγχεται από το VLR, απλοποιώντας κατά συνέπεια τη σηματοδότηση που απαιτείται. Να σημειωθεί ότι το MSC δεν περιέχει καμία πληροφορία για τα mobile stations --- αυτές οι πληροφορίες αποθηκεύονται στους καταλόγους θέσης (location registers).

Χρησιμοποιούνται άλλοι δύο κατάλογοι για λόγους επικύρωσης και ασφάλειας. Ο κατάλογος Equipment Identity Register (EIR) είναι μια βάση δεδομένων που περιέχει μια λίστα όλου του έγκυρου κινητού εξοπλισμού στο δίκτυο, όπου κάθε mobile station προσδιορίζεται από την International Mobile Equipment Identity (IMEI). Ένα IMEI είναι χαρακτηρισμένο ως άκυρο εάν έχει αναφερθεί ότι είναι κλεμμένο ή αν δεν είναι εγκεκριμένου τύπου. Η Authentication Center (AuC) είναι μια προστατευμένη βάση δεδομένων που αποθηκεύει ένα αντίγραφο του μυστικού κλειδιού που αποθηκεύεται στην κάρτα SIM κάθε συνδρομητή, η οποία χρησιμοποιείται για την επικύρωση και την κρυπτογράφηση πάνω από το κανάλι.

## **2.5 SIM Card**

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του GSM είναι η Subscriber Identity Module (SIM), γνωστή ως κάρτα SIM. Η SIM είναι μια αποσπάσιμη έξυπνη κάρτα που περιέχει τις πληροφορίες του συνδρομητή και τον τηλεφωνικό κατάλογο του χρήστη. Αυτό επιτρέπει στο χρήστη να διατηρήσει τις πληροφορίες του μετά από μια ενδεχόμενη αλλαγή τηλεφωνικής συσκευής. Εναλλακτικά, ο χρήστης μπορεί επίσης να αλλάζει χρήστες διατηρώντας το τηλέφωνο απλά με την αλλαγή της SIM. Μερικοί χρήστες το αποτρέπουν αυτό απαγορεύοντας στη συσκευή τους να δέχεται παραπάνω από μια SIM, πρακτική είναι γνωστή ως κλειδώμα SIM, και είναι παράνομη σε μερικές χώρες.

Στις ΗΠΑ και την Ευρώπη, οι περισσότεροι χρήστες κλειδώνουν τα κινητά που πωλούν. Αυτό γίνεται επειδή η τιμή του κινητού τηλεφώνου επιχορηγείται συνήθως με το εισόδημα από τις συνδρομές και οι operators θέλουν να προσπαθήσουν να αποφύγουν τα ανταγωνιστικά κινητά. Ένας συνδρομητής μπορεί συνήθως να έρθει σε επαφή με τον προμηθευτή για να αφαιρέσει το κλειδώμα έναντι αμοιβής, να χρησιμοποιήσει τις ιδιωτικές υπηρεσίες για να αφαιρέσει το κλειδώμα, ή να χρησιμοποιεί το άφθονο λογισμικό και τα διαθέσιμα site στο διαδίκτυο για να ξεκλειδώσει το τηλέφωνο από μόνος του. Μερικοί προμηθευτές στις ΗΠΑ, όπως η T-Mobile και η Cingular, θα ξεκλειδώσουν το τηλέφωνο δωρεάν εάν ο πελάτης έχει κρατήσει έναν λογαριασμό για μια ορισμένη περίοδο. Φυσικά υπάρχουν και «τρίτοι» που ξεκλειδώνουν τις υπηρεσίες πιο γρήγορα και σε μικρότερο κόστος. Στις περισσότερες χώρες η αφαίρεση του κλειδώματος είναι νόμιμη.

## **2.6 Ασφάλεια GSM**

Το GSM σχεδιάστηκε με ένα μέτριο επίπεδο ασφάλειας. Το σύστημα σχεδιάστηκε για να επικυρώσει το συνδρομητή χρησιμοποιώντας το shared-secret σύστημα κρυπτογραφίας. Οι επικοινωνίες μεταξύ του συνδρομητή και του base station μπορούν να κρυπτογραφηθούν. Η ανάπτυξη του UMTS εισάγει ένα προαιρετικό USIM, που χρησιμοποιεί ένα πιο μακροχρόνιο κλειδί επικύρωσης για να δώσει τη μεγαλύτερη ασφάλεια, καθώς επίσης και επικυρώνοντας αμοιβαία το δίκτυο και το χρήστη - ενώ το GSM επικύρωσε μόνο το χρήστη στο δίκτυο (και όχι αντίστροφα). Το πρότυπο ασφάλειας επομένως προσφέρει περιορισμένη ικανότητα έγκρισης αλλά δεν προσφέρει την εμπιστευτικότητα και την επικύρωση όπως και κανένα non-repudiation.

Το GSM χρησιμοποιεί διάφορους κρυπτογραφικούς αλγορίθμους για την ασφάλεια. Οι αλγόριθμοι A5/1 και A5/2 stream ciphers χρησιμοποιούνται για την εξασφάλιση ιδιωτικότητας (privacy) της φωνής. Το A5/1 αναπτύχθηκε πρώτο και είναι ένας ισχυρός αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε στην Ευρώπη και τις Ηνωμένες Πολιτείες. Το A5/2 είναι πιο αδύνατο και χρησιμοποιείται στις χώρες που μπορεί να μην είναι σε θέση να υποστηρίξουν την υποδομή απαραίτητη για A5/1. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα ασφάλειας του GSM είναι ότι το Ki, η crypto μεταβλητή που αποθηκεύεται στην κάρτα SIM και που είναι το κλειδί σε οποιοδήποτε GSM ciphering αλγόριθμο, δεν στέλνεται ποτέ πάνω από το interface του αέρα. Σοβαρές αδυναμίες έχουν βρεθεί και στους δύο αλγορίθμους, και είναι δυνατό να σπάσει ο A5/2 σε πραγματικό χρόνο σε ένα *ciphertext-only attac*. Το σύστημα υποστηρίζει διάφορους αλγορίθμους έτσι οι operators να μπορούν να αντικαταστήσουν ένα cipher (κρυπτογράφηση) με ένα ισχυρότερο.

## 2.7 Υπηρεσίες GSM

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι υπηρεσιών που προσφέρονται μέσω του GSM: τηλεφωνία (επίσης καλούμενη και *teleservices*) και δεδομένα (επίσης καλούμενα και *bearer services*). Οι υπηρεσίες τηλεφωνίας είναι κυρίως υπηρεσίες φωνής που παρέχουν στους συνδρομητές την πλήρη ικανότητα (συμπεριλαμβανομένου του απαραίτητου τερματικού εξοπλισμού) να επικοινωνήσουν με άλλους συνδρομητές. Οι υπηρεσίες δεδομένων παρέχουν την απαραίτητη δυνατότητα να διαβιβαστούν τα κατάλληλα σήματα δεδομένων μεταξύ δύο σημείων πρόσβασης που δημιουργούν μια διεπαφή στο δίκτυο.

Εκτός από την τηλεφωνία και την κλήση έκτακτης ανάγκης, οι ακόλουθες υπηρεσίες συνδρομητών υποστηρίζονται από το GSM:

- **dual-tone multifrequency (DTMF) :**

DTMF είναι ένα τόνος σήματος που χρησιμοποιείται συχνά για διάφορους λόγους ελέγχου μέσω του τηλεφωνικού δικτύου, όπως ο τηλεχειρισμός ενός αυτόματου τηλεφωνητή. Το GSM υποστηρίζει την πλήρης-δημιουργία DTMF.

- **facsimile group III :**

Το GSM υποστηρίζει την CCITT Group 3 facsimile (=πανομοιότυπο αντίγραφο). Δεδομένου ότι οι μηχανές fax σχεδιάζονται για να συνδεθούν με ένα τηλέφωνο χρησιμοποιώντας τα αναλογικά σήματα, ένας ειδικός μετατροπέας fax που συνδέεται με το exchange χρησιμοποιείται στο σύστημα GSM. Αυτό επιτρέπει σε ένα GSM-connected fax για να επικοινωνήσει με οποιοδήποτε αναλογικό fax στο δίκτυο.

- **short message services :**

Μια πολύ καλή δυνατότητα του δικτύου GSM είναι η σύντομη υπηρεσία μηνυμάτων. Ένα μήνυμα που αποτελείται κατά ανώτατο όριο 160 αλφαριθμητικών χαρακτήρων μπορεί να σταλεί σε ή από έναν κινητό σταθμό. Αυτή η υπηρεσία μπορεί να αντιμετωπισθεί ως προηγμένη μορφή αλφαριθμητικής σελιδοποίησης (paging) με διάφορα πλεονεκτήματα. Εάν η κινητή μονάδα του συνδρομητή έχει αφήσει την περιοχή κάλυψης, το μήνυμα αποθηκεύεται και προσφέρεται πίσω στο συνδρομητή όταν έχει σήμα το κινητό ή έχει επανεισέλθει τον τομέα κάλυψης του δικτύου. Αυτή η λειτουργία εξασφαλίζει ότι το μήνυμα θα παραληφθεί.

- **cell broadcast :**

Μια παραλλαγή της σύντομης υπηρεσίας μηνυμάτων είναι η δυνατότητα ραδιοφωνικής μετάδοσης κυττάρων. Ένα μήνυμα κατά ανώτατο όριο 93 χαρακτήρων μπορεί να μεταδοθεί ραδιοφωνικά σε όλους τους κινητούς συνδρομητές σε μια ορισμένη γεωγραφική περιοχή. Οι χαρακτηριστικές εφαρμογές περιλαμβάνουν τις προειδοποιήσεις και τις αναφορές κυκλοφοριακής συμφόρησης σχετικά με ατυχήματα.

- **voice mail :**

αυτή η υπηρεσία είναι πραγματικά ένας αυτόματος τηλεφωνητής μέσα στο δίκτυο, το οποίο ελέγχεται από το συνδρομητή. Οι κλήσεις μπορούν να διαβιβαστούν στο κιβώτιο



φωνητικού ταχυδρομείου του συνδρομητή και αυτός να ελέγξει για τα μηνύματα μέσω ενός προσωπικού κώδικα ασφάλειας.

- **fax mail :**

με αυτήν την υπηρεσία, ο συνδρομητής μπορεί να λάβει μηνύματα fax σε οποιαδήποτε μηχανή fax. Τα μηνύματα αποθηκεύονται σε ένα κέντρο υπηρεσιών από το οποίο μπορούν να ανακτηθούν από το συνδρομητή μέσω ενός προσωπικού κώδικα ασφάλειας στον επιθυμητό αριθμό fax.

### **Συμπληρωματικές υπηρεσίες**

Το GSM υποστηρίζει ένα περιεκτικό σύνολο συμπληρωματικών υπηρεσιών που μπορούν να συμπληρώσουν και να υποστηρίξουν και την τηλεφωνία και τις υπηρεσίες δεδομένων. Οι συμπληρωματικές υπηρεσίες καθορίζονται από το GSM και χαρακτηρίζονται όπως τα γνωρίσματα revenue-generating.

Μια μερική λίστα των συμπληρωματικών υπηρεσιών ακολουθεί.

- **call forwarding :**

αυτή η υπηρεσία δίνει στο συνδρομητή τη δυνατότητα να διαβιβάσει τις εισερχόμενες κλήσεις σε έναν άλλο αριθμό εάν η αποκαλούμενη κινητή μονάδα δεν είναι εφικτή, εάν είναι πολυάσχολη, εάν δεν υπάρχει καμία απάντηση, ή εάν η αποστολή κλήσης επιτρέπεται άνευ όρων.

- **barring of outgoing calls :**

αυτή η υπηρεσία καθιστά τη δυνατότητα για έναν συνδρομητή να αποτρέψει όλες τις εξερχόμενες κλήσεις.

- **barring of incoming calls :**

αυτή η λειτουργία επιτρέπει στο συνδρομητή να αποτρέψει τις εισερχόμενες κλήσεις. Υπάρχουν οι ακόλουθοι δύο όροι για την εισερχόμενη εμπόδιση κλήσης: όλων των εισερχόμενων κλήσεων και εμπόδιση των εισερχόμενων κλήσεων κατά την περιπλάνηση έξω από το σπίτι PLMN.

- **advice of charge (AoC) :**

η υπηρεσία AoC παρέχει στον συνδρομητή μια εκτίμηση των δαπανών κλήσης. Υπάρχουν δύο τύποι πληροφοριών AoC: ένας που παρέχει στο συνδρομητή μια εκτίμηση του λογαριασμού του και ένας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άμεσους λόγους χρέωσης. AoC για κλήσεις δεδομένων παρέχονται βάσει των χρονικών μετρήσεων.

- **call hold :**

αυτή η υπηρεσία επιτρέπει στο συνδρομητή να διακόψει μια τρέχουσα κλήση και έπειτα να επανεγκαθιδρύσει την κλήση. Η υπηρεσία κράτησης κλήσης ισχύει μόνο στην κανονική τηλεφωνία.

- **call waiting :**

αυτή η υπηρεσία επιτρέπει στον συνδρομητή να ειδοποιηθεί για μια εισερχόμενη κλήση κατά τη διάρκεια μιας συνομιλίας. Ο συνδρομητής μπορεί να απαντήσει, να απορρίψει, ή να αγνοήσει στην εισερχόμενη κλήση. Η αναμονή κλήσης ισχύει σε όλες τις τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες GSM που χρησιμοποιούν μια circuit-switched σύνδεση

- **multiparty service :**

η υπηρεσία αυτή επιτρέπει σε έναν συνδρομητή να καθιερώσει μια ταυτόχρονη συνομιλία μεταξύ τριών και έξι συνδρομητών. Αυτή η υπηρεσία ισχύει μόνο στην κανονική τηλεφωνία.

- **calling line identification presentation/restriction :**

αυτές οι υπηρεσίες εφοδιάζουν το καλούμενο με τον ενοποιημένων υπηρεσιών αριθμό ψηφιακού δικτύου (ISDN) του καλούντα. Η υπηρεσία περιορισμού επιτρέπει στον καλούντα να περιορίσει την παρουσίαση. Ο περιορισμός αγνοεί την παρουσίαση.

- **closed user groups (CUGs) :**

(κλειστές ομάδες χρηστών) - Τα CUGs είναι γενικά συγκρίσιμα με μια PBX. Είναι ομάδα συνδρομητών που είναι σε θέση να καλούν μόνο τους εαυτούς τους και ακόμα ορισμένους αριθμούς.

## **2.8 GSM-R ( GSM Railroads )**

Το GSM-R (GSM-Railway) είναι μια ασύρματη πλατφόρμα επικοινωνιών που αναπτύχθηκε συγκεκριμένα για την επικοινωνία και τις εφαρμογές σιδηροδρόμων. Οι επιχειρήσεις Nortel και Siemens είναι οι κύριοι προμηθευτές της υποδομής GSM-R.

Η τεχνολογία GSM-R αναπτύχθηκε από ένα Ευρωπαϊκά χρηματοδοτημένο πρόγραμμα, το MORANE (Mobile Radio for Railways Networks in Europe). Ο στόχος του προγράμματος είναι να αναπτυχθεί ένα ομοιόμορφο ψηφιακό ραδιο σύστημα για την ευρωπαϊκή κυκλοφορία σιδηροδρόμου. Το GSM-R είναι μια πλατφόρμα για μεταδόσεις φωνής και δεδομένων καθώς επίσης και για συστήματα ελέγχου της κυκλοφορίας (ETCS, Electronic Train Control System).

Μετά από συγκρίσεις διαφορετικών ψηφιακών τεχνολογιών, η τεχνολογία GSM επιλέχθηκε από 32 επιχειρήσεις σιδηροδρόμων που συμμετέχουν στο πρόγραμμα. Το GSM επεκτάθηκε με ειδικά χαρακτηριστικά που αναπτύχθηκαν για την κυκλοφορία σε ράγες. Δεδομένου ότι είναι κλειστά δίκτυα, είναι δυνατό να χτιστούν ειδικές εφαρμογές που απαιτούνται για το περιβάλλον σιδηροδρόμου.

Το GSM-R χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της κυκλοφορίας, που εξυπηρετεί μεταξύ των άλλων τους οδηγούς μηχανών καθώς επίσης και το προσωπικό που εργάζεται στις εργασίες σιδηροδρόμου και κατά μήκος του σιδηροδρομικού δικτύου και στους σιδηροδρομικούς σταθμούς. Το σύστημα εξασφαλίζει μια ασφαλέστερη και ομαλή ροή της κυκλοφορίας τρένων.

Το GSM-R εισάγεται αυτήν την περίοδο ως ευρωπαϊκό πρότυπο για τις επικοινωνίες σιδηροδρόμων και είναι ήδη σε εμπορική χρήση σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες. Διάφορες χώρες εκτός της Ευρώπης, π.χ. Κίνα και Ινδία, αποφάσισαν ήδη για το GSM-R ως σύστημα επικοινωνιών σιδηροδρόμων τους. Αυτό επιτρέπει ενιαία διεθνή πρότυπα επικοινωνίας για την επικοινωνία τρένων και βελτιώνει επίσης τη διαλειτουργικότητα μεταξύ των διάφορων επιχειρήσεων σιδηροδρόμων σε διεθνές επίπεδο.

### 3. GPRS Standard

#### 3.1 Τι είναι – ερμηνεία ορολογίας – Βασική ιδέα standard

Η εισαγωγή της ασύρματης επικοινωνίας έχει επιτρέψει σε πολλά άτομα στον κόσμο να ζούνε τις ζωές και ταυτόχρονα να διεξάγουν τις δουλειές τους με τρόπο που δεν ήταν εφικτοί στο παρελθόν. Εκατομμύρια από κυψελωτούς συνδρομητές έχουν καθιερώσει να έχουν μαζί τους όπου και να βρίσκονται πάντα ένα κινητό τηλέφωνο. Πλέον όλοι οι επαγγελματίες θέλουν να έχουν την δυνατότητα να μπορούν να συνδέονται με το γραφείο τους όταν δεν βρίσκονται σε αυτό ώστε να μπορούν να ελέγχουν το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο τους, να ψάχνουν στο διαδίκτυο, να έχουν πρόσβαση στα αρχεία της εταιρίας, να στέλνουν δεδομένα όπου και όποτε χρειάζεται. Αυτή την στιγμή υπάρχουν αρκετές ασύρματες υπηρεσίες δεδομένων διαθέσιμες που προσφέρουν αυτήν τη δυνατότητα αλλά μία από τις σημαντικότερες είναι το GPRS.

Τα αρχικά GPRS προέρχονται από το General Packet Radio Service. Το GPRS είναι μία μη φωνητική υπηρεσία η οποία επιτρέπει στα κινητά τηλέφωνα να έχουν την δυνατότητα να στέλνουν και να δέχονται δεδομένα σύμφωνα με το IP πρωτόκολλο (internet protocol). Το GPRS λοιπόν είναι ένας κομιστής δεδομένων το οποίο επιτρέπει ασύρματη πρόσβαση σε δίκτυα δεδομένων όπως το internet δίνοντας τη δυνατότητα στους χρήστες να χρησιμοποιούν διαδικτυακές εφαρμογές.

Η βασική ιδέα λειτουργίας του GPRS είναι η εξής: τα δεδομένα του GPRS διακινούνται ως μία σειρά πακέτων τα οποία μπορούν να αποσταλούν σε πολλά μονοπάτια διαμέσου του διαδικτύου, διαφορετικά από μία συνεχή ροή ψηφίων όπως γίνεται σε μία dial up σύνδεση. Με το GPRS η πληροφορία χωρίζεται σε διαφορετικά αλλά σχετιζόμενα μεταξύ τους πακέτα πριν να μεταφερθούν. Εφόσον έχει γίνει σωστά η μεταφορά στο τέλος αυτά τα πακέτα ενώνονται. Το internet αποτελεί ένα παράδειγμα ενός δικτύου πακέτων δεδομένων και το περισσότερο γνωστό μάλιστα

#### 3.2 Ιστορική εξέλιξη GPRS

##### 3.2.1 Η πορεία του στο πέρασμα του χρόνου

Όπως και η υπηρεσία GSM και η υπηρεσία GPRS εισήχθη σε φάσεις. Η πρώτη φάση έγινε διαθέσιμη εμπορικά το έτος 2000/2001. Η μορφή Point to Point GPRS, η οποία στέλνει πληροφορία σε ένα μόνο χρήστη GPRS υποστηρίχθηκε, αλλά όχι η μορφή Point to Multipoint GPRS η οποία με τη σειρά της στέλνει την ίδια πληροφορία σε πολλούς χρήστες GPRS ταυτόχρονα. Η δεύτερη φάση του GPRS δεν έχει ακόμα οριστεί πλήρως αλλά αναμένεται να προσφέρει την δυνατότητα αποστολής δεδομένων με μεγαλύτερη ταχύτητα μέσω της τεχνολογίας EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) αλλά και την υποστήριξη της μορφής Point to Multipoint GPRS. Παρακάτω παρατίθεται ένας πίνακας που μας δείχνει την πορεία του GPRS στο χρόνο.

##### 3.2.2 Συμμετοχή του GPRS στη βιομηχανία

#### ΠΙΝΑΚΑΣ: GPRS History

Throughout 1999-2000	Network operators place trial and commercial contracts for GPRS infrastructure. Incorporation of GPRS infrastructure into GSM networks.
Summer of 2000	First trial GPRS services become available. Typical single user throughput is likely to be 28 kbps.

	For example, T-Mobil is planning a GPRS trial at Expo2000 in Hanover in the Summer of 2000.
Start of 2001	Basic GPRS capable terminals begin to be available in commercial quantities.
Throughout 2001	Network operators launch GPRS services commercially and roll out GPRS. Vertical market and executive GPRS early adopters begin using it regularly for nonvoice mobile communications.
2001/2002	Typical single user throughput is likely to be 56 kbps. New GPRS specific applications, higher bitrates, greater network capacity solutions, more capable terminals become available, fueling GPRS usage.
2002	Typical single user throughput is likely to be 112 kbps. GPRS Phase 2/EDGE begins to emerge in practice.
2002	GPRS is routinely incorporated into GSM mobile phones and has reached critical mass in terms of usage. (This is the equivalent to the status of SMS in 1999)
2002/2003	3GSM arrives commercially.
Source: An Introduction to the General Packet Radio Service, January 2000 [7]	

### 3.3 Αρχιτεκτονική Τεχνολογίας GPRS

#### ***GPRS – Λογική Αρχιτεκτονική***

Η υλοποίηση της υπηρεσίας GPRS γίνεται με την προσθήκη δύο νέου τύπου κόμβων στην υπάρχουσα GSM υποδομή. Οι κόμβοι αυτοί, γνωστοί ως GSNs (GPRS Support Nodes) [ETS99a, Gra99, Kar99], είναι υπεύθυνοι για την παροχή GPRS υπηρεσιών στους συνδρομητές του δικτύου και διακρίνονται σε :

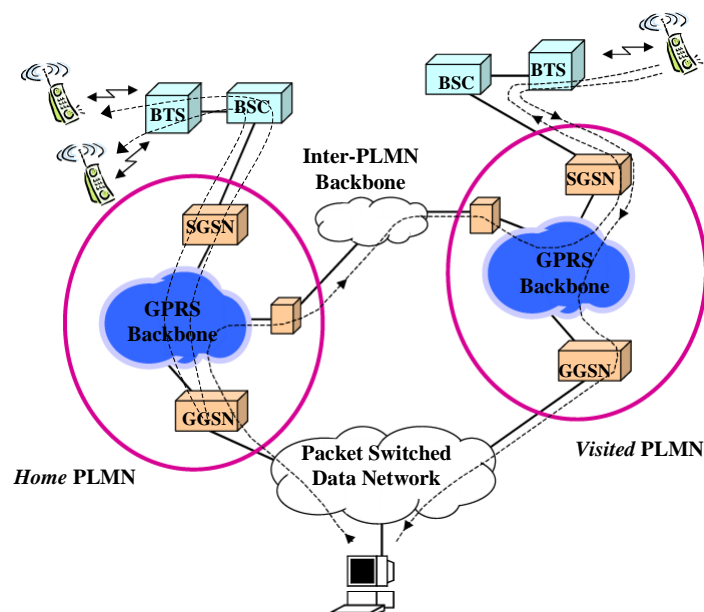
- SGSN (Serving GPRS Support Node) ο οποίος είναι υπεύθυνος για την εξυπηρέτηση των κινητών σταθμών (Mobile Stations –MSs) που βρίσκονται στη δικαιοδοσία του. Οι λειτουργίες του SGSN είναι [Kar99]:
  1. Authentication, ciphering.
  2. Διαχείριση Κινητικότητας (Mobility Management –MM (κεφάλαιο 6) ).
  3. Διαχείριση των λογικών συνδέσεων (Logical Link Management) στη διεύθυνση SGSN→MS.
  4. Δρομολόγηση και μετάδοση πακέτων.
  5. Χρέωση συνδρομητών.
  6. Διασύνδεση με τις βάσεις δεδομένων του GPRS (HLR, VLR, EIR).
- GGSN (Gateway GPRS Support Node) ο οποίος αποτελεί και τη πύλη επικοινωνίας με εξωτερικά δίκτυα μεταγωγής πακέτων. Οι βασικές του λειτουργίες είναι [Kar99]:
  1. Διαχείριση Κινητικότητας (Mobility Management –MM (κεφάλαιο 6) ).
  2. Διασύνδεση με εξωτερικά δίκτυα δεδομένων. Στο παρών στάδιο (stage 2) υποστηρίζονται τα 2 ευρύτερα διαδεδομένα δίκτυα μεταγωγής πακέτου : IP και X.25.

3. Διασύνδεση με άλλα PLMNs.
4. Δρομολόγηση και μετάδοση πακέτων.

Κάτι το οποίο θα πρέπει να τονιστεί εδώ είναι ότι η παραπάνω διάκριση σε SGSN και GGSN είναι περισσότερο λογική και όχι φυσική. Έτσι ο ίδιος φυσικός κόμβος μπορεί να υλοποιεί ταυτόχρονα SGSN και GGSN λειτουργικότητα, ή να λειτουργεί μόνο ως GGSN ή μόνο ως SGSN.

SGSNs και GGSNs συνδέονται μεταξύ τους, είτε απευθείας είτε μέσω ενδιάμεσων κόμβων, συνιστώντας έτσι ένα IP δίκτυο. Το δίκτυο αυτό είναι το δίκτυο κορμού του GPRS (GPRS backbone ή GPRS core). Η τεχνολογία επιπέδου 2 (L2-layer 2) του δικτύου αυτού δε φέρει κάποια προτυποποίηση. Έτσι το GPRS backbone μπορεί να είναι από ένα απλό Ethernet έως και ATM. Η επιλογή είναι καθαρά του φορέα που θα παράσχει την υπηρεσία.

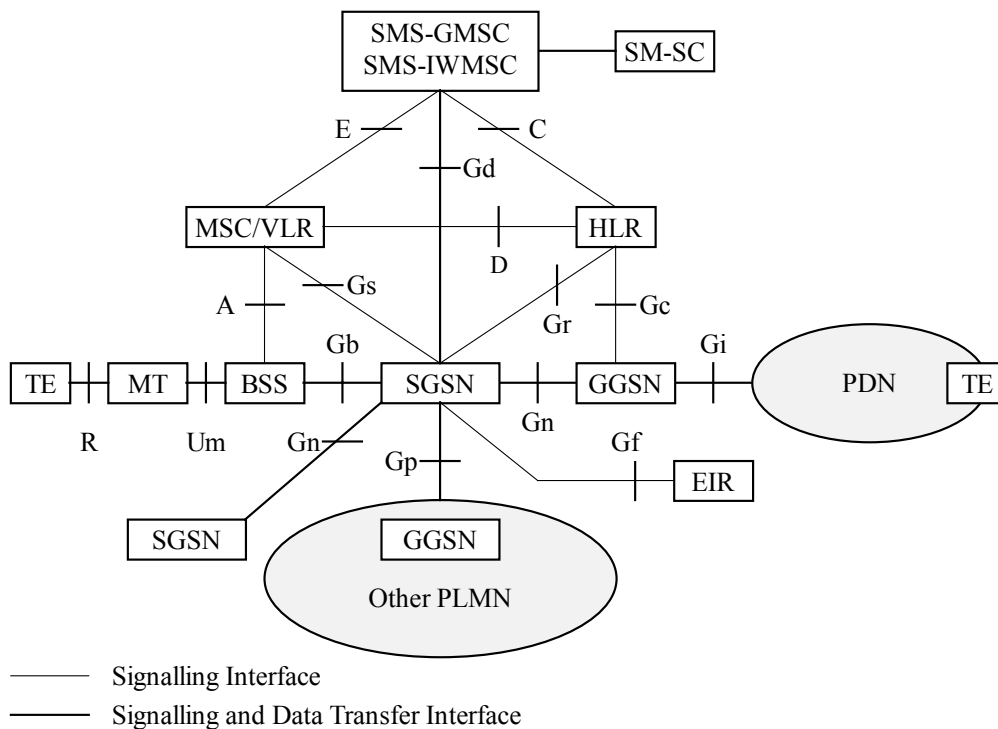
Ο κόμβος GGSN είναι απαραίτητος σε ένα GPRS δίκτυο προκειμένου να εξασφαλίσει την επικοινωνία έξω από ένα PLMN. Πέρα από αυτό, όμως, ο GGSN είναι απαραίτητος και για την επικοινωνία μέσα στο ίδιο PLMN, αφού οποιοδήποτε πακέτο από κάποιον κινητό σταθμό, ανεξαρτήτως προορισμού, θα δρομολογηθεί μέσω αυτού (**Σχήμα 0-1** [Sal99]). Έτσι κάθε δίκτυο κορμού, οφείλει να έχει τουλάχιστον έναν GGSN, αριθμός που μπορεί να αυξηθεί στη περίπτωση που διατηρούνται πολλαπλές διεπαφές με αλλά σταθερά ή κινητά δίκτυα. Αντίστοιχα ένα GPRS δίκτυο θα έχει εν γένει πολλούς SGSNs, καθένας από τους οποίους θα εξυπηρετεί μια ευρύτερη γεωγραφική περιοχή που περιλαμβάνει αρκετούς σταθμούς βάσης.



**Σχήμα 0-1. Τυπική δρομολόγηση πακέτων στο GPRS**

Στο **Σχήμα 0-2** [ETS99a] φαίνεται η λογική αρχιτεκτονική ενός τυπικού GPRS δικτύου. Όλες οι οντότητες που εμπλέκονται στη τεχνολογία GPRS καθώς και οι μεταξύ τους

διεπαφές παρουσιάζονται αναλυτικά. Από το σχήμα αυτό καθίσταται σαφές, αυτό που ήδη αναφέρθηκε αρκετές φορές νωρίτερα, ότι δηλαδή το GPRS αποτελεί επέκταση του GSM και όχι κάτι ανεξάρτητο.



**Σχήμα 0-2. Οντότητες και διεπαφές της αρχιτεκτονικής GPRS**

Έτσι ολόκληρο το υποσύστημα του σταθμού βάσης (BSS) επαναχρησιμοποιείται στο GPRS με τις απαραίτητες βέβαια αλλαγές-προσθήκες που απαιτούνται για την υποστήριξη των νέων υπηρεσιών. Το ίδιο ακριβώς συμβαίνει και με όλες τις βάσεις δεδομένων (HLR, VLR, EIR) που είχαν οριστεί στο GSM οι οποίες απλά ενισχύονται ώστε να κρατάνε πρόσθετες πληροφορίες που αφορούν την GPRS επικοινωνία. Πιο αναλυτικά οι αλλαγές [Mel99] έχουν ως εξής :

### **BSS**

Το υποσύστημα σταθμού βάσης περιλαμβάνει δυο οντότητες, τον Ελεγκτή Σταθμού Βάσης (Base Station Controller-BSC) και τον Πομποδέκτη Σταθμού Βάσης (Base Transceiver Station-BTS). Τροποποιήσεις έχουν γίνει και στις δυο αυτές οντότητες.

Ο BSC έχει ενισχυθεί με την προσθήκη μιας Μονάδας Ελέγχου Πακέτων (Packet Control Unit-PCU) , η οποία αναλαμβάνει τη διαχείριση της μετάδοσης των πακέτων ανάμεσα στον MS και στον SGSN, ενώ είναι υπεύθυνη και για κάποιες από τις λειτουργίες των επιπέδων RLC και MAC (βλ. §0). Επίσης περιλαμβάνει πρόσθετες λειτουργίες για το Mobility Management στο GPRS ενώ εισάγονται και διεπαφές σηματοδότησης με τον SGSN. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί, ότι αν και η PCU θεωρείται κομμάτι του BSC μπορεί τοπολογικά να βρίσκεται είτε στον BTS είτε και στον SGSN [ETS98a].

Ο BTS περιλαμβάνει νέα πρωτόκολλα για την μετάδοση πακέτων στο ράδιο-κανάλι, καθώς και λειτουργίες για τη διαχείριση των πόρων της ράδιο-ζεύξης (ραδιοσυχνότητες και χρονοθυρίδες).

## HLR

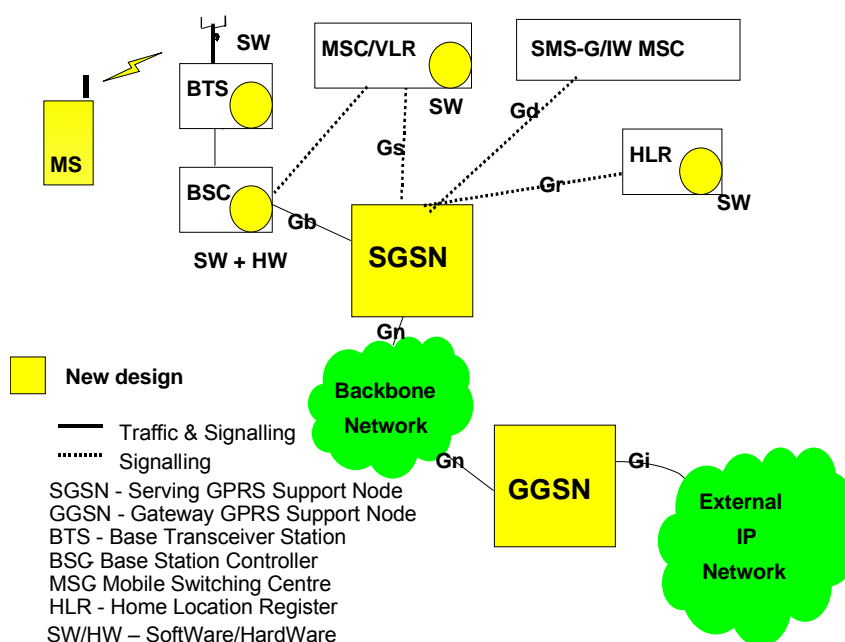
Περιλαμβάνει γενικές πληροφορίες αλλά και πληροφορίες δρομολόγησης για κάθε συνδρομητή του GPRS. Στην HLR κάθε συνδρομητής αντιστοιχίζεται με ένα τουλάχιστον GGSN, το οποίο και θα καλείται κάθε φορά που ανιχνεύεται δραστηριότητα από το κινητό του. Η HLR δεν είναι απαραίτητο να βρίσκεται στο ίδιο PLMN με τον SGSN που εξυπηρετεί τον MS. Μια περίπτωση κατά την οποία συμβαίνει κάτι τέτοιο είναι κατά την περιαγωγή (roaming)

## MSC/VLR

Ο κόμβος αυτός εξακολουθεί να χρησιμοποιείται για τη διαχείριση των συνδέσεων στο GSM. Η μόνη προσθήκη είναι η εισαγωγή μιας νέας διεπαφής ανάμεσα σε αυτόν και στον SGSN, η οποία αποσκοπεί στον συντονισμό της σηματοδότησης για κινητά με ικανότητα ταυτόχρονης circuit και packet-switched σύνδεσης (Type A και Type B) και επιπλέον software για τον συγχρονισμό των δύο υπηρεσιών.

## SMS-GMSC

Αναβαθμίζονται ώστε να υποστηρίζουν μετάδοση SMS μέσω του GPRS δικτύου. Γι' αυτόν το λόγο εισάγεται μια νέα διεπαφή με τον SGSN (Gd).



**Σχήμα 0-3. Hardware/Software αναβαθμίσεις που απαιτούνται στο υπάρχον GSM δίκτυο προκειμένου να υποστηρίξει υπηρεσίες GPRS [Mel99]**

Εποπτικά κοιτώντας κανείς, θα μπορούσε να πει ότι τα SGSN και GGSN στο GPRS αντιστοιχούν στα MSC και GMSC του GSM. Η λειτουργικότητά τους είναι παρεμφερής τα μεν πρώτα για τη μεταγωγή πακέτων τα δε δεύτερα για την μεταγωγή κυκλώματος.

### 3.4 Αρχιτεκτονική Πρωτοκόλλων

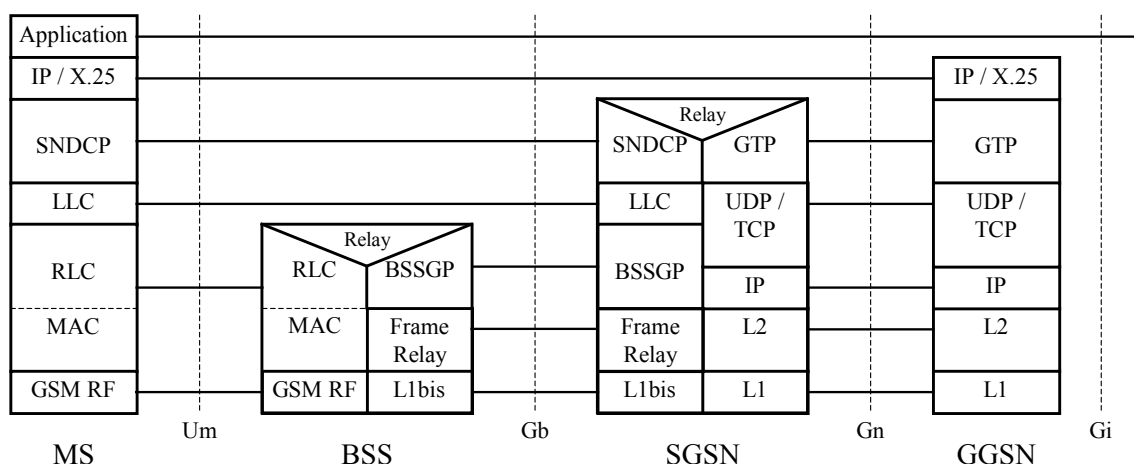
#### GPRS – Αρχιτεκτονική Πρωτοκόλλων

Όπως κάθε δίκτυο μεταγωγής πακέτων, έτσι και το GPRS ακολουθεί μια στρωματοποιημένη αρχιτεκτονική πρωτοκόλλων όπου υπάρχει σαφής διάκριση ανάμεσα στο επίπεδο μετάδοσης δεδομένων (transmission plane) και το αντίστοιχο σηματοδοσίας (signaling plane). Το **Σχήμα 0-4** [ETS98a] απεικονίζει τις στοίβες πρωτοκόλλων σε κάθε GPRS κόμβο από τον κινητό σταθμό (MS) μέχρι και τον GGSN. Η προτυποποίηση, που υπάρχει, αφορά τα επίπεδα 1 έως και 3 (επίπεδο δικτύου), όπως αυτά διακρίνονται σύμφωνα με το μοντέλο αναφοράς του OSI. Για τα παραπάνω επίπεδα (4 έως 7) δεν υπάρχει καμία απαίτηση και μπορούν να χρησιμοποιηθούν οποιαδήποτε από τα ήδη τυποποιημένα και ευρέως διαδεδομένα πρωτόκολλα.

Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα η μετάδοση στη διεπαφή Gn (SGSN↔GGSN) στηρίζεται στο πολύ γνωστό πρωτόκολλο TCP/IP ενώ αντί του TCP μπορεί, κάλλιστα, να χρησιμοποιηθεί και το UDP στη περίπτωση που δεν απαιτείται αξιόπιστη σύνδεση.

Πάνω ακριβώς από το TCP/UDP βρίσκεται το πρωτόκολλο GTP (GPRS Tunneling Protocol) [ETS98c] το οποίο αναλαμβάνει την ενθυλάκωση (GTP encapsulation ή GTP tunneling) των IP πακέτων που φτάνουν στον GGSN πριν γίνει η προώθηση τους στον SGSN όπου πραγματοποιείται η αποθυλάκωσή τους (decapsulation). Προφανώς η δρομολόγηση των ενθυλακωμένων πακέτων μέσα στο GPRS backbone γίνεται με βάση την εξωτερική IP επικεφαλίδα που προστίθεται είτε στον SGSN (uplink) είτε στον GGSN (downlink). Το GTP υποστηρίζει δύο διαφορετικούς τρόπους μετάδοσης (transmission modes) της πληροφορίας οι οποίοι είναι :

1. Ο Acknowledged mode, για αξιόπιστη επικοινωνία που κάνει χρήση του υποκείμενου πρωτοκόλλου TCP, και
2. Ο Unacknowledged mode, για μη αξιόπιστη επικοινωνία που κάνει χρήση του υποκείμενου πρωτοκόλλου UDP.



**Σχήμα 0-4. Στοίβα πρωτοκόλλων του GPRS**



Η μετάδοση στη διεπαφή Gb (BSS  $\leftrightarrow$  SGSN) στηρίζεται σε πρωτόκολλα frame relay (επίπεδο-2) ενώ η αντίστοιχη στη διεπαφή Um (MS  $\leftrightarrow$  BSS) χρησιμοποιεί ένα πρωτόκολλο πολλαπλής πρόσβασης (Medium Access Control-MAC) που στηρίζεται στο πολύ γνωστό slotted ALOHA. Το RLC (Radio Link Control) επίπεδο, που βρίσκεται ακριβώς από πάνω περιλαμβάνει πρωτόκολλα για την επίτευξη αξιόπιστης επικοινωνίας στη ραδιο-επαφή. Και εδώ υποστηρίζονται δύο transmission modes (Acknowledged και Unacknowledged) για αξιόπιστη και μη αξιόπιστη μετάδοση των ραδιο-πλαισίων (radio-frames) ενώ ένας μηχανισμός αυτόματης επιλεκτικής επαναμετάδοσης (SREJ-ARQ) χρησιμοποιείται για την επαναμετάδοση χαμένων ή εσφαλμένων πακέτων. Τα υπόλοιπα επίπεδα και τα αντίστοιχα πρωτόκολλα τους είναι :

LLC (Logical Link Control) [ETS98g]. Είναι υπεύθυνο για την αξιόπιστη και ασφαλή επικοινωνία ανάμεσα στο κινητό και τον SGSN. Το πρωτόκολλο που χρησιμοποιεί είναι μια παραλλαγή του πολύ γνωστού από το ISDN LAPD [Sta95] και είναι γνωστό ως LAPG (Link Access Procedure – G Channel) [Bra97b]. Για την κάλυψη των απαιτήσεων αξιοπιστίας των διαφόρων εφαρμογών υποστηρίζονται 2 τρόποι μετάδοσης της πληροφορίας :

1. Acknowledged mode, ο οποίος συνιστά τον αξιόπιστο τρόπο μετάδοσης με απαίτηση για επιβεβαίωση των ληφθέντων LL-PDUs (Logical Link-Protocol Data Units).
2. Unacknowledged mode, ο οποίος συνιστά τον μη αξιόπιστο τρόπο μετάδοσης αφού δεν έχουμε επιβεβαίωση των ληφθέντων LL-PDUs. Σε αυτήν τη περίπτωση το LLC πρωτόκολλο προσφέρει 2 επιλογές για τη μεταφορά των δεδομένων.
  - I. Μεταφορά προστατευμένων (protected) δεδομένων κατά την οποία αν γίνει κάποιο λάθος το LL-PDU απορρίπτεται.
  - II. Μεταφορά μη προστατευμένων (unprotected) δεδομένων κατά την οποία τυχών λάθη δεν επηρεάζουν τη μεταδιδόμενη πληροφορία και τα LL-PDUs γίνονται αποδεκτά.

SNDCP (Subnetwork Dependent Convergence Protocol). Βρίσκεται ακριβώς πάνω από το LLC και είναι υπεύθυνο για την απεικόνιση των χαρακτηριστικών επιπέδου δικτύου στο υποκείμενο δικτυακό υπόστρωμα. Επίσης, παρέχει λειτουργίες πολύπλεξης πολλαπλών μηνυμάτων από διαφορετικές εφαρμογές σε ένα λογικό κανάλι του LLC στο uplink και αντίστοιχη αποπολύπλεξη στο downlink (**Σχήμα 0-5**). Τέλος παρέχει λειτουργίες κωδικοποίησης και συμπίεσης των δεδομένων. Στην ουσία αυτό το πρωτόκολλο είναι για τη διεπαφή MS  $\leftrightarrow$  SGSN ότι το GTP για την αντίστοιχη SGSN  $\leftrightarrow$  GGSN. Η ενθυλάκωση των μηνυμάτων που πραγματοποιείται στο επίπεδο αυτό είναι γνωστή ως SNDCP tunneling.



**Σχήμα 0-5. Σχηματική αναπαράσταση της πολύπλεξης διαφορετικών ροών σε μία LLC**

BSSGP (Base Station System GPRS Protocol) [ETS98e]. Είναι το πρωτόκολλο επιπέδου-3 που χειρίζεται την επικοινωνία ανάμεσα στο BSS και στον SGSN. Πιο συγκεκριμένα έχει την ευθύνη για τη μεταφορά πληροφοριών που αφορούν το QoS καθώς και πληροφοριών δρομολόγησης ανάμεσα στις δυο αυτές οντότητες.

### 3.5 Κύρια χαρακτηριστικά του GPRS

#### 3.5.1 Μετάδοση Πακέτου Πληροφοριών

Το GPRS περιλαμβάνει την δημιουργία μιας ασύρματης διεπαφής στο ήδη υπάρχον μεταστροφόμενο κύκλωμα δικτύου GSM. Αυτό δίνει στο χρήστη την επιλογή να χρησιμοποιήσει μια υπηρεσία που βασίζεται στα πακέτα. Η συμπλήρωση ενός κυκλώματος μεταστροφόμενης δικτυακής αρχιτεκτονικής με την εναλλακτική μετάδοση πακέτου πληροφοριών είναι μια αρκετά σημαντική βελτίωση. Εντούτοις, όπως θα δούμε αργότερα, τα πρότυπα GPRS παραδίδονται κατά τρόπο πολύ κομψό - με τους χειριστές δικτύων να πρέπει μόνο να προσθέσουν μερικούς νέους κόμβους υποδομής και να κάνουν μια βελτίωση λογισμικού σε μερικά υπάρχοντα στοιχεία δικτύων.

Με το GPRS, οι πληροφορίες είναι χωρίζονται σε ξεχωριστά αλλά σχετιζόμενα "πακέτα" πριν να διαβιβαστούν και ενώνονται στο τέλος της μετάδοσης. Η εναλλακτική μετάδοση πακέτου πληροφοριών είναι παρόμοια με έναν γρίφο πριονιών - η εικόνα που ο γρίφος αντιπροσωπεύει είναι διαιρεμένη σε κομμάτια στο εργοστάσιο κατασκευής και τεθειμένη σε μια πλαστική τσάντα. Κατά τη διάρκεια της μεταφοράς του τώρα εγκιβωτισμένου πριονιού από το εργοστάσιο στον τελικό χρήστη, τα κομμάτια περνούν αναστατωμένα επάνω. Όταν ο παραλήπτης αδειάσει την τσάντα με όλα τα κομμάτια, συγκεντρώνονται εκ νέου για να διαμορφώσουν την αρχική εικόνα. Όλα τα κομμάτια είναι όλα σχετικά και ταιριάζουνε μαζί, αλλά ο τρόπος που μεταφέρονται και ενώνονται ποικίλλει. Το ίδιο και το Διαδίκτυο είναι ένα άλλο παράδειγμα ενός δικτύου δεδομένων πακέτων, ο διασημότερος πολλών από τέτοιους τύπους δικτύων.

#### 3.5.2 Αποδοτικότητα φάσματος

Η μετάδοση πακέτου πληροφοριών σημαίνει ότι οι ραδιο πόροι του GPRS χρησιμοποιούνται μόνο όταν οι χρήστες στέλνουν ή λαμβάνουν τα στοιχεία. Παρά την αφιέρωση ενός ραδιο καναλιού σε έναν κινητό χρήστη στοιχείων για μια σταθερή χρονική περίοδο, ο διαθέσιμος ραδιο πόρος μπορεί να μοιραστεί ταυτόχρονα μεταξύ διάφορων χρηστών. Αυτή η αποδοτική χρήση των λιγοστών ραδιο πόρων σημαίνει ότι ο μεγάλος αριθμός χρηστών GPRS μπορεί ενδεχομένως να μοιραστεί το ίδιο εύρος ζώνης και να εξυπηρετηθεί από μία κυψέλη. Ο πραγματικός αριθμός χρηστών που υποστηρίζονται

εξαρτάται από την εφαρμογή που χρησιμοποιείται και από τον αριθμό των στοιχείων που μεταφέρονται. Λόγω της αποδοτικότητας φάσματος του GPRS, υπάρχει λιγότερη ανάγκη να ενσωματωθεί η ικανότητα μη απασχόλησης(idle κατάσταση) που χρησιμοποιείται μόνο στις ώρες αιχμής. Το GPRS επομένως αφήνει τους χειριστές δικτύων να μεγιστοποιήσουν τη χρήση των πόρων των δικτύων τους με έναν δυναμικό και εύκαμπτο τρόπο, μαζί με την πρόσβαση χρηστών στους πόρους. Το GPRS πρέπει να βελτιώσει τη μέγιστη χρονική ικανότητα ενός δικτύου GSM.

### **3.5.3 Ενημέρωση Διαδικτίου**

Για πρώτη φορά, το GPRS επιτρέπει πλήρως την κινητή λειτουργία Διαδικτίου με το να επιτρέπει την αλληλεπίδραση μεταξύ του υπάρχοντος Διαδικτίου και του νέου δικτύου GPRS. Οποιαδήποτε υπηρεσία χρησιμοποιείται μέσω του σταθερού Διαδικτίου σήμερα -το πρωτόκολλο μεταφοράς (FTP), ξεφύλλισμα ιστού, συνομιλία, ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, Telnet - θα είναι διαθέσιμη και στα κινητά δίκτυα λόγω GPRS. Στην πραγματικότητα, πολλοί χειριστές δικτύων εξετάζουν την ευκαιρία να χρησιμοποιήσουν το GPRS για να βοηθήσουν να δημιουργηθούν ασύρματοι φορείς παροχής υπηρεσιών Διαδικτίου.

Το World Wide Web γίνεται η αρχική διεπαφή επικοινωνιών - οι άνθρωποι έχουν πρόσβαση στο Διαδίκτυο για ψυχαγωγία και συλλογή πληροφοριών, το ενδοδίκτυο επιτρέπει την πρόσβαση των πληροφοριών επιχείρησης και τη σύνδεση με τους συναδέλφους και το extranet την πρόσβαση των πελατών και των προμηθευτών. Αυτά είναι όλα τα παράγωγα του World Wide Web που στοχεύει στη σύνδεση των διαφορετικών κοινοτήτων ενδιαφέροντος.

Επειδή χρησιμοποιεί τα ίδια πρωτόκολλα, το δίκτυο GPRS μπορεί να αντιμετωπισθεί ως υποδίκτυο του Διαδικτίου με τα ικανά κινητά τηλέφωνα GPRS που αντιμετωπίζονται ως κινητοί οικοδεσπότες. Αυτό σημαίνει ότι κάθε τερματικό GPRS μπορεί ενδεχομένως να έχει τη δική του διεύθυνση IP και θα είναι προσπελάσιμο υπό αυτήν τη μορφή.

### **3.5.4 Υποστήριξη GSM και TDMA**

Πρέπει να σημειωθεί ότι το GPRS είναι όχι μόνο μια υπηρεσία με σκοπό να εφαρμοστεί στα κινητά δίκτυα που είναι βασισμένα στα ψηφιακά κινητά τηλεφωνικά πρότυπα GSM. Το TDMA(Time Division Multiple Access), δημοφιλές στη Βόρεια και τη Νότια Αμερική, θα υποστηρίξει επίσης GPRS. Αυτό γίνεται εξαιτίας μιας συμφωνίας να ακολουθηθεί η ίδια πορεία εξέλιξης προς τα τρίτης γενιάς τηλεφωνικά δίκτυα κινητών που ολοκληρώθηκαν στις αρχές του 1999 από τις ενώσεις βιομηχανίας που υποστηρίζουν αυτούς τους δύο τύπους δικτύων.

## **3.6 Σύνδεση στο Δίκτυο και μετάδοση δεδομένων**

### ***GPRS – Σύνδεση στο δίκτυο και μετάδοση δεδομένων***

Για να μπορέσει ένας MS να μεταδώσει ή να λάβει δεδομένα (Protocol Data Units – PDUs) πρέπει να πραγματοποιήσει τις δύο βασικές διαδικασίες της σύνδεσης στο δίκτυο (**GPRS Attach**) και της ενεργοποίησης του PDP (Packet Data Protocol) πλαισίου (**PDP Context activation**)

### 3.6.1 GPRS Attach

Η διαδικασία της σύνδεσης του κινητού σταθμού (MS) στο GPRS δίκτυο είναι γνωστή ως **GPRS Attach** και πραγματοποιείται αμέσως, αφότου ο κινητός θέσει σε λειτουργία τη συσκευή του. Με τη διαδικασία αυτή ο MS κάνει γνωστή την ύπαρξή του στον κοντινότερο SGSN και συνδέεται, μέσω αυτού, στο δίκτυο GPRS. Περισσότερα στοιχεία πάνω στο ζήτημα της διαχείρισης της κινητικότητας (Mobility Management) και του χειρισμού των μεταπομπών θα δοθούν σε επόμενο κεφάλαιο (κεφάλαιο 6). Η διαδικασία του GPRS Attach [ETS98a, Bra97b] έχει ως εξής :

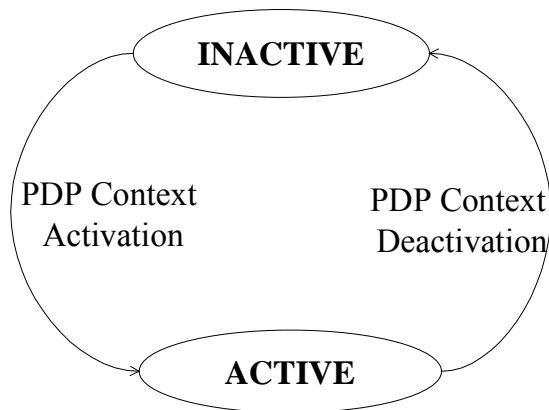
1. Ο MS αιτείται τη σύνδεσή του στο δίκτυο. Το μήνυμα της αίτησης, το οποίο στέλνεται στον πλησιέστερο SGSN, περιέχει τα χαρακτηριστικά του MS (multi-slot capability, υποστηριζόμενοι αλγόριθμοι κρυπτογράφησης) αλλά και της αιτούμενης σύνδεσης (σύνδεση σε packet-switched ή σε circuit-switched mode<sup>2</sup> ή και στα δύο). Τα χαρακτηριστικά της σύνδεσης, προφανώς περιορίζονται από τον τύπο του κινητού (**§Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.**).
2. Πραγματοποιείται η διαδικασία πιστοποίησης της ταυτότητας του MS (authentication) μέσω της HLR.
3. Τα στοιχεία του συνδρομητή μεταφέρονται από την HLR στον SGSN. Στη περίπτωση MS τύπου A και B όπου πραγματοποιείται ταυτόχρονη IMSI σύνδεση τα παραπάνω στοιχεία αποθηκεύονται και στο αντίστοιχο MSC/VLR.
4. Ο SGSN ενημερώνει τον MS όταν ολοκληρωθεί η σύνδεσή του στο δίκτυο και του επιστρέφει μια Packet Temporary Mobile Subscriber Identity (P-TMSI), η οποία θα αποτελεί πλέον την ταυτότητά του μέσα στο GPRS δίκτυο.

### 3.6.2 PDP Context activation

Μετά την ολοκλήρωση της παραπάνω διαδικασίας ο MS είναι μεν συνδεδεμένος στο δίκτυο αλλά δε μπορεί να επικοινωνία παρά μόνο εάν ενεργοποιήσει κάποιο PDP context. Με την ενεργοποίηση ενός PDP Context εκχωρείται στον MS μια PDP διεύθυνση (IP ή X.25) με την οποία και θα αναγνωρίζεται αυτός από το δίκτυο. Η διευθυνσιοδότηση στο GPRS μπορεί να είναι στατική (static) ή δυναμική (dynamic). Κατά τη στατική διευθυνσιοδότηση, μία οι περισσότερες διευθύνσεις εκχωρούνται στον χρήστη κατά την εγγραφή του στο δίκτυο. Η εκχώρηση είναι μόνιμη και κανένας άλλος χρήστης δε μπορεί να λάβει την ίδια διεύθυνση. Αντίθετα κατά τη δυναμική διευθυνσιοδότηση η εκχώρηση των διευθύνσεων γίνεται κατά την ενεργοποίηση των PDP Contexts. Η διεύθυνση που λαμβάνει ο MS ισχύει όσο αυτός είναι ενεργός, και χάνεται μετά την απενεργοποίησή του, οπότε η ίδια διεύθυνση μπορεί να εκχωρηθεί σε άλλον ενεργό MS.

---

<sup>2</sup> Η σύνδεση σε circuit-switched mode είναι γνωστή, από το GSM, ως IMSI (International Mobile Subscriber Identity) Attach.



**Σχήμα 0-1. Μοντέλο PDP καταστάσεων**

Κάθε PDP context περιγράφει τα χαρακτηριστικά της επικοινωνίας με κάποιο εξωτερικό δίκτυο (PDP type<sup>3</sup>, PDP address<sup>4</sup>, Access Point Name - APN<sup>5</sup>, QoS Profile<sup>6</sup>, κ.ο.κ. [ETS98a]). Ένας MS μπορεί να διαθέτει περισσότερα από ένα PDP Contexts, ακόμα και με το ίδιο PDP Type. Έτσι δεν είναι απίθανο ένας MS να διαθέτει 2 IP PDP Contexts, καθένα με την δικιά του IP διεύθυνση. Κάθε PDP Context μπορεί να ενεργοποιηθεί ανεξάρτητα από τα άλλα, ακόμα και παράλληλα με αυτά. Έτσι ένας κινητός μπορεί να έχει ενεργοποιημένα ταυτόχρονα πολλά PDP Contexts, όχι κατ' ανάγκη του ίδιου τύπου, και κατ' επέκταση πολλές διαφορετικές διευθύνσεις<sup>7</sup>. Ένας τέτοιος MS καλείται multi-homed. Οι δυνατές καταστάσεις (States) [ETS98a] στις οποίες μπορεί να βρεθεί ένας MS είναι (βλ. **Σχήμα 0-1**):

- 1) **INACTIVE State (Ανενεργή κατάσταση) :** Η κατάσταση αυτή υποδηλώνει ότι δεν υπάρχει ενεργό PDP context για το συγκεκριμένο MS. Συνεπώς ο MS δε μπορεί να μεταδώσει δεδομένα εκτός και αν εκκινήσει τη διαδικασία ενεργοποίησης του (PDP context Activation procedure) για να μεταπέσει σε ACTIVE state (βλ. below). Μια ανάλογη διαδικασία μπορεί να εκκινήθει και από τον GGSN στη περίπτωση που λάβει πακέτα τα οποία απευθύνονται σε συγκεκριμένη ανενεργή PDP διεύθυνση (Network-Requested PDP Context Activation procedure<sup>8</sup>)
- 2) **ACTIVE State (Ενεργή κατάσταση) :** Στη κατάσταση αυτή το PDP context για τη συγκεκριμένη PDP διεύθυνση είναι ενεργοποιημένο τόσο στον MS, όσο και στους SGSN και GGSN. Ο MS μπορεί πλέον να λάβει και να στείλει δεδομένα (PDUs) από και

<sup>3</sup> Ο PDP τύπος (PDP Type) [ETS98a] δηλώνει ένα από τα υποστηριζόμενα στο GPRS πρωτόκολλα επιπέδου δικτύου (IP, X.25).

<sup>4</sup> Το πεδίο αυτό μπορεί να περιέχει κάποια συγκεκριμένη διεύθυνση ή να είναι κενό ανάλογα με το αν ο χρήστης επιθυμεί στατική ή δυναμική εκχώρηση PDP διεύθυνσης.

<sup>5</sup> Υποδηλώνει το GGSN μέσω του οποίου θα πραγματοποιηθεί η σύνδεση.

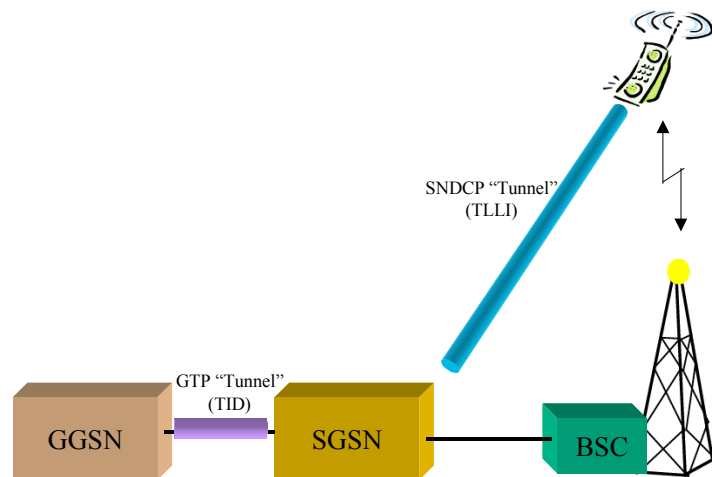
<sup>6</sup> βλ. κεφάλαιο 3.

<sup>7</sup> Θεωρητικά, ο μέγιστος αριθμός PDP Contexts για τις οποίες μπορεί να έχει εγγραφεί ένας χρήστης είναι 50. Στη πράξη αυτές που θα ενεργοποιεί κάθε φορά θα είναι πολύ λίγες. [Kar99].

<sup>8</sup> Υπάρχει περίπτωση να μην επιτρέπεται στον GGSN να εκκινήσει τη διαδικασία ενεργοποίησης του PDP context για κάποιον MS. Στη περίπτωση αυτή, αν ο GGSN λάβει κάποιο πακέτο που απευθύνεται σε INACTIVE PDP διεύθυνση, είναι αναγκασμένος αφού το απορρίψει, να παραγάγει κατάλληλο μήνυμα σφάλματος (π.χ. στη περίπτωση IP πακέτων να στείλει κάποιο ICMP [Ste94] μήνυμα). Η Network-Requested PDP Context Activation procedure λειτουργεί μόνο με στατική διευθυνσιοδότηση [Bra97b].

προς τον GGSN<sup>9</sup>. Από την κατάσταση αυτή ο MS μπορεί να μεταπέσει στην INACTIVE (βλ. above) μέσω της διαδικασίας απενεργοποίησης του PDP πλαισίου (PDP Context Deactivation procedure).

Η διαδικασία ενεργοποίησης του PDP Context είναι μια απλή διαδικασία αίτησης-απάντησης (request-reply) που λαμβάνει χώρα ανάμεσα στον MS και τον GGSN, μέσω του SGSN (βλ. **Σχήμα 0-3**). Η ενεργοποίηση ενός PDP Context οδηγεί στην εγκαθίδρυση των SMDCP και GTP tunnels (βλ. **Σχήμα 0-2**) για τα δεδομένα του χρήστη. Κάθε ACTIVE PDP Context χαρακτηρίζεται από ένα τέτοιο ζεύγος tunnels. Η απάντηση που επιστρέφεται πίσω από τον GGSN (Create PDP Context Response), εφόσον είναι επιτυχής περιέχει εκτός των άλλων παραμέτρων, έναν Tunnel Identifier (TID) ο οποίος χαρακτηρίζει το GTP tunnel. Όλα τα μηνύματα από και προς τον MS που ενεργοποίησε το συγκεκριμένο PDP Context θα χρησιμοποιούν, πλέον, τον ίδιο TID στην SGSN↔GGSN επικοινωνία τους. Οι TIDs έχουν μία αντιστοιχία ένα προς ένα με τα PDP Contexts και χρησιμοποιούνται από τους GSNs για την εύρεση του MS στο οποίο ανήκει η ροή. Αντίστοιχα, μία Temporary Logical Link Identity (TLLI<sup>10</sup>) κι ένας NSAPI<sup>11</sup> (Network Layer Service Access Point Identifier) χρησιμοποιούνται για τη διάκριση των SMDCP tunnels (MS↔SGSN). Ο NSAPI χρησιμοποιείται για την αναγνώριση των PDP Contexts στον MS, ενώ η TLLI για τη διάκριση των λογικών συνδέσεων (Σχήμα 0-5). Κάθε φορά ένας MS διαθέτει μία μόνο TLLI ενώ μπορεί να έχει περισσότερους από έναν TIDs ανάλογα με το πόσα ACTIVE PDP Contexts διαθέτει τη δεδομένη χρονική στιγμή [Bra97b, ETS98a, ETS98g, ETS98c, Kar99].



**Σχήμα 0-2. GTP και SMDCP "Tunnels" στο GPRS**

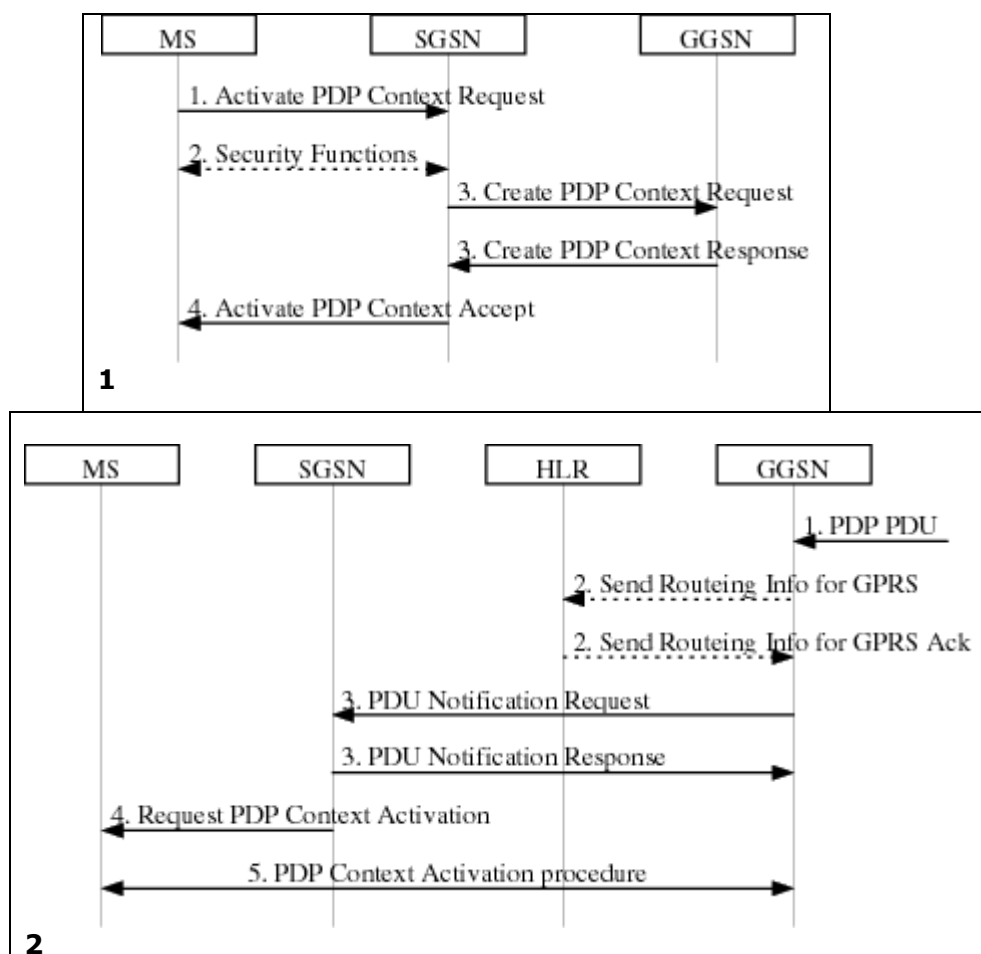
<sup>9</sup> Σημειώστε ότι όλα τα PDUs στην υπηρεσία GPRS δρομολογούνται μέσω του GGSN.

<sup>10</sup> Μια TLLI ανατίθεται στον MS από τον SGSN κατά την διαδικασία του GPRS Attach, χωρίς να χρειαστεί αυτός να ενεργοποιήσει κάποιο PDP Context. Η TLLI αποτελεί τμήμα του P-TMSI [ETS98a, Kar99].

<sup>11</sup> Ο NSAPI αποτελεί τμήμα του TID.

Η ενθυλάκωση και η μεταφορά των πακέτων κατά μήκος του GPRS PLMN μέσω tunnels καθιστά το δίκτυο απόλυτα διαφανές ως προς το είδος των πακέτων που μετακινούνται μέσα σε αυτό. Η διαφάνεια αυτή είναι πολύ σημαντική αφού εξαλείφει την απαίτηση για ερμηνεία των εξωτερικών πρωτοκόλλων επικοινωνίας και δίνει τη δυνατότητα διασύνδεσης με όλα τα σύγχρονα PDNs (π.χ. X.25, IP) αλλά και οποιοδήποτε εμφανιστεί μελλοντικά.

Η διαδικασία ενεργοποίησης του PDP context μπορεί να αποτύχει αν κάποιοι από τους GSNs που εμπλέκονται στην όλη διαδικασία αρνηθούν να εξυπηρετήσουν την αίτηση (π.χ. λόγω έλλειψης διαθέσιμων πόρων). Σε μια τέτοια περίπτωση οι κόμβοι αυτοί μπορούν να προτείνουν την ενεργοποίηση ενός νέου PDP context με διαφορετικές παραμέτρους. Εάν ο MS αποδεχθεί το νέο PDP context τότε μεταπίπτει σε ACTIVE State αλλιώς παραμένει INACTIVE.



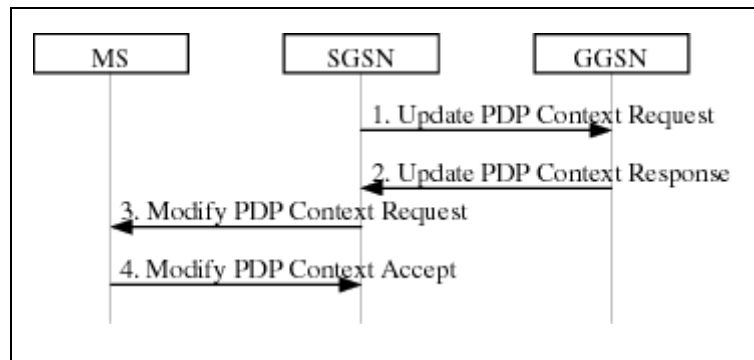
**Σχήμα 0-3. MSCs για τις διαδικασίες ενεργοποίησης του PDP Context**

**1. PDP Context Activation Procedure εκκινούμενη από τον MS**

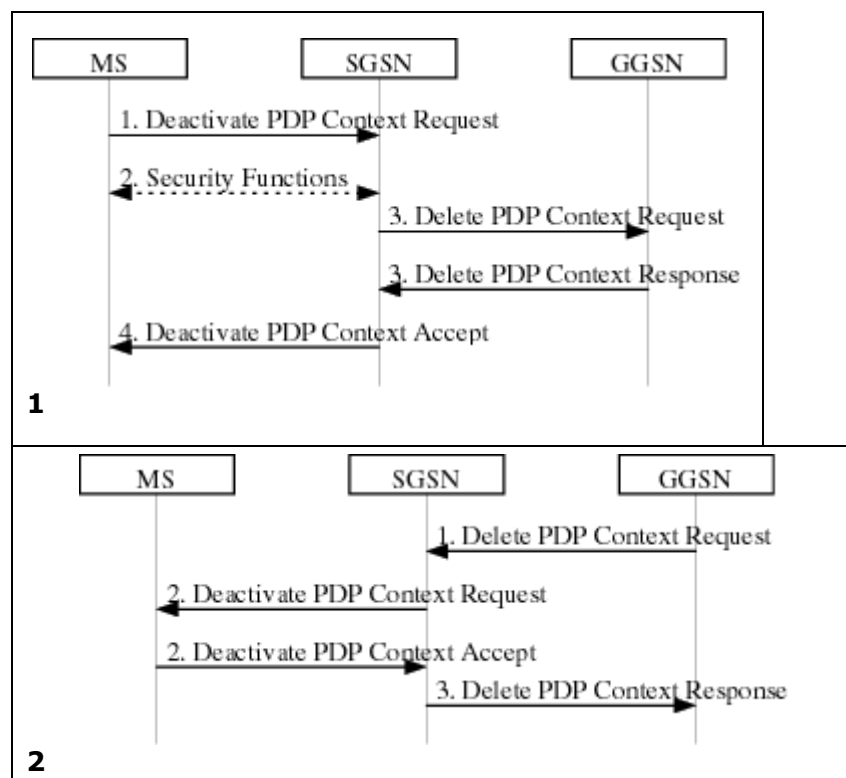
**2. PDP Context Activation Procedure εκκινούμενη από τον GGSN  
(επιτυχής)**

Από τη στιγμή που ενεργοποιηθεί ένα PDP context ούτε ο MS αλλά ούτε και ο GGSN μπορούν να το τροποποιήσουν. Αντίθετα ο SGSN μπορεί οποιαδήποτε στιγμή για κάποιο λόγο (π.χ. μεταπομπή σε κάποιον SGSN με λιγότερους διαθέσιμους πόρους) να ζητήσει από τον MS τροποποίηση του ACTIVE PDP Context (π.χ. τροποποίηση του QoS Profile). Ο MS με τη σειρά του μπορεί να αποδεχθεί το νέο PDP Context ή να το απορρίψει, οπότε

είναι υποχρεωμένος να μεταπέσει σε INACTIVE State εκκινώντας την PDP Context Deactivation Procedure. Αντίστοιχη διαδικασία μπορεί να εκκινηθεί και από τον GGSN. Τα MSCs για όλες τις διαδικασίες που αφορούν την ενεργοποίηση, απενεργοποίηση και τροποποίηση του PDP Context φαίνονται στα **Σχήματα 2-8, 2-9 και 2-10** [ETS98a].



**Σχήμα 0-4. PDP Context Modification Procedure εκκινούμενη από τον SGSN (υποχρεωτικά)**



**Σχήμα 0-5. MSCs για τις διαδικασίες απενεργοποίησης του PDP Context**

- 1. PDP Context Deactivation Procedure εκκινούμενη από τον MS**
- 2. PDP Context Deactivation Procedure εκκινούμενη από τον GGSN**



### **3.7 Περιορισμοί στη χρήση του GPRS**

#### **3.7.1 Περιορισμένη χωρητικότητα κυψελών**

Υπάρχουν μόνο περιορισμένοι ραδιο πόροι που μπορούν να επεκταθούν για τις διαφορετικές χρήσεις - η χρήση για έναν σκοπό αποκλείει την ταυτόχρονη χρήση για άλλη Παραδείγματος χάριν, η φωνή και οι GPRS κλήσεις χρησιμοποιούν τους ίδιους πόρους δικτύων.

#### **3.7.2 Χαμηλότερη ταχύτητα από την προβλεπόμενη**

Η επίτευξη της υψηλότερης ταχύτητας μετάδοσης στοιχείων GPRS 171,2 kbps θα απαιτούσε έναν ενιαίο χρήστη που αναλαμβάνει και τα οκτώ timeslots επομένως, οι μέγιστες ταχύτητες GPRS πρέπει να συγκριθούν ενάντια στους περιορισμούς στα τερματικά GPRS και τα δίκτυα Είναι ιδιαίτερα απίθανο ότι ένας χειριστής δικτύων GSM θα επέτρεπε σε όλα τα timeslots να χρησιμοποιηθούν από έναν ενιαίο χρήστη GPRS Τα αρχικά τερματικά GPRS αναμένονται να υποστηρίζουν μόνο ένα έως τρία timeslots, τα οποία θα περιορίζουν σοβαρά στους χρήστες Η πραγματικότητα είναι ότι τα κινητά δίκτυα είναι πάντα πιθανό να έχουν τις χαμηλότερες ταχύτητες μετάδοσης στοιχείων από τα σταθερά δίκτυα. Οι χρήστες κινητών επιθυμούν συχνά να καταλήγουν ότι μια ορισμένη τεχνολογία έχει τις υψηλές ταχύτητες μετάδοσης στοιχείων. Πρέπει, επομένως, να συγκρίνει όλες τις διαθέσιμες κινητές υπηρεσίες και να χρησιμοποιήσει αυτή που ανταποκρίνεται καλύτερα στις ανάγκες τους.

#### **3.7.3 Έλλειψη αρκετών πηγών**

Δεν έχει υπάρξει καμία επιβεβαίωση από οποιοδήποτε κινητό τηλεφωνικό προμηθευτή ότι τα αρχικά τερματικά GPRS θα υποστηρίξουν ολοκληρωμένο κλήσεις GPRS Όταν ένας κινητός τηλεφωνικός χρήστης αρχίζει μια σύνοδο GPRS, συμφωνεί να πληρώσει για το περιεχόμενο που παραδίδεται από τις πηγές Διαδικτύου υπηρεσιών GPRS. Το χειρότερο σενάριο περίπτωσης θα ήταν ότι ένας χρήστης να γινόταν έπειτα αρμόδιος για την πληρωμή για δεδομένα που έλαβε χωρίς την έγκριση του. Αυτό είναι ένας λόγος για τον οποίο οι κινητοί προμηθευτές δεν είναι πρόθυμοι να υποστηρίξουν τις κινητές ολοκληρωμένες κλήσεις GPRS στα τερματικά τους.

#### **3.7.4 Ανάγκη ανανέωσης ρυθμίσεων**

Το GPRS είναι βασισμένο σε μια τεχνική διαμόρφωσης γνωστή ως γκαουσιανή διαμόρφωση ελάχιστο-μετατόπισης (GMSK). Η EDGE είναι βασισμένη σε ένα νέο σχέδιο διαμόρφωσης που επιτρέπει ένα πολύ υψηλότερο ποσοστό δυαδικών ψηφίων να στέλνεται - αυτή καλείται διαμόρφωση μετατόπισης φάσης-οκτώ (8 PSK). Δεδομένου ότι το 8 PSK θα χρησιμοποιηθεί επίσης για 3GSM, οι χειριστές δικτύων θα πρέπει να το ενσωματώσουν για να κάνουν σε κάποιο σημείο τη μετάβαση στα τρίτα τηλεφωνικά συστήματα γενιάς κινητών.

#### **3.7.5 Καθυστερήσεις στις μεταφορές**

Τα πακέτα GPRS στέλνονται σε πολλές διαφορετικές κατευθύνσεις για να φθάσουν στον ίδιο προορισμό Αυτό ενισχύει την πιθανότητα μερικά από τα πακέτα να χάνονται ή χαλάνε κατά τη διάρκεια της μετάδοσης πέρα από τη ραδιο σύνδεση. Τα πρότυπα GPRS γνωρίζουν αυτό το ζήτημα σχετικά με τις ασύρματες τεχνολογίες πακέτων και έχουν λειτουργήσει για να ενσωματώσουν τις προσεγγίσεις ακεραιότητας και αναμετάδοσης στοιχείων στην επίλυση αυτών των προβλημάτων Το αποτέλεσμα αυτού οδηγεί στις πιθανές καθυστερήσεις διέλευσης.

#### **3.7.6 Ανυπαρξία σταθμού αποθήκευσης**

Αυτήν την περίοδο, δεν υπάρχει ένας μηχανισμός αποθήκευσης που ενσωματώνεται στα πρότυπα GPRS.

### 3.8 Ασφάλεια GPRS

Μια μεγάλη επιχείρηση τηλεπικοινωνιών είχε χτίσει μια κυψελοειδή γενική υποδομή υπηρεσιών ασύρματων πακέτων (GPRS), που προσφέρει μια υψηλότερη ικανότητα από τα τυποποιημένα δίκτυα GSM και που λειτουργεί με περίπου τρεις φορές μεγαλύτερη ταχύτητα.

Η πρόκληση

Η επιχείρηση απαιτήσε έναν ανεξάρτητο λογιστικό έλεγχο για να εξετάσει την υγεία και την ασφάλεια της δικτυακής αρχιτεκτονικής GPRS προτού να μεταδοθεί ζωντανά η υπηρεσία. Η δοκιμή έγινε στο συνοδευτικό δίκτυο, ένας ακριβής καθρέφτης της αρχικής υποδομής, δεδομένου ότι το σύστημα ήταν ήδη στη βήτα εξεταστική φάση του, που χρησιμοποιείται και που εξετάστηκε από τους επιλεγμένους εταιρικούς πελάτες. Η επιχείρηση απαιτήσε ότι διάφορες ανάγκες ασφάλειας ικανοποιήθηκαν, χωρίς συμβιβασμό της υπηρεσίας που πρόσφεραν:

- Τα δίκτυα πελατών έπρεπε να χωριστούν αρκετά έτσι κανένα στοιχείο δεν θα διέρρεε από ένα σε άλλο
- Η πρόσβαση μέσα στο δίκτυο GPRS έπρεπε να περιοριστεί και να ρυθμιστεί
- Το δίκτυο GPRS δεν θα μπορούσε να είναι τρωτό στην επίθεση από τα δίκτυα πελατών
- Το δίκτυο GPRS δεν θα μπορούσε να είναι τρωτό στην επίθεση από τα δημόσια δίκτυα όπως το Διαδίκτυο

ΤΟ GPRS είναι θεωρητικά μια IP βασισμένη σύνδεση με το Διαδίκτυο έτσι επιθέσεις όπως η άρνηση-υπηρεσίας, οι ψεύτικες διευθύνσεις και η πειρατεία συνόδου έθεσαν μια απειλή παράλληλα με τα αναρμόδια ζητήματα πρόσβασης.

Δεδομένου ότι η υποδομή καταστροφή-αποκατάστασης χρησιμοποιήθηκε ήταν επιτακτικό ότι τα λεπτομερή σχέδια δοκιμής θα συντάσσονται και θα γίνεται ανάλυση κινδύνου που αναλαμβάνεται πριν από την ενέργεια. Σε περίπτωση καταστροφής, η υπηρεσία θα επανερχόταν στο συνοδευτικό δίκτυο και ήταν ουσιαστικό ότι πελάτες που πληρώνουν και εξετάζουν τις υπηρεσίες δεν έγιναν ενήμεροι για οποιαδήποτε προβλήματα.

Η απάντηση

Δεδομένου ότι αυτό ήταν μια από τις πρώτες υποδομές GPRS που εφαρμόστηκαν, πολύ λίγοι (ενδεχομένως) εξεταστικοί προμηθευτές βρετανικής διείσδυσης είχαν την εμπειρία στον έλεγχο του και τη δοκιμή.

Ταυτόχρονα όντας σε θέση να καταδείξει μια σε βάθος κατανόηση της δικτυακής αρχιτεκτονικής και τη λεπτομερή γνώση του TCP/IP και των σχετικών πρωτοκόλλων, ο πειρατής δήλωσε σαφώς εξ αρχής ότι δεν είχε καμία άμεση προηγούμενη εμπειρία. Αυτή η τεχνική πείρα που συνδέθηκε με την τίμια προσέγγιση του πειρατή οδήγησε την επιχείρηση για να επιλέξει τον πειρατή σε μια ανταγωνιστική κατάσταση.

Μέσω του στενού συνδέσμου πελατών, ο πειρατής ανέπτυξε μια προσαρμοσμένη εξεταστική μεθοδολογία διείσδυσης:

- Η δοκιμή διευθύνθηκε εξωτερικά και επιτόπιος στο κέντρο αποκατάστασης καταστροφής
- Αρχική δοκιμή βασισμένη στη βασική γνώση της δικτυακής αρχιτεκτονικής, που χρησιμοποιεί τα γνωστά εργαλεία χάκερ
- Οι σύμβουλοι πειρατών συνεργάστηκαν στενά με την ομάδα telcom στις επόμενες εξεταστικές χρησιμοποιώντας αναπτυγμένες τεχνικές για να μιμηθούν διάφορες επιθέσεις όπου η γνώση της αρχιτεκτονικής είχε εκτεθεί

Μέσω μιας λεπτομερούς προσαρμοσμένης προσέγγισης αυτής της φύσης, ο πειρατής ήταν σε θέση να ικανοποιήσει κάθε μια από τις απαιτήσεις του πελάτη ταυτόχρονα διατηρώντας έναν έλεγχο στο σύστημα συνολικά. Αποφασιστικά, ο πειρατής ήταν επίσης ικανός να προσφέρει την ευελιξία να τηρήσει τις μεταβαλλόμενες προθεσμίες.

Το αποτέλεσμα

Ο πειρατής προσδιόρισε διάφορες ευπάθειες στην υποδομή αποκατάστασης καταστροφής. Ουσιαστικά η τεχνολογία ήταν σε ισχύ αλλά η διαμόρφωση και οι διαδικαστικές αλλαγές συστήθηκαν για να εξασφαλίσουν ότι οι απαιτήσεις ασφάλειας καλύπτονταν παράλληλα με τις ανάγκες λειτουργίας.

Μεταξύ των ευπαθειών ο πειρατής διαπίστωσε ότι:

Η υπάρχουσα πολιτική ασφάλειας που διευκρινίζει την απομόνωση των περιοχών ασφάλειας μεταξύ των χωριστών συσκευών υποδομής δεν ήταν ακολουθημένη σε όλες τις περιπτώσεις.

Οι τοποθετήσεις προεπιλογής σε μερικά από τα συστήματα δικτύων δεν ήταν τροποποιημένες, επιτρέποντας την κυκλοφορία.

Αν και ACLs (κατάλογοι ελέγχου πρόσβασης) ήταν ήδη σε χρήση, δεν χρησιμοποιούνταν στην πλήρη δυνατότητα και την απαραίτητη επιθεώρησή τους να περιορίσουν την περαιτέρω πρόσβαση.

Οι προκύπτουσες αλλαγές στη δικτυακή αρχιτεκτονική αποκατάστασης καταστροφής θα μπορούσαν έπειτα να αντανakληθούν απέναντι στη ζωντανή περιοχή. Ο λεπτομερειακός προγραμματισμός του προγράμματος εξασφάλισε ότι αυτό θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί ομαλά χωρίς επιρροή της υπηρεσίας. Δεδομένου ότι οι εγκαταστάσεις ασφάλειας που εξετάζονται σε αυτήν την δοκιμή ήταν μέσα σε ένα αναπτυσσόμενο περιβάλλον, ο πειρατής σύστησε την κανονική δοκιμή ως τμήμα μιας προόδου ανάπτυξης.

### **3.9 Υπηρεσίες GPRS**

#### **ΣΥΝΟΜΙΛΙΑ**

Η συνομιλία μπορεί να διακριθεί από τις υπηρεσίες γενικών πληροφοριών επειδή η πηγή των πληροφοριών είναι ένα πρόσωπο. Η "ένταση πληροφοριών" - το ποσό πληροφοριών που μεταφέρεται ανά μήνυμα τείνει να είναι χαμηλότερο με τη συνομιλία, όπου οι άνθρωποι είναι πιθανότερο να δηλώσουν απόψεις από τα πραγματικά στοιχεία. Με τον ίδιο τρόπο όπως οι ομάδες συνομιλίας του Διαδικτύου έχουν αποδείξει μια πολύ δημοφιλή αίτηση του Διαδικτύου, οι ομάδες ομοϊδεατών ανθρώπων - αποκαλούμενες κοινότητες ενδιαφέροντος - έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούν τις μη φωνητικές κινητές υπηρεσίες ως μέσα να κουβεντιάσουν και να επικοινωνήσουν και να συζητήσουν.

Λόγω της σύμπραξής του με το Διαδίκτυο, το GPRS θα επέτρεπε στους χρήστες κινητών να συμμετέχουν πλήρως στις υπάρχουσες ομάδες συνομιλίας Διαδικτύου παρά να πρέπει να δημιουργήσουν τα δικά τους δωμάτια επικοινωνίας που θα απευθύνονταν σε χρήστες κινητών.

#### **ΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ**

Ένα ευρύ φάσμα περιεχομένου μπορεί να παραδοθεί στους χρήστες κινητών που κυμαίνονται από αθλητικά αποτελέσματα, καιρός, πληροφορίες πτήσης, τίτλοι ειδήσεων, υπενθυμίσεις προσευχής, αποτελέσματα λαχειοφόρων αγορών, αστεία, ωροσκόπια, κυκλοφοριακό, ευαίσθητες υπηρεσίες θέσης και τα λοιπά. Αυτές οι πληροφορίες δεν χρειάζεται να είναι κείμενο απαραίτητως - μπορούν να είναι χάρτες ή γραφικές παραστάσεις ή άλλοι τύποι οπτικών πληροφοριών.

Το μήκος ενός σύντομου μηνύματος 160 χαρακτήρων αρκεί για την παράδοση των πληροφοριών όταν είναι ποσοτικό - όπως μια τιμή μεριδίου ή ένα αθλητικό αποτέλεσμα ή μια θερμοκρασία. Όταν οι πληροφορίες είναι ποιοτικής φύσης εντούτοις, όπως ένα ωροσκόπιο ή μια ιστορία ειδήσεων, 160 χαρακτήρες είναι πάρα πολύ σύντομοι και το μόνο που καταφέρνουν είναι να εκνευρίσουν το χρήστη. Υπό αυτήν τη μορφή, GPRS θα χρησιμοποιηθεί πιθανώς για τις ποιοτικές υπηρεσίες πληροφοριών όταν έχουν οι τελικοί χρήστες τις ικανές συσκευές GPRS, αλλά η υπηρεσία SMS θα συνεχίσει να χρησιμοποιείται για την παράδοση των περισσότερων ποσοτικών υπηρεσιών πληροφοριών.

#### **ΑΚΙΝΗΤΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ**

Ακίνητες εικόνες όπως οι φωτογραφίες, εικόνες, κάρτες, ευχετήριες κάρτες και παρουσιάσεις, στατικές ιστοσελίδες μπορούν να σταλούν και να παραληφθούν μέσω κινητών δικτύων. Θα είναι δυνατό με το GPRS να ταχυδρομηθούν οι εικόνες από μια ψηφιακή φωτογραφική μηχανή που συνδέεται με μια ραδιο συσκευή GPRS άμεσα σε έναν χώρο διαδικτύου.

#### **ΚΙΝΟΥΜΕΝΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ**

Κατά τη διάρκεια του χρόνου, η φύση και η μορφή κινητής επικοινωνίας γίνεται περισσότερο οπτική παρά κειμενική. Η ασύρματη βιομηχανία κινείται από τα μηνύματα κειμένων προς τις εικόνες και τα μηνύματα εικόνων προς τις φωτογραφίες και τα σχεδιαγράμματα προς τα τηλεοπτικά μηνύματα..

Η αποστολή των κινούμενων εικόνων σε ένα κινητό περιβάλλον έχει διάφορες κάθετες εφαρμογές αγοράς

συμπεριλαμβανομένου του ελέγχου των χώρων στάθμευσης ενός κτηρίου για τους εισβολείς ή τους κλέφτες, και την αποστολή των εικόνων των ασθενών από ένα ασθενοφόρο σε ένα νοσοκομείο. Οι εφαρμογές συνεδριάσεων μέσω video, στις οποίες οι ομάδες των ανθρώπων πωλήσεων συνεδριάζουν χωρίς να χρειάζεται να είναι στον ίδιο χώρο.

## **ΞΕΦΥΛΛΙΣΜΑ ΙΣΤΟΥ**

Εξαιτίας της χαμηλής ταχύτητας των δεδομένων παίρνει πολύ χρόνο να φτάσουν τα δεδομένα από τον διακομιστή του διαδικτύου στον φυλλομετρητή. Εναλλακτικά οι χρήστες απενεργοποιούν τις εικόνες και έχουν πρόσβαση μόνο στο κείμενο του διαδικτύου. Με αυτόν τον τρόπο όμως έχουν προβλήματα να τα διάφορα στρώματα κειμένου. Για αυτόν το λόγο το ξεφύλλισμα του ιστού είναι καλύτερο να συνδιάζεται με το GPRS.

## **ΕΤΑΙΡΙΚΟ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΤΑΧΥΔΡΟΜΕΙΟ**

Με μέχρι τους μισούς από τους υπαλλήλους να δουλεύουν μακριά από τα γραφεία τους σε οποιοδήποτε χρόνο, είναι σημαντικό για αυτούς να διατηρήσουν επαφή με το γραφείο με την επέκταση της χρήσης των εταιρικών συστημάτων ηλεκτρονικού ταχυδρομείου πέρα από τα εταιρικά συστήματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου ενός υπαλλήλου που οργανώνονται σε τοπικό .

Δεδομένου ότι οι ικανές συσκευές GPRS θα είναι πιο διαδεδομένες στις εταιρίες από ό,τι μεταξύ της γενικής κοινότητας τηλεφωνικών χρηστών, είναι πιθανό να υπάρξουν περισσότερες εταιρικές εφαρμογές ηλεκτρονικού ταχυδρομείου που χρησιμοποιούν GPRS από αυτούς ηλεκτρονικού ταχυδρομείου Διαδικτύου .

## **ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΤΑΧΥΔΡΟΜΕΙΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ**

Οι υπηρεσίες ηλεκτρονικού ταχυδρομείου Διαδικτύου έρχονται υπό μορφή υπηρεσίας πυλών όπου τα μηνύματα δεν αποθηκεύονται, ή υπηρεσιών ταχυδρομικών θυρίδων στις οποίες τα μηνύματα αποθηκεύονται. Στην περίπτωση των υπηρεσιών πυλών, η ασύρματη πλατφόρμα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου μεταφράζει απλά το μήνυμα από SMTP, το πρωτόκολλο ηλεκτρονικού ταχυδρομείου Διαδικτύου, σε SMS και στέλνει στο κέντρο SMS. Στην περίπτωση των υπηρεσιών ηλεκτρονικού ταχυδρομείου ταχυδρομικών θυρίδων, τα ηλεκτρονικά ταχυδρομεία αποθηκεύονται πραγματικά και ο χρήστης παίρνει μια ανακοίνωση στο κινητό τηλέφωνό του και μπορεί έπειτα να ανακτήσει το πλήρες ηλεκτρονικό ταχυδρομείο.

Επάνω στη λήψη ενός νέου ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, οι περισσότεροι χρήστες ηλεκτρονικού ταχυδρομείου Διαδικτύου δεν παίρνουν αυτήν την περίοδο ειδοποίηση για αυτό το γεγονός στο κινητό τηλέφωνό τους. Όταν είναι από το γραφείο, πρέπει να σχηματίσουν μέσα υποθετικά και περιοδικά για να ελέγξουν το περιεχόμενο ταχυδρομικών θυρίδων τους. Εντούτοις, με τη σύνδεση του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου Διαδικτύου με έναν άγρυπνο μηχανισμό όπως SMS ή GPRS, οι χρήστες μπορούν να ειδοποιηθούν όταν παραλαμβάνεται ένα νέο ηλεκτρονικό ταχυδρομείο.

## **ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΣΗΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ**

Αυτή η εφαρμογή ενσωματώνει τα δορυφορικά συστήματα τοποθέτησης που λένε στους ανθρώπους που είναι με τις μη φωνητικές κινητές υπηρεσίες που αφήνουν τους ανθρώπους να πουν ο ένας στον άλλο πού είναι. Το σφαιρικό GPS είναι ένα παγκόσμιο δίκτυο ελεύθερης χρήσης το οποίο αποτελείται από 24 δορυφόρους που οργανώνονται από το αμερικανικό υπουργείο άμυνας. Καθένας με έναν δέκτη GPS μπορεί να λάβει τη δορυφορική θέση του και με αυτόν τον τρόπο να ανακαλύψει πού είναι. Οι εφαρμογές προσδιορισμού θέσης οχημάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παραδώσουν διάφορες υπηρεσίες συμπεριλαμβανομένων των μακρινών διαγνωστικών οχημάτων, την ειδική κλεμμένη καταδίωξη οχημάτων και άλλα.

Η σύντομη υπηρεσία μηνυμάτων είναι ιδανική για την αποστολή των πληροφοριών θέσης σφαιρικών συστημάτων προσδιορισμού θέσης (GPS) όπως το γεωγραφικό μήκος, το γεωγραφικό πλάτος, το ρουλεμάν και το ύψος. Οι συντεταγμένες GPS είναι χαρακτηριστικά περίπου 60 χαρακτήρες στο μήκος. GPRS θα μπορούσε εναλλακτικά να χρησιμοποιηθεί.

## **ΜΑΚΡΙΝΗ ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΤΟΥ ΤΟΠΙΚΟΥ LAN**

Όταν οι εργαζόμενοι είναι μακριά από τα γραφεία τους, πρέπει σαφώς να συνδεθούν με το δίκτυο τοπικής περιοχής στο γραφείο τους. Οι μακρινές εφαρμογές του τοπικού LAN καλύπτουν την πρόσβαση σε οποιεσδήποτε εφαρμογές που ένας υπάλληλος θα χρησιμοποιούσε και στο κάθισμα του γραφείου του, όπως η πρόσβαση στο ενδοδίκτυο, τις εταιρικές υπηρεσίες ηλεκτρονικού ταχυδρομείου τους όπως οι σημειώσεις ανταλλαγής της Microsoft ή Lotus και στις εφαρμογές βάσεων δεδομένων που τρέχουν στο Oracle ή Sybase ή οποιεσδήποτε. Το κινητό τερματικό όπως ο φορητός ή υπολογιστής lap-top έχει τα ίδια προγράμματα λογισμικού με τον υπολογιστή γραφείου. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν όλες να είναι προσιτές μέσω των εργαλείων ξεφυλλίσματος Ιστού, ή να απαιτήσουν τις ιδιότητες εφαρμογές λογισμικού στην κινητή συσκευή. Ο ιδανικός φορέας για τη μακρινή πρόσβαση του τοπικού LAN εξαρτάται από το ποσό της διαβίβασης των στοιχείων, αλλά η ταχύτητα του GPRS την καθιστά ιδανική.

## **ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΑΡΧΕΙΩΝ**

Όπως αυτός ο γενικός όρος προτείνει, οι εφαρμογές μεταφοράς αρχείων καλύπτουν οποιαδήποτε μορφή 'κατεβάσματος' των αρκετά μεγάλων δεδομένων μέσω του κινητού δικτύου. Αυτό το στοιχείο θα μπορούσε να είναι ένα έγγραφο παρουσίασης για έναν διακινούμενο πωλητή, ένα εγχειρίδιο συσκευών για έναν μηχανικό υπηρεσίας ή μια εφαρμογή λογισμικού.. Η πηγή αυτών των πληροφοριών θα μπορούσε να είναι μια από τις μεθόδους επικοινωνίας Διαδικτύου όπως το FTP (πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων), Telnet, το HTTP ή η Java - ή από μια ιδιόκτητη πλατφόρμα βάσεων δεδομένων . Επομένως απαιτεί μια ταχύτατη υπηρεσία δεδομένων όπως GPRS, ή EDGE ή 3GSM για να τρέξει ικανοποιητικά μέσα σε να κινητό δίκτυο.

### **3.10 Πλεονεκτήματα GPRS**

Η τεχνολογία GPRS παρέχει τα ακόλουθα οφέλη:

Επιτρέπει τη χρήση μιας ασύρματης διεπαφής πέρα από το υπάρχον circuit-switched δίκτυο GSM, το οποίο επιτρέπει τη μεγαλύτερη αποδοτικότητα στο ραδιο φάσμα επειδή το ραδιο εύρος ζώνης χρησιμοποιείται μόνο όταν στέλνονται τα πακέτα ή παραλαμβάνονται.

Υποστηρίζει τις ελάχιστες βελτιώσεις στην υπάρχουσα υποδομή δικτύων GSM για εκείνους τους φορείς παροχής υπηρεσιών δικτύων που θέλουν να προσθέσουν τις υπηρεσίες GPRS πάνω από το GSM, το οποίο αυτήν την περίοδο επεκτείνεται ευρέως.

Υποστηρίζει ταχύτητες περίπου 115 Kbps, οι οποίες είναι μεγαλύτερες από το παραδοσιακό 9,6 ποσοστό Kbps διαθέσιμο σε μια circuit-switched σύνδεση.

Υποστηρίζει μεγαλύτερα μήκη μηνυμάτων από τις σύντομες υπηρεσίες μηνυμάτων (SMS).

Υποστηρίζει ιδεατά ιδιωτικά δίκτυα υποστηρίξεων (VPN)

#### **4.Βιβλιογραφία, Δικτυακοί Τόποι**

Για τη σύνταξη της εργασίας αυτής χρησιμοποιήθηκαν διάφορες πηγές που αναφέρονται ακολούθως.

##### **ΒΙΒΛΙΑ**

- [1] Χρήστος Ι. Μπούρας, «*Δημόσιας Χρήσης και Διασύνδεση Δικτύων*» (Πανεπιστημιακές Σημειώσεις), Πάτρα 2005
- [2] Tanenbaum, Andrew S. «*Δίκτυα Υπολογιστών*» (Τέταρτη Αμερικάνικη Έκδοση), Κλειδάριθμος, 2003
- [3] Proakis - Salehi «*Συστήματα Τηλεπικοινωνιών*», Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2002

##### **ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΕΣ ΔΙΑΤΡΙΒΕΣ**

- [4] Πριγγουρης Θ. Ιωάννης, «*Εισαγωγή IP μηχανισμών εγγύησης ποιότητας υπηρεσία στην τεχνολογία GPRS*», Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Νοέμβριος 1999

##### **ΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ**

- [5] [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)
- [6] [www.gsmworld.com](http://www.gsmworld.com)
- [7] [www.visualgsm.com](http://www.visualgsm.com)
- [8] [www.radio-electronics.com](http://www.radio-electronics.com)
- [9] [www.gsm-security.net](http://www.gsm-security.net)
- [10] [www.hellomobile.com](http://www.hellomobile.com)