



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ  
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΝΑΥΠΑΚΤΟΥ  
ΤΜΗΜΑ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ & ΔΙΚΤΥΩΝ



**ΘΕΜΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ:**

**ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΖΕΥΞΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ GPRS ΚΑΙ WIFI ΣΕ  
ΕΤΕΡΟΓΕΝΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗΣ**

**ΤΣΟΥΡΟΥ ΜΑΡΙΑ**

**ΑΜ:0137**

**ΤΜΗΜΑ**

**ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ & ΔΙΚΤΥΩΝ**

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΝΑΥΠΑΚΤΟΥ**

**ΝΑΥΠΑΚΤΟΣ 2009**



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΕΑΕΚ



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ  
ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Η ΠΑΙΔΕΙΑ ΣΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ  
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Εκπαίδευσης και Αρχικής  
Επαγγελματικής Κατάρτισης

# Περίληψη Πτυχιακής

## Στην Ελληνική γλώσσα

Η ανάγκη επικοινωνίας με μη σταθερά σημεία ευρισκόμενα πέραν του οπτικού ορίζοντα και χωρίς την υποστήριξη τηλεπικοινωνιακών καλωδίων για την μεταφορά πληροφορίας, δημιουργήθηκε αμέσως μετά την ανακάλυψη της ασυρματικής διαδόσεως, γύρω στα τέλη του 1800. Μέχρι το έτος 1970, η κινητή τηλεφωνία ανήκε στο χώρο της αναλογικής συμβατικής ασύρματης επικοινωνίας., γι αυτό και η ασυρματική επικοινωνιακή πλατφόρμα για να εξυπηρετήσει καθορισμένες γεωγραφικές περιοχές ήταν απλής μορφής, χωρίς ιδιαίτερες δυνατότητες. Πολύ αργότερα αφού αναβαθμίστηκε η τεχνολογία των συστημάτων της πρώτης γενιάς, μπόρεσαν να μπουν σε λειτουργία τα οργανωμένα πλέον κυτταρικά συστήματα κινητής τηλεφωνίας (cellular mobile radiocommunication systems) δεύτερης γενιάς. Αν και η τεχνολογία 2<sup>ης</sup> γενιάς είναι επαρκής για τις ανάγκες της φωνητικής επικοινωνίας για έναν τυπικό συνδρομητή κυψελοειδούς δικτύου, οι δυνατότητες της σε επίπεδο επικοινωνίας δεδομένων είναι 'νωθρές' και περιορισμένες. Λόγω αυτών των προβλημάτων της 2<sup>ης</sup> γενιάς, μέχρι το έτος 2010, θα τεθούν σε λειτουργία τα κυτταρικά συστήματα της τρίτης γενιάς. Ο στόχος είναι η δημιουργία των κατάλληλων τεχνικών προδιαγραφών των νέων αυτών συστημάτων, κατά τέτοιο τρόπο ώστε να διαχειρίζονται αξιόπιστα και σε πραγματικό χρόνο τις υπηρεσίες των πολυμέσων (multimedia), τα οποία θα βασίζονται σε μικρο-κυτταρική (micro-cellular) και σε πικο-κυτταρική (pico-cellular) δομή. Τα νέα αυτά συστήματα είναι το UMTS, MBS και τα WLANs.

Τέλος όσον αφορά τα ασύρματα τοπικά δίκτυα το πρότυπο IEEE 802.11b (Wireless Local Area Networks – WLANs) είναι το αποτέλεσμα πολύχρονων προσπαθειών από ειδικούς στο χώρο των ασύρματων δικτύων.

Ο στόχος του πρωτοκόλλου αυτού είναι :

A) Η παροχή ασύρματης διασύνδεσης σε αυτόματες μηχανές, ηλεκτρονικό εξοπλισμό ή σταθμούς που απαιτούν άμεση συγκέντρωση, οι οποίοι μπορεί να είναι φορητές συσκευές ή συσκευές χειρός ή συσκευές προσαρμοσμένες σε οχήματα που κινούνται σε περιορισμένο χώρο.

B) Η παροχή ενός προτύπου για την τυποποίηση της προσπέλασης με μια ή περισσότερες ζώνες συχνοτήτων για την δημιουργία τοπικών δικτύων.

## Στην Αγγλική γλώσσα

The need of communication with points of found beyond from optical horizon and without the support of telecommunications cables for the transport of information, was not regularly created immediately afterwards the discovery of wireless distribution, round the dues 1800. Up to year 1970, the mobile telephony belonged in the space of proportional conventional wireless communication., for this and the wireless communication platform in order to it serves determined geographic regions of it was simple form, without particular possibilities. After it was much later upgraded the technology of systems of first

generation, could enter in use the organised henceforth cellular systems of mobile telephony (cellular mobile radiocommunication systems) second generation. Even if the technology of 2nd generation is sufficient for the needs of phonetic communication for a formal subscriber of celliform network, her possibilities in level of communication of data are `inert and limited. Because these [problimaton] of 2nd generation, up to year 2010, will be placed in use the cellular systems of third generation. The objective is the creation of suitable technical specifications of this new systems, so that they reliably manage also in real time the services of multimedias (multimedia), which will be based in small-cellular (micro-cellular) and in [piko]-cellular (pico-cellular) structure. This new systems are the UMTS, MBS and WLANs.

Finally those who concern the wireless local networks the model IEEE 802.11b (Wireless Local Area Networks - WLANs) are the result of multi-annual efforts from experts in the space of wireless networks. The objective of this protocol is:

- A) the benefit of wireless interconnection in automatic machines, electronic equipment or stations that require direct concentration, which can be portable appliances or appliances [cheiros] or appliances adapted in vehicles that are moved in limited space.
- B) the benefit of model for the standardisation of access with one or more areas of frequencies for the creation of local networks.

## Σύντομη περιγραφή

Το πρώτο σύστημα κινητής τηλεφωνίας, το εγκατέστησε ο Marconi το έτος 1898 στο νησί Wight της Αγγλίας, για λογαριασμό της Βασίλισσας Βικτωρίας. Η κινητή μονάδα ήταν το βασιλικό γιότ, στο οποίο τοποθετήθηκε ένας VHF πομποδέκτης με την αντίστοιχη κεραία. Ο σταθμός βάσης, ήταν ένας αντίστοιχος πομποδέκτης με την κεραία του, αντίστοιχος με αυτόν της κινητής μονάδας, ο οποίος είχε εγκατασταθεί στο παλάτι της Βασίλισσας. Από τότε τα κινητά συστήματα επικοινωνιών άρχισαν να αναπτύσσονται και να διαδίδονται με ταχείς ρυθμούς. Η χρησιμότητα των κινητών επικοινωνιών αναγνωρίστηκε πρώτα από οργανισμούς που παρείχαν δημόσια ασφάλεια όπως η πυροσβεστική, η αστυνομία, η δασοπροστασία κλπ. και επεκτάθηκε στον ιδιωτικό τομέα όπως εταιρείες πετρελαίου, ταξί, κινηματογράφου κλπ. Η γέννηση της ασύρματης όμως τεχνολογίας, όπως την ξέρουμε σήμερα, άρχισε στην αρχή της δεκαετίας του '80, με την εισαγωγή των πρώτων κυψελωτών συστημάτων κινητής τηλεφωνίας.

Πιο συγκεκριμένα εάν θέλαμε να παρακολουθήσουμε την διαχρονική εξέλιξη των συστημάτων κινητής τηλεφωνίας και των προσωπικών ασυρματικών επικοινωνιακών συστημάτων στην παγκόσμια τηλεπικοινωνιακή αγορά θα παρατηρούσαμε τα εξής:

- Έως το 1970, η κινητή τηλεφωνία ανήκε στο χώρο της αναλογικής συμβατικής ασύρματης επικοινωνίας που ήταν απλής μορφής, χωρίς μεγάλες δυνατότητες της ελαχιστοποίησης των παρεμβολών και της δυναμικής αυξήσεως της χωρητικότητας.
- Από το 1970 μέχρι το 1990, μελετήθηκαν, υλοποιήθηκαν και λειτούργησαν τα συστήματα κινητής τηλεφωνίας πρώτης γενιάς τα οποία βασίστηκαν στην κυτταρική δομή και τα οποία είχαν αναλογικά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά. Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά των συστημάτων αυτών, ήταν ότι διαχειρίζονταν την υπηρεσία φωνής (voice) με ρυθμούς μετάδοσης (data rate) οι οποίοι σταδιακά έφτασαν τα 2.4kbps.

Από το έτος 1990 μέχρι το 2000, λειτούργησαν τα οργανωμένα κυτταρικά συστήματα κινητής τηλεφωνίας (cellular mobile radiocommunication systems) δεύτερης γενιάς. Το χαρακτηριστικό των συστημάτων αυτών είναι η πολύ-ιεραρχική λειτουργική δομή της επικοινωνιακής τους πλατφόρμας, η υψηλή χωρητικότητα τους από πλευράς εξυπηρέτησης χρηστών, η δυναμική διαχείριση του ραδιοφάσματος των συχνοτήτων και το κυτταρικό πρότυπο επαναληψιμότητας των συχνοτήτων (frequency re-use pattern). Πρέπει να σημειωθεί ότι τα συστήματα της δεύτερης γενιάς διαχειρίζονται τις υπηρεσίες της φωνής και των δεδομένων, με αντίστοιχους ρυθμούς μετάδοσης οι οποίοι θα προσεγγίσουν τα 2Mbps. Επίσης τα συστήματα δεύτερης γενιάς λειτουργούν σε συχνότητες υψηλότερες από αυτές των συστημάτων της πρώτης γενιάς. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι τα 2<sup>ης</sup>

γενιάς κινητά συστήματα καθιέρωσαν ένα υψηλό επίπεδο ευκινησίας , παρέχοντας υπηρεσίες ισοδύναμες με τις αντίστοιχες της ενσύρματης σε ποιότητα για φωνή και για χαμηλής ταχύτητας δεδομένα ( < 9,6 Kbps/s ) . Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή διεθνών στάνταρ βασισμένα στην ψηφιακή τεχνολογία, όπως είναι το Διεθνές Σύστημα για Κινητές Επικοινωνίες (GSM) και το cdmaOne , καθώς και με συμφωνίες περιαγωγής μεταξύ διαχειριστών οι οποίες αποτελούν τον τρόπο συνένωσης ανόμοιων δικτύων σε ένα πανταχού παρών σύστημα, από την προοπτική του τελικού χρήστη.

Η τεχνολογία της 2<sup>ης</sup> γενιάς χαρακτηρίζεται από χαμηλό εύρος συχνοτήτων και η πολυπλοκότητα που συνδέει αυτές τις υπηρεσίες έχει αποθαρρύνει τον μέσο καταναλωτή στο να επενδύσει στα ασύρματα δεδομένα. Σε αντίθεση , οι ενσύρματες υπηρεσίες δεδομένων , οι οποίες μπορούν να προσφέρουν μεγάλο εύρος συχνοτήτων και είναι συνεχώς συνδεδεμένες , έχουν γίνει πολύ πιο δημοφιλείς λόγω της διαθεσιμότητας τους καθώς και ότι είναι σχετικά οικονομικές. Για να ανταγωνιστεί αυτή την τεχνολογία η 3<sup>η</sup> γενιά κινητών συστημάτων (3G) υπόσχεται ανταγωνιστικούς ρυθμούς δεδομένων σε ταχύτητες έως και 300Kb/s αρχικά και αυξάνοντας έως τα 2Mb/s , πάντα με την συνδεσιμότητα της ενσύρματης τεχνολογίας.

Όμως , εξαιτίας της καθυστέρησης των 3<sup>ης</sup> γενιάς κινητών δικτύων και των μεγάλων επενδύσεων που έγιναν για την διεύρυνση του φάσματος υπηρεσιών που θα προσφέρουν τα 3G δίκτυα, οι διαχειριστές κινητής τηλεφωνίας αναζητούν πλέον τρόπους και μεθόδους ώστε να αυξήσουν τις τρέχουσες προσφορές-προτάσεις με υπηρεσίες που μοιάζουν με αυτές της 3<sup>ης</sup> γενιάς (3G Like) σε μια προσπάθεια να δημιουργήσουν νέες πηγές εσόδων στο σημερινό περιβάλλον. Η 2.5G τεχνολογία δεδομένων και πιο συγκεκριμένα το GPRS το οποίο παρέχει ασύρματες υπηρεσίες μεταφοράς δεδομένων σε ταχύτητες περίπου έως 100kb/s κερδίζει σε μεγάλο εύρος την υποστήριξη όσο αφορά την περιοχή των δεδομένων , αλλά έχει περιορισμένες δυνατότητες λόγω της αδυναμίας του να υποστηρίξει τους υψηλούς ρυθμούς μεταφοράς δεδομένων που απαιτούνται στο χώρο των επιχειρήσεων και των εφαρμογών στα πολυμέσα. Γι' αυτό από την στιγμή που η 2.5G τεχνολογία δεδομένων είναι ανεπαρκής για να καλύψει τις ανάγκες της αγοράς και η 3G τεχνολογία δεδομένων δεν είναι ακόμα διαθέσιμη , οι διαχειριστές δικτύων κινητής τηλεφωνίας στρέφονται στην τεχνολογία των ασύρματων τοπικών δικτύων (WLAN). Το ενδιαφέρον στην τεχνολογία WLAN προκύπτει επίσης από την πρόσφατη εξέλιξη και την επιτυχή τοποθέτηση WLAN συστημάτων παγκοσμίως καθώς και από τις υψηλές ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων (έως και 100Mb/s) που υπόσχεται η μελλοντική ανάπτυξη των ασύρματων δικτύων.

Τα WLAN συστήματα αναμένεται να αναπτυχθούν σε δημόσιες τοποθεσίες , όπως ξενοδοχεία και καταστήματα που προσφέρουν καφέ ,καθώς και σε επιχειρήσεις και σπίτια. Πιο συγκεκριμένα , τα

ασύρματα δίκτυα θα παρέχουν ασύρματη κάλυψη δεδομένων μέσω της θεώρησης τοποθεσιών υψίστης σημασίας . Για την παραγωγή εσόδων στον WLAN χώρο με πελάτες κυψελοειδών δικτύων, θεωρείται απαραίτητο οι χειριστές δικτύων να παρέχουν μία ενιαία εμπειρία μεταξύ των κυψελοειδών και WLAN πρόσβασης δικτύων στο χρήστη. . Η προαναφερθείσα απαίτηση σημαίνει την αναγκαιότητα ύπαρξης μηχανισμών διασύνδεσης μεταξύ WLAN και κυψελοειδών δικτύων δεδομένων που θα είναι ικανοί να παρέχουν χρέωση λογαριασμού και αναγνώριση χρήστη ολοκληρωμένα στο σύστημα , περιαγωγή ,τερματική κινητικότητα καθώς και υπηρεσία κινητικότητας.

- Μέχρι το 2010, πρόκειται να λειτουργήσουν τα κυτταρικά συστήματα της τρίτης γενιάς όπως είναι το UMTS, MBS και τα WLANs. Σε διαχρονική βάση , οι τελικές συχνότητες λειτουργίας των συστημάτων αυτών θα ανήκουν στο φασματικό παράθυρο των 50-60 GHz, προκειμένου να επιτευχθούν οι υψηλοί ρυθμοί ταχυτήτων. Στα πλαίσια της μελέτης, του σχεδιασμού και της υλοποίησης των συστημάτων αυτών θα πρέπει να επιλυθούν πολλές νέες απαιτήσεις και προβλήματα ως αναφορά την προσαρμογή του ραδιο-διαύλου (air interface) με το σταθερό επικοινωνιακό δίκτυο. Αυτές ανήκουν στην κατηγορία των σύνθετων κυτταρικών δομών, των διαδικασιών για την βέλτιστη χρήση του περιορισμένου εύρους ζώνης (bandwidth) κατά την μετάδοση και την λήψη πληροφορίας, καθώς και της εργονομίας του τερματικού εξοπλισμού. Στην περίπτωση της διαχείρισης της σύνθετης κυτταρικής δομής ,τα συστήματα κινητής τηλεφωνίας, θα χρησιμοποιούν πολλούς τύπους κυττάρων ανάλογα με την στιγμιαία θέση τους.

Η εργασία ξεκίνησε το 1990 και ο σκοπός του πρωτοκόλλου είναι ο ορισμός του επιπέδου Προσπέλασης Μέσου (Medium Access Control – MAC) και του Φυσικού επιπέδου (Physical Layer – PHY) για ασύρματη διασύνδεση σταθερών , φορητών , ή κινητών σταθμών σε περιορισμένο χώρο.

Πιο συγκεκριμένα το IEEE 802.11b πρότυπο :

1. Περιγράφει τις λειτουργίες και τις υπηρεσίες που απαιτούνται από μια IEEE 802.11b συμβατή συσκευή ώστε να λειτουργήσει μέσα σε ad-hoc δίκτυα υποδομής καθώς επίσης και θέματα μετακίνησης της συσκευής μεταξύ αυτών των δικτύων.
2. Ορίζει τις διαδικασίες του επιπέδου Προσπέλασης Μέσου για την υποστήριξη υπηρεσιών παράδοσης ασύγχρονων MSDU (MAC Service Data Units). Ορίζει τεχνικές σηματοδότησης και συναρτήσεις διασύνδεσης του Φυσικού επιπέδου που ελέγχονται από το επίπεδο Προσπέλασης Μέσου του IEEE 802.11b.
3. Επιτρέπει τη λειτουργία μιας συμβατής συσκευής μέσα σε ένα ασύρματο δίκτυο που μπορεί να συνυπάρχει με πολλαπλά επικαλυπτόμενα IEEE 802.11b ασύρματα δίκτυα.

4. Περιγράφει τις απαιτήσεις και τις διαδικασίες για να παρέχεται ασφάλεια στην πληροφορία που ανταλλάσσεται μέσω του ασύρματου μέσου και πιστοποίηση της ταυτότητας (Authentication) για IEEE 802.11b συμβατές συσκευές.

Το IEEE 802.11b πρέπει να εμφανίζεται στα παραπάνω επίπεδα LLC (Logical Link Control) σαν ένα τυπικό IEEE 802.x δίκτυο. Αυτό απαιτεί η διαχείριση της κίνησης του σταθμού να γίνεται μέσα στο επίπεδο επιπέδου Προσπέλασης Μέσου. Για να επιτευχθούν οι υποθέσεις αξιοπιστίας που το LLC κάνει για τα παρακάτω επίπεδα είναι απαραίτητο το IEEE 802.11b να περιλαμβάνει λειτουργικότητα που δεν είναι υπαρκτή στο επίπεδο Προσπέλασης Μέσου άλλων δικτύων.

Το αρχικό πρότυπο IEEE 802.11 περιλαμβάνει υποχρεωτική υποστήριξη για ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων 1Mbps σε ασύρματα τοπικά δίκτυα και προαιρετική υποστήριξη ρυθμών μετάδοσης 2 Mbps στην Industrial Scientific and Medical (ISM) band των 2.4 GHz . Το IEEE 802.11b αποτελεί επέκταση του αρχικού προτύπου για υποστήριξη υψηλών ρυθμών μετάδοσης. Συγκεκριμένα το IEEE 802.11b πρότυπο υποστηρίζει ρυθμούς μετάδοσης 5.5 και 11 Mbps επιπλέον των 1 και 2 Mbps.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>1.ΚΥΤΤΑΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ 2ΗΣ ΚΑΙ 3ΗΣ ΓΕΝΙΑΣ</b>	
1.1 ΛΟΓΟΙ ΧΡΗΣΗΣ ΚΥΨΕΛΩΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ	12
1.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ 2ΗΣ ΓΕΝΙΑΣ	14
1.3.1 ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ GSM	14
1.3.1.1 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ GSM	15
1.3.1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ ΡΑΔΙΟΖΕΥΞΗΣ	18
1.3.1.3 ΠΡΟΣΦΕΡΟΜΕΝΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ	21
1.3.1.4 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ GSM	22
1.4. Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ 2ΗΣ ΓΕΝΙΑΣ – Η ΓΕΝΙΑ 2.5	23
1.4.1.1 ΑΠΟ ΤΟ GSM ΣΕ GPRS	24
1.4.1.2 ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΤΕΥΘΕΙΑΝ ΣΤΟ ΥΠΑΡΧΟΝ ΔΙΚΤΥΟ GSM	29
1.4.1.3 ΓΕΝΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΡΑΔΙΟΦΩΝΙΚΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ (GPRS )	31
1.4.1.4 GPRS ΔΙΕΠΑΦΗ ΑΕΡΑ	35
1.5. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ GPRS ΔΙΚΤΥΟΥ	38
1.5.1 ΔΙΕΠΑΦΕΣ ΤΟΥ GPRS	40
1.5.2 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΣΗΜΑΤΟΔΟΣΙΑΣ ΣΤΟ GPRS	43
1.5.3 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΔΙΚΤΥΟ GPRS (MOBILITY MANAGEMENT)	46
1.5.3.1 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ (ROUTING AREAS)	46
1.5.3.2 ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΑΘΜΩΝ	46
1.5.4 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΥΝΟΔΟΥ (SESSION MANAGEMENT)	50
1.6 Mobile IP	54
1.6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	54
1.6.2 ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ MOBILE IP	54
1.6.3 ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΤΗΣ CARE OF ADDRESS	55
1.6.4 ΚΑΤΑΧΩΡΗΣΗ ΤΗΣ CARE OF ADDRESS	56
1.6.5 ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ	57
1.6.6 ΕΦΑΡΜΟΓΗ TUNNELING ΣΤΗΝ CARE OF ADDRESS	58



1.6.7	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΖΕΙ ΤΟ MOBILE IP	59
1.6.7.1	ΘΕΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	59
1.6.7.2	ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ	59
1.6.7.3	ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΑΠΟ ΑΛΛΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ	60
1.6.7.4	ΜΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ	60
<b>2.ΠΡΟΤΥΠΟ 802.11b</b>		
2.1	ΔΙΑΣΤΡΩΜΑΤΩΣΗ	61
2.2	Η ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ 802.11b	63
2.3	ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ	66
2.4	ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	69
2.5	ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ	72
2.6	HANDOVER	74
<b>3.ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΑΣΑΦΟΥΣ ΖΕΥΞΗΣ</b>		76
3.1	ΕΝΟΠΟΙΗΜΕΝΑ WLAN ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	76
3.1.1	ΠΕΡΙΑΓΩΓΗ (ROAMING)	76
3.2	ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΥΝΟΔΟΥ	78
3.3	ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΜΕΝΕΣ ΚΙΝΗΤΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	79
3.4	ΕΝΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ	79
3.5	ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ	80
3.6	ΜΙΑ ΣΦΙΧΤΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΥΖΕΥΞΕΩΝ	83
3.7	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	83
3.8	ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ	86
3.9	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ WLAN	87
3.10	ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΧΑΛΑΡΗΣ ΣΥΖΕΥΞΗΣ	89
3.10.1	ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ	90
3.10.2	ΚΡΥΠΤΟΓΡΑΦΗΣΗ	92
3.10.3	ΧΡΕΩΣΗ	93
3.10.4	ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΥΝΟΔΟΥ	93
3.10.5	NETWORK ADDRESS TRANSLATOR (NAT) TRAVERSAL	93
3.11	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΧΑΛΑΡΗΣ ΖΕΥΞΗΣ	95
3.11.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	95
3.11.2	ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΚΑΙ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ	97

3.11.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ NSMS	98
3.11.4 SESSION MANAGER	99
3.11.5 NETWORK MANAGER	100
3.11.6 ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΕΡΜΑΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ	102
<b>4.ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b> <b>ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΘΕΤΗΣ</b> <b>ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ ΣΤΟ ΕΤΕΡΟΓΕΝΕΣ ΑΣΥΡΜΑΤΟ ΔΙΚΤΥΟ</b>	105
4.1 ΠΕΡΙΛΗΨΗ	105
4.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	106
4.3 ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ WLAN ΚΑΙ 3G ΔΙΚΤΥΑ	109
4.3.1 ΠΡΟΤΥΠΑ WLAN	109
4.3.2 ΔΙΚΤΥΑ ΤΡΙΤΗΣ ΓΕΝΙΑΣ	111
4.3.3 GPRS/WLAN ΚΑΘΕΤΗ ΠΑΡΑΔΟΣΗ	112
4.3.4 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	115
4.3.5 ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ GPRS/WLAN	123
4.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ	127
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ	128
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	134

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

### ΠΙΝΑΚΕΣ

### ΣΕΛΙΔΕΣ

Πίνακας 1 : Πλεονεκτήματα του GPRS	34
Πίνακας 2 : Σχέδιο κωδικοποίησης	37
Πίνακας 3 : Υπηρεσίες του Distribution System	68
Πίνακας 4 : Υπηρεσίες του Σταθμού	71
Πίνακας 5 : IEEE 802.11 οικογένειες	110
Πίνακας 6 : Κατανάλωση ισχύος από 3G και WLAN	113

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΚΥΤΤΑΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΚΑΙ ΤΡΙΤΗΣ ΓΕΝΙΑΣ

### 1.1 Λόγοι χρήσης κυψελωτών δικτύων κινητής τηλεφωνίας

Ένα συμβατικό σύστημα κινητής τηλεφωνίας, έχει συνήθως σχεδιαστεί, ώστε να έχει την δυνατότητα ο χρήστης, να χρησιμοποιεί κάποια κανάλια μέσα σε μια μπάντα συχνοτήτων. Με την αύξηση όμως των συνδρομητών, ένα τέτοιο σύστημα κρίνεται ανεπαρκές, αφού ο αριθμός των καναλιών σε μια συχνότητα είναι περιορισμένος, με αποτέλεσμα να παρατηρείται συμφόρηση στο σύστημα, λόγω απουσίας διαθέσιμων καναλιών για την εξυπηρέτηση των χρηστών.

Άλλο μειονέκτημα των συμβατικών συστημάτων, είναι η χαμηλή ποιότητα στην επικοινωνία μεταξύ των χρηστών. Στα συστήματα αυτά, υπάρχει περιορισμένος αριθμός από σταθμούς βάσης και επομένως οι συνδρομητές πρέπει να εξυπηρετούνται από τους σταθμούς αυτούς. Οι σταθμοί βάσης, καλύπτουν μεγάλη γεωγραφική περιοχή και παρουσιάζονται προβλήματα σκέδασης, διάθλασης και απόσβεσης σε απομακρυσμένες περιοχές του δικτύου. Επομένως στα όρια κάλυψης η επικοινωνία είναι απαράδεκτη. Ο σταθμός βάσης για να μπορέσει να καλύψει την μεγάλη γεωγραφική περιοχή του δικτύου που του αντιστοιχεί, χρησιμοποιεί πολύ μεγάλη ισχύ. Αυτό όμως έχει σαν αποτέλεσμα, προβλήματα παρεμβολών από κεραιές άλλων δικτύων της περιοχής.

Ακόμα στα μειονεκτήματα των συμβατικών συστημάτων, θα πρέπει να αναφέρουμε την μη συμβατότητα με άλλα δίκτυα. Οι συνδρομητές του δικτύου, μιλούσαν μόνο με συνδρομητές του ίδιου δικτύου, δηλαδή ήταν αδύνατη η κλήση και η συνομιλία μεταξύ συνδρομητών άλλων δικτύων. Επίσης σε περιοχές όπου το δίκτυο δεν κάλυπτε, αλλά κάλυπταν άλλα δίκτυα, ήταν αδύνατη η χρήση της κινητής συσκευής, περιορίζοντας έτσι την εξυπηρέτηση του συνδρομητή σε μια μικρή γεωγραφική περιοχή.

Η εξέλιξη της ψηφιακής τεχνολογίας κατάφερε να λύσει τα προβλήματα, της ποιότητας, της αυξημένης ζήτησης καναλιών και της μεγάλης απαιτούμενης ισχύος. Επιπροσθέτως σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό οργανισμό τυποποίησης και τηλεπικοινωνιών, τα συστήματα κινητής τηλεφωνίας πρέπει να πληρούν

αυστηρά κριτήρια αξιολόγησης και λειτουργίας. Επομένως χρειαζόμαστε ένα δίκτυο που να πληρεί τα εξής κριτήρια:

- Αυξημένη ικανότητα εξυπηρέτησης πολλών συνδρομητών
- Ευελιξία στην προσαρμογή σε περιοχές όπου η αύξηση του αριθμού των συνδρομητών είναι μεγάλη
- Πολύ καλή χρήση της περιορισμένης μπάντας συχνοτήτων
- Πολύ καλή ποιότητα εξυπηρέτησης
- Πολύ καλή ποιότητα ομιλίας
- Μεγάλη περιοχή κάλυψης
- Την μικρότερη δυνατή χρήση ισχύος
- Μικρή παρεμβολή από άλλα δίκτυα
- Συμβατότητα με τα δίκτυα σταθερής και κινητής τηλεφωνίας
- Δυνατότητα μεταγωγής
- Απόκρυψη συνδιαλέξεων

Είναι φανερό ότι ένα συμβατικό δίκτυο κινητής τηλεφωνίας δεν μπορεί να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις που έχει θέσει ο Ευρωπαϊκός οργανισμός τυποποίησης και τηλεπικοινωνιών. Το πρόβλημα λύθηκε χωρίζοντας την γεωγραφική περιοχή κάλυψης του δικτύου σε κυψέλες, κάνοντας χρήση δύο τεχνικών, της επαναχρησιμοποίησης συχνότητας και της κυτταρικής διάσπασης. Με τον όρο επαναχρησιμοποίηση συχνότητας, αναφερόμαστε στη δυνατότητα χρησιμοποίησης καναλιών, τα οποία έχουν την ίδια συχνότητα, αλλά είναι καταχωρημένα σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές κάλυψης του δικτύου. Η μόνη απαίτηση, είναι να έχουν ικανοποιητική απόσταση μεταξύ τους, ώστε να αποφεύγεται η δημιουργία συγκαταληκτικής παρεμβολής. Με την επαναχρησιμοποίηση συχνότητας καταφέρνουμε, να έχουμε μικρό διαθέσιμο φάσμα και να εξυπηρετούμε μεγάλη γεωγραφική περιοχή. Με την βοήθεια των τεχνικών αυτών λύσαμε τα προβλήματα της χρήσης του περιορισμένου φάσματος συχνοτήτων, της ευελιξίας στην προσαρμογή του δικτύου σε αυξανόμενο πλήθος συνδρομητών και της κάλυψης μεγάλης γεωγραφικής περιοχής. Ακόμα με την χρήση της ψηφιακής τεχνολογίας και των τεχνικών επεξεργασίας σήματος, λύσαμε τα προβλήματα της απόκρυψης των συνδιαλέξεων, της παρεμβολής και της συμβατότητας με άλλα δίκτυα.

## 1.2 Τα Συστήματα 2ης γενιάς

Τα συστήματα 2ης γενιάς παρέχουν υπηρεσίες κινητών επικοινωνιών, με την βοήθεια ψηφιακής τεχνολογίας. Τα συστήματα αυτά χαρακτηρίζονται από την πολυ-ιεραρχική δομή τους, την υψηλή χωρητικότητα από πλευράς εξυπηρέτησης χρηστών, την δυναμική διαχείριση του ραδιο-φάσματος των συχνοτήτων και το κυτταρικό πρότυπο επαναχρησιμοποίησης των συχνοτήτων (frequency re-use pattern). Λόγω των χαρακτηριστικών τους, μπορούν να παρέχουν βελτιωμένη ποιότητα φωνής και μεγάλη κάλυψη συνδρομητών. Τα συστήματα 2ης γενιάς μπορούν να παρέχουν αξιόπιστα, υπηρεσίες μετάδοσης φωνής αλλά και χαμηλού ρυθμού μετάδοσης δεδομένων. Τα συστήματα δεύτερης γενιάς λειτουργούν με τη μέθοδο μεταγωγής κυκλώματος (circuit switching) των αναλογικών συστημάτων, η οποία όμως, υστερεί στη μετάδοση δεδομένων. Με αυτή τη μέθοδο δημιουργείται μια σύνδεση των συνδρομητών, δηλαδή παραχωρείται ένας συγκεκριμένος ραδιο-δίαυλος για την επικοινωνία των συνδρομητών, ο οποίος παραμένει στην αποκλειστική διάθεσή τους για όλη τη διάρκεια της επικοινωνίας. Μόλις τερματιστεί η επικοινωνία, ο ραδιο-δίαυλος ελευθερώνεται. Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι, η μεταγωγή κυκλώματος, έχει πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα σε υπηρεσίες μετάδοσης φωνής, η οποία είναι ο κύριος σκοπός των συστημάτων κινητών επικοινωνιών, καθώς οι καθυστερήσεις που εισάγονται είναι πολύ μικρές.

Ένα από τα πρότυπα δεύτερης γενιάς που αναπτύχθηκαν, είναι το Global System for Mobile communications (GSM), είναι το πρώτο εμπορικά διαθέσιμο πρότυπο συστήματος και δημιουργήθηκε το 1992. Η λειτουργία του GSM βασίζεται στη μέθοδο μεταγωγής κυκλώματος. Το GSM παρέχει την δυνατότητα στους χρήστες του, χαμηλού ρυθμού μετάδοσης δεδομένων (< 9.6 Kbps). Οι GSM υπηρεσίες, που περιλαμβάνονται, μεταξύ άλλων, είναι τηλεφωνία, τηλεομοιοτυπία, επείγουσες κλήσεις, σύντομα γραπτά μηνύματα, προώθηση και φραγή κλήσεων. Οι συχνότητες που χρησιμοποιούνται από το πρότυπο GSM είναι τα 900 MHz και τα 1.8 GHz στην Ευρώπη, και τα 1.9 GHz στις ΗΠΑ.

### 1.3.1 Το σύστημα Global System for Mobile communication (G.S.M.)

Το παν-Ευρωπαϊκό πρότυπο GSM, το οποίο λειτουργεί στη ζώνη των 900 MHz του ενεργού ραδιο-φάσματος, έχει τυποποιηθεί από την ειδική επιστημονική ομάδα για θέματα κινητών επικοινωνιών της Ευρωπαϊκής ένωσης, γνωστής με την ονομασία Group Special Mobile. Είναι το πιο γνωστό σύστημα

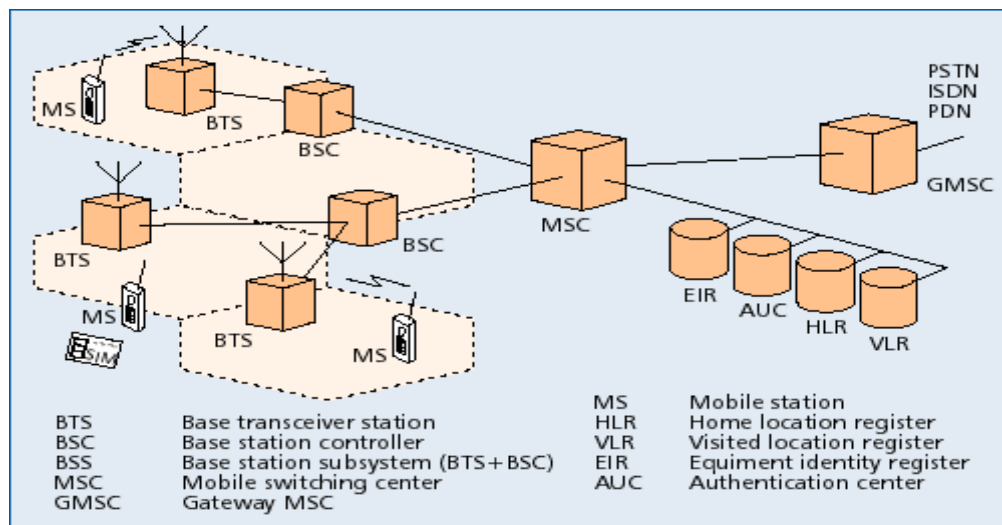
της 2ης γενιάς κινητών επικοινωνιών. Το GSM, είναι το πρώτο διεθνές πρότυπο για παροχή υπηρεσιών στον τομέα των κινητών επικοινωνιών, το οποίο προσφέρει στους χρήστες πλήρη πρόσβαση σε ανομοιογενή δίκτυα, στις χώρες που έχουν αποδεχτεί το πρότυπο αυτό. Επίσης, το GSM είναι το πρώτο σύστημα κινητών επικοινωνιών στο οποίο τα σήματα φωνής, η σηματοδότηση και ο έλεγχος των λειτουργιών, επεξεργάζονται ψηφιακά. Έτσι, μπορούν πλέον να διεκπεραιωθούν υπηρεσίες όπως ηλεκτρονικό ταχυδρομείο ή μετάδοση δεδομένων, ασυρματικά μέσω της κυτταρικής κινητής τηλεφωνίας.

Γενικά το GSM δίκτυο ικανοποιεί τις εξής απαιτήσεις:

- Καλή ποιότητα φωνής
- Χαμηλό κόστος εξοπλισμού και υπηρεσιών
- Υποστήριξη διεθνούς περιαγωγής
- Υποστήριξη νέων υπηρεσιών και ευκολιών
- Αποδοτικότητα του ραδιο-φάσματος
- Συμβατότητα με το ISDN

### 1.3.1.1 Αρχιτεκτονική του δικτύου GSM

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα βασικά τμήματα του συστήματος δεύτερης γενιάς GSM. Κύριο χαρακτηριστικό του GSM, είναι η υψηλή τεχνολογία που χρησιμοποιεί, τόσο στο υλικό των ραδιο-μονάδων, όσο και στο υλικό της ευρύτερης τηλεπικοινωνιακής πλατφόρμας, καθώς επίσης και η ευφυής επεξεργασία της εμπλεκόμενης πληροφορίας που διεκπεραιώνει.



**Σχήμα 1.1: Σχηματικό διάγραμμα των τμημάτων του GSM δικτύου.**

Παρακάτω περιγράφονται τα βασικά τμήματα του δικτύου.

- Ο Κινητός Σταθμός (mobile station – MS)

Ο Κινητός Σταθμός είναι η τερματική συσκευή που έχει μαζί του ο χρήστης της κινητής τηλεφωνίας (για παράδειγμα κινητό τηλέφωνο, φορητός υπολογιστής συνδεδεμένος με το κινητό τηλέφωνο). Οι κινητές αυτές μονάδες, πρέπει να συνεργάζονται με όλα τα Ευρωπαϊκά δίκτυα, σύμφωνα με τα προκαθορισμένα πρότυπα. Κάθε Κινητός Σταθμός περιέχει μια «έξυπνη» κάρτα, που ονομάζεται Συνδρομητική Κάρτα Ταυτότητας, SIM (Subscriber Identity Card) και περιέχει πληροφορίες για το συνδρομητή της κινητής τηλεφωνίας. Έτσι, ο χρήστης μπορεί να αλλάξει συσκευή, αλλά να εξακολουθεί να χρησιμοποιεί την ίδια SIM κάρτα, διατηρώντας τον ίδιο αριθμό και την ίδια συνδρομή. Η SIM κάρτα περιέχει τον Προσωπικό Κωδικό Αριθμό (Personal Identification Number – PIN). Η SIM κάρτα περιέχει ακόμα, τον Διεθνή Αναγνωριστικό Συνδρομητή Κινητής Τηλεφωνίας (International Mobile Subscriber Identity – IMSI), που είναι μοναδικό για κάθε συνδρομητή και χρησιμοποιείται για να γνωστοποιήσει στο σύστημα την ταυτότητα του χρήστη, καθώς και για διάφορες διαδικασίες (authentication) πιστοποίησης. Επιπλέον, κάθε τερματική συσκευή αναγνωρίζεται μοναδικά από το Διεθνές Αναγνωριστικό Ασύρματης Συσκευής (International Mobile Equipment Identity – IMEI).

➤ Το Υποσύστημα Σταθμού Βάσης (Base Station Subsystem – BSS)

Το Υποσύστημα Σταθμού Βάσης, περιέχει όλο τον ραδιο-εξοπλισμό (πομποί, δέκτες και μονάδες ελέγχου), ο οποίος είναι απαραίτητος για τον έλεγχο των επικοινωνιών στην ενεργό περιοχή ενός κυττάρου. Ο εξοπλισμός του σταθμού αυτού, τοποθετείται σε ειδικές συγκεκριμένες τοποθεσίες. Το Υποσύστημα Σταθμού Βάσης απαρτίζεται από δύο οντότητες: τον Πομποδέκτη του Σταθμού Βάσης (Base Transceiver Station – BTS) και τον Ελεγκτή του Σταθμού Βάσης (Base Station Controller – BSC).

- Πομποδέκτης του Σταθμού Βάσης (Base Transceiver Station – BTS)

Η λειτουργία του BTS είναι να λαμβάνει και να εκπέμπει ραδιοσήματα, από και προς τους κινητούς σταθμούς, να επεξεργάζεται τα σήματα, να κωδικοποιεί και να αποκωδικοποιεί τη φωνή και να προσαρμόζει τον ρυθμό μετάδοσης. Ο BTS περιέχει τους πομπούς και τους δέκτες, που χρειάζονται για την κάλυψη ενός κυττάρου. Ένας BTS υλοποιεί μία κυψέλη του συστήματος GSM.

- Ελεγκτής του Σταθμού Βάσης (Base Station Controller – BSC)

Ο BSC είναι ένα από τα βασικά τμήματα του ευρύτερου ραδιο-υποσυστήματος του GSM. Ο BSC ευθύνεται για την διαχείριση των ασύρματων πόρων. Δηλαδή ασχολείται με την διανομή των καναλιών στους κινητούς σταθμούς, την άρση της διανομής, την αλλαγή συχνότητας και το χρονισμό των ραδιοσημάτων. Πολλοί BTSs ελέγχονται από έναν BSC. Ένας BSC ελέγχει ένα μέγιστο αριθμό 120 κεραιών. Η μονάδα αυτή συνεργάζεται με το κωδικοποιητικό σύστημα, μετατρέποντας τα σήματα



φωνής κωδικοποιημένα με ρυθμούς μετάδοσης 13 Kbps, σε αντίστοιχα σήματα των 64 Kbps, σύμφωνα με τα πρότυπα του Δημόσιου Επιλογικού Τηλεφωνικού Δικτύου (PSTN).

➤ Κέντρο Μεταγωγής (Mobile Switching Centre – MSC).

Η κύρια λειτουργία του Κέντρου Μεταγωγής, είναι να αποκαταστήσει την κλήση του συνδρομητή και να παρέχει την κατάλληλη ζεύξη με το σταθερό δίκτυο ή με άλλο κέντρο MSC. Πρέπει να σημειωθεί, ότι τα κέντρα MSC παίζουν το ρόλο των κόμβων του δικτύου σηματοδότησης (Signaling Network). Οι ροές που προέρχονται από τους κινητούς σταθμούς στις αντίστοιχες κυψέλες, δρομολογούνται μέσω του MSC. Ο MSC παρέχει όλη τη λειτουργικότητα που χρειάζεται για την διαχείριση ενός χρήστη κινητής τηλεφωνίας, όπως εγγραφή στην υπηρεσία κινητής τηλεφωνίας, πιστοποίηση (authentication), τοπολογική ενημέρωση και δρομολόγηση κλήσης για τους χρήστες που βρίσκονται εκτός αρχικού δικτύου. Οι ροές από και προς ένα σταθερό δίκτυο τηλεφωνίας (π.χ. PSTN, ISDN, PDN) διαχειρίζονται από ένα αφιερωμένο γι' αυτή τη δουλειά Κέντρο Μεταγωγής (Gateway Mobile Switching Center – GMSC). Τα GSM δίκτυα είναι ιεραρχικά δομημένα. Αποτελούνται από τουλάχιστον μία διοικητική περιοχή που ανατίθεται σε έναν MSC. Κάθε διοικητική περιοχή αποτελείται από τουλάχιστον μία τοπολογική περιοχή (Location Area – LA). Η κάθε τοπολογική περιοχή απαρτίζεται από πολλά σύνολα κυψελών. Κάθε σύνολο κυψελών ανατίθεται σε έναν BSC.

Ένα σύνολο από βάσεις δεδομένων είναι διαθέσιμες για τον έλεγχο κλήσεων και τη διαχείριση του δικτύου: το HLR (Home Location Register) Οικεία Βάση Δεδομένων, το VLR (Visitor Location Register) Βάση Δεδομένων Εγγραφής Επίσκεψης, το AUC (Authentication Center ) Κέντρο Πιστοποίησης και το EIR (Equipment Identity Register) Βάση Δεδομένων Εφοδιασμού Ταυτότητας.

- HLR (Home Location Register) Οικεία Βάση Δεδομένων

Για όλους τους χρήστες που είναι συνδρομητές σε έναν παροχέα κινητής τηλεφωνίας, τα μόνιμα δεδομένα (όπως το προφίλ του χρήστη) καθώς και κάποια προσωρινά δεδομένα (όπως η τρέχουσα θέση του χρήστη) αποθηκεύονται στο HLR. Στην περίπτωση που υπάρχει κλήση για έναν χρήστη, το HLR είναι πάντα η πρώτη βάση που ρωτάται για την τρέχουσα τοποθεσία του χρήστη. Δηλαδή η HLR είναι το σημείο αναφοράς του δικτύου όπου μπορούμε ανά πάσα στιγμή να αναζητήσουμε πληροφορίες που αφορούν την ταυτότητα ενός συνδρομητή. Ένας συνδρομητής σβήνεται από την HLR μόνο αν σταματήσει την συνδρομή του.

- VLR (Visitor Location Register) Βάση Δεδομένων Εγγραφής Επίσκεψης

Η Βάση Δεδομένων Εγγραφής Επίσκεψης, είναι ένα από τα βασικά τμήματα του κέντρου MSC. Το VLR είναι υπεύθυνο, για ένα σύνολο τοπολογικών περιοχών (LA) και αποθηκεύει τα προσωρινά δεδομένα του συνδρομητή, που είναι την τρέχουσα στιγμή μέσα στην περιοχή της δικαιοδοσίας του. Αυτό σημαίνει ότι και μέρος από τα μόνιμα δεδομένα ενός χρήστη μεταφέρονται από το HLR στο

υπεύθυνο VLR για γρηγορότερη προσπέλαση. Συγκεκριμένα, περιλαμβάνει στοιχεία από τα αρχεία της οικείας θέσης του συνδρομητή, δίνοντας λεπτομέρειες που αφορούν τα χαρακτηριστικά και την κλάση υπηρεσίας του συγκεκριμένου χρήστη, καθώς και πληροφορίες που αφορούν τα χαρακτηριστικά της νέας περιοχής εντοπισμού, στην οποία εισέρχεται ο συνδρομητής. Είναι σημαντικό να κατανοήσουμε ότι όταν ο συνδρομητής φύγει από την περιοχή κάλυψης του MSC/VLR, η εγγραφή σβήνεται και ο συνδρομητής εγγράφεται στην VLR της περιοχής κάλυψης του καινούργιου MSC/VLR.

- **AUC (Authentication Center ) Κέντρο Πιστοποίησης**

Το AUC είναι μια προστατευμένη βάση δεδομένων, που αποθηκεύει ένα αντίγραφο του μυστικού κλειδιού της SIM κάρτας κάθε συνδρομητή, το οποίο χρησιμοποιείται για πιστοποίηση και κρυπτογράφηση πάνω από το ασύρματο κανάλι. Τα καθήκοντα του Κέντρου Πιστοποίησης (Authentication Center – AC), είναι να ελέγχει και να διαχειρίζεται την πληροφορία ασφάλειας ολόκληρου του δικτύου του συστήματος. Ο συνδρομητής εισάγει τον προσωπικό του PIN αριθμό και κάθε φορά που ο συνδρομητής εγγράφεται για επικοινωνιακή εξυπηρέτηση, ενεργοποιείται μια διαδικασία διαλόγου υπό μορφή ανταλλαγής λογικών σημάτων μεταξύ του κέντρου AUC και της SIM κάρτας, στα πλαίσια της πιστοποίησης για τη διασφάλιση του απορρήτου της επικοινωνίας. Αυτή η βάση δεδομένων χρησιμοποιεί αλγορίθμους για την πιστοποίησης της ταυτότητας ενός συνδρομητή καθώς και ένα είδος κρυπτογραφίας για την εξασφάλιση του απορρήτου της ομιλίας του συνδρομητή.

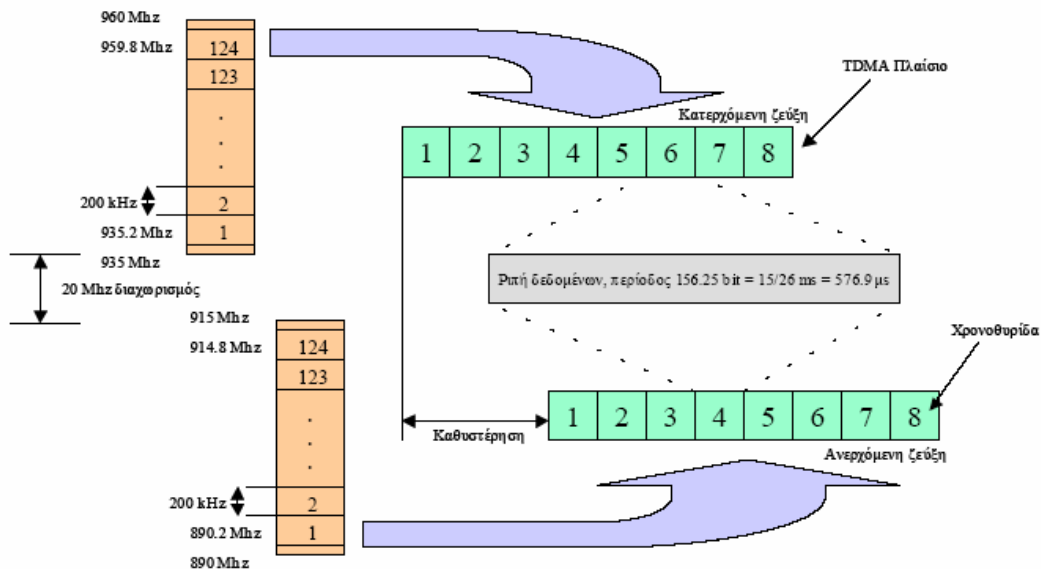
- **EIR (Equipment Identity Register) Βάση Δεδομένων Εφοδιασμού Ταυτότητας**

Για την προστασία της συσκευής του συνδρομητή από κλοπή, υπάρχει άλλη μια βάση δεδομένων, το EIR όπου καταγράφεται ο κωδικός του τηλεφώνου που χρησιμοποιεί ο συνδρομητής. Η βάση αυτή δηλαδή περιέχει μια λίστα με όλες τις έγκυρες συσκευές κινητής τηλεφωνίας του δικτύου. Κάθε κινητός σταθμός αποθηκεύεται στη βάση με το αντίστοιχο αναγνωριστικό του (IMEI). Ένας κινητός σταθμός μπορεί να θεωρηθεί μη έγκυρος αν το κινητό έχει δηλωθεί ως κλεμμένο ή αν δεν είναι συμβατού τύπου, οπότε δεν μπορεί να δεχτεί ούτε να κάνει κλήσεις, το κινητό αυτό.

### **1.3.1.2 Περιγραφή της δομής ραδιοζεύξης**

Η διεπαφή της ραδιοζεύξης χωρίζεται σε ένα πλήθος από κανάλια: κανάλια από τα οποία περνάει η φωνή και τα προς μετάδοση δεδομένα, καθώς και κανάλια που χρησιμοποιούνται για μηνύματα διαχείρισης και για διεργασίες διαχείρισης του φόρτου των καναλιών. Δύο μπάντες συχνοτήτων των 25 MHz διατέθηκαν από τον διεθνή οργανισμό ITU για το GSM σύστημα. Έτσι, η μπάντα 890-915 MHz δόθηκε στην ανερχόμενη ζεύξη ( από τον κινητό σταθμό προς το BSS), ενώ η μπάντα 935-960 MHz δόθηκε στην κατερχόμενη ζεύξη (από το BSS προς τον κινητό σταθμό). Για να γίνει δυνατή η ταυτόχρονη μετάδοση από κινητούς σταθμούς σε διαφορετικές, πιθανόν, κυψέλες χρησιμοποιήθηκε

συνδυασμός των τεχνικών πολύπλεξης σε επίπεδο συχνότητας (FDMA) και σε επίπεδο χρόνου (TDMA). Έτσι κάθε μπάντα των 25 MHz χωρίστηκε σε 124 φέρουσες συχνότητες των 200 KHz η καθεμία. Ένα πλήθος τέτοιων συχνοτήτων ανατίθεται σε ένα BTS, ορίζοντας με αυτό τον τρόπο ποιες συχνότητες εξυπηρετούνται από μία κυψέλη. Επιπλέον, κάθε φέρουσα συχνότητα περιέχει οκτώ TDMA κανάλια. Αυτό προκύπτει χωρίζοντας τη φέρουσα συχνότητα σε οκτώ χρονοθυρίδες (Time slots) που απαρτίζουν ένα TDMA πλαίσιο. Κάθε χρονοθυρίδα διαρκεί για περίοδο 156,25 bits ή αλλιώς για  $15/26 \text{ ms} = 576,9 \mu\text{s}$ . Κατά συνέπεια ένα TDMA πλαίσιο διαρκεί 4,613 ms. Ένας κινητός σταθμός χρησιμοποιεί τις ίδιες χρονοθυρίδες τόσο στην ανερχόμενη όσο και στην κατερχόμενη ζεύξη. Αφού κάθε φέρουσα συχνότητα διαιρείται σε οκτώ χρονοθυρίδες (time slots), ο κάθε ραδιο-διάυλος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ταυτόχρονα από 8 κινητούς συνδρομητές (δημιουργία 8 χρονοθυρίδων – Time slots σε κάθε ραδιο-διάυλο), οπότε συνεπάγεται ότι ο συνολικός αριθμός των διαθέσιμων φυσικών ραδιο-διαύλων (Physical Channels) είναι 992. Μεταξύ των 992 φυσικών ραδιο-διαύλων, υπάρχουν και 12 λογικοί ραδιο-διάυλοι (logical channels), οι οποίοι πολυπλέκονται και χρησιμοποιούνται για ειδικούς σκοπούς (2 για κίνηση, 9 για έλεγχο σηματοδοσίας και 1 για την κατανομή του μηνύματος).



**Σχήμα 1.2: Δομή ραδιοζεύξης**

Οι ραδιο-διάυλοι κίνησης (traffic channels - TCH), χρησιμοποιούνται για την αποστολή/λήψη ομιλίας και δεδομένων. Ανάλογα με το ρυθμό μετάδοσης χωρίζονται σε πλήρους ρυθμού (full rate) για μετάδοση με ρυθμό της τάξης των 9.6 Kbps, και σε μισού ρυθμού (half rate) για μετάδοση με 4.8Kbps. Επίσης, χρησιμοποιούνται οι παρακάτω τύποι ραδιο-διαύλων ελέγχου (control channels):

a)Ραδιο-δίαυλοι Εκπομπής (Broadcast Channels – BCH)

1. Ραδιο-δίαυλος Διόρθωσης Συχνότητας (Frequency Correction Channel – FCCH). Χρησιμοποιείται για τη διόρθωση της συχνότητας της κάτω ζεύξης της Κινητής Μονάδας.
2. Ραδιο-δίαυλος Συγχρονισμού (Synchronization Channel – SCH). Χρησιμοποιείται για μεταφορά πληροφορίας του αριθμού του TDMA πλαισίου της κάτω ζεύξης, για τη μονάδα εκπομπής/λήψης του σταθμού βάσης (BTS).
3. Ραδιο-δίαυλος Ελέγχου Εκπομπής (Broadcast Control Channel – BCCH). Με τον BCCH μεταδίδεται ειδική πληροφορία προς την ΚΜ και αναφέρεται στην κάτω ζεύξη.

b)Ραδιο-δίαυλοι Κοινού Ελέγχου (Common Control Channel – CCCH)

4. Ραδιο-δίαυλος Τηλεειδοποίησης (Paging Channel – PCH). Ο ραδιο-δίαυλος αυτός αναφέρεται στην κάτω ζεύξη και χρησιμοποιείται για τηλεειδοποίηση της ΚΜ.
5. Ραδιο-δίαυλος Τυχαίας Πρόσβασης (Random Access Channel – RACH). Αναφέρεται στην άνω ζεύξη, και χρησιμοποιείται από την ΚΜ για να ζητήσει καταχώρηση ενός Αυτόνομου Αφιερωμένου Ραδιο-διαύλου Ελέγχου SDCCH.
6. Ραδιο-δίαυλος Άμεσου Καθορισμού (Access Grant Channel – AGCH). Ο ραδιο-δίαυλος αυτός, χρησιμοποιείται για την καταχώρηση ενός SDCCH στην ΚΜ και αναφέρεται μόνο στην κάτω ζεύξη.

b)Αφιερωμένοι Ραδιο-δίαυλοι Ελέγχου (Dedicated Control Channels – DCCH)

7. Αυτόνομος Αφιερωμένος Ραδιο-δίαυλος Ελέγχου (Stand Alone Dedicated Control Channel – SDCCH). Χρησιμοποιείται για τη σηματοδότηση του συστήματος κατά τη διάρκεια της έναρξης ή εγγραφής της κλήσης. Αναφέρεται τόσο για την κάτω ζεύξη όσο και για την άνω ζεύξη.
8. Αργός Συσχετισμένος Ραδιο-δίαυλος Ελέγχου (Slow Associated Control Channel – SACCH). Ο ραδιο-δίαυλος ελέγχου συσχετίζεται με έναν ραδιο-δίαυλο TCH ή με έναν SDCCH, τόσο στην άνω όσο και στην κάτω ζεύξη. Σε αυτόν τον ραδιο-δίαυλο, στέλνονται πληροφορίες οι οποίες αφορούν καταγραφή μετρήσεων από την κινητή μονάδα στον BTS.
9. Γρήγορος Συσχετισμένος Ραδιο-δίαυλος Ελέγχου (Fast Associated Control Channel – FACCH). Ο ραδιο-δίαυλος αυτός είναι συσχετισμένος με έναν TCH, της κάτω ή της άνω ζεύξης.

b)Κυτταρικός Ραδιο-δίαυλος Εκπομπής (Cell Broadcast Channel – CBCH)

10. Κυτταρικός Ραδιο-δίαυλος Εκπομπής (Cell Broadcast Channel – CBCH). Ο ραδιο-δίαυλος αυτός, αναφέρεται μόνο στην κάτω ζεύξη και χρησιμοποιείται για τη διεκπεραίωση της Υπηρεσίας Μικρών Μηνυμάτων (Short Message Service).

### 1.3.1.3 Προσφερόμενες Υπηρεσίες

Τα συστήματα κινητής τηλεφωνίας με τεχνολογία GSM, υποστηρίζουν τις παρακάτω υπηρεσίες:

- Αναμονή Κλήσεων (Call Waiting and Call Hold): Η υπηρεσία αυτή επιτρέπει την απάντηση σε μια νέα εισερχόμενη κλήση, ενώ υπάρχει κάποιος άλλος συνομιλητής στη γραμμή. Όταν κατά τη διάρκεια μιας συνομιλίας δεχτεί ο συνδρομητής μια δεύτερη κλήση, ακούγεται ένα ηχητικό σήμα που τον ειδοποιεί για τη νέα κλήση. Αυτός τότε μπορεί να δεχτεί τη νέα και να βάλει σε αναμονή την αρχική κλήση, ή να πραγματοποιήσει αυτός μια κλήση ενώ η αρχική είναι στην αναμονή, και να επιστρέψει αργότερα σε αυτήν.
- Τηλεφωνική Συνδιάσκεψη (Conference Call): Η υπηρεσία αυτή δίνει τη δυνατότητα σε τρεις ή περισσότερους (μέγιστος αριθμός 5) συνδρομητές να συνομιλούν ταυτόχρονα. Οι συμμετέχοντες ομιλητές μπορεί να ανήκουν σε διαφορετικά δίκτυα GSM (εσωτερικού ή εξωτερικού) ή ακόμα σε σταθερό τηλεφωνικό δίκτυο (εσωτερικού ή εξωτερικού).
- Πληροφόρηση Κόστους Συνδιάλεξης (Advice of Charge): Η υπηρεσία αυτή δίνει τη δυνατότητα πληροφόρησης για τη χρέωση κάθε κλήσης, που πραγματοποιείται από την ΚΜ του συνδρομητή.
- Υπηρεσία Σύντομων Μηνυμάτων (Short Message Service): Ο στόχος της υπηρεσίας αυτής, είναι η αποστολή σύντομων μηνυμάτων (μέχρι 160 χαρακτήρες), κατευθείαν από το σύστημα διαχείρισης μηνυμάτων ή το κέντρο εξυπηρέτησης, ή από οποιοδήποτε άλλο συνδρομητή μέσω του κέντρου αυτού, προς την ΚΜ του εμπλεκόμενου συνδρομητή και αντίστροφα. Αν η ΚΜ είναι εκτός λειτουργίας ή ο χρήστης βρίσκεται εκτός περιοχής κάλυψης, τότε το μήνυμα αποθηκεύεται στο δίκτυο και μεταδίδεται μόλις η ΚΜ τεθεί σε λειτουργία ή ο χρήστης βρεθεί και πάλι εντός περιοχής κάλυψης. Αν η ΚΜ είναι κατελιμμένη, τότε το μήνυμα αποθηκεύεται στην κάρτα SIM και μπορεί να ανακληθεί αργότερα, μετά το τέλος της συνομιλίας. Επιπλέον, η λήψη του μηνύματος κοινοποιείται στον αποστολέα με ένα μήνυμα αναφοράς λήψης.
- Εκπομπή Μηνυμάτων Τοπικής Εμβέλειας (Cell Broadcast): Με την υπηρεσία αυτή, υπάρχει η δυνατότητα εκπομπής σύντομου μηνύματος (μέχρι 93 χαρακτήρες) από το κέντρο εξυπηρέτησης σε όλες τις ΚΜ σε ένα κύτταρο ή σε μια ομάδα κυττάρων. Οι ΚΜ, πρέπει να είναι σε κατάσταση λειτουργίας ή σε αδρανή κατάσταση για να λάβουν το μήνυμα. Με τον τρόπο αυτό, μεταδίδονται πληροφορίες σε ενδιαφερόμενους συνδρομητές, οι οποίες αφορούν την κίνηση σε συγκεκριμένους δρόμους, πρόγνωση και δελτίο καιρού, εφημερεύοντα πρατήρια βενζίνης κλπ.
- Υπηρεσία Μετάδοσης Δεδομένων και Fax (Data and Fax Transmission): Ο στόχος της υπηρεσίας αυτής, είναι η παροχή στους συνδρομητές, της δυνατότητας μετάδοσης δεδομένων με ρυθμούς της τάξης των 9.6 Kbps. Εκτός από τη φορητή ραδιο-μονάδα, ο συνδρομητής πρέπει να έχει έναν

προσαρμογέα μετάδοσης δεδομένων (Data Service Adapter – DSA) ή την ειδική κάρτα PCMCIA (Personal Computers Memory Card International Association), και ένα φορητό υπολογιστή ή μια μηχανή Fax. Η μονάδα DSA χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση της φορητής ραδιο-μονάδας με τη σειριακή θύρα του υπολογιστή. Η κάρτα PCMCIA χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση της φορητής ραδιο-μονάδας, με ένα φορητό υπολογιστή ή με ένα κινητό μηχάνημα Fax. Η κάρτα αυτή, έχει τις διαστάσεις μιας πιστωτικής κάρτας και τη λειτουργικότητα ενός modem, όσον αφορά την αποστολή και λήψη δεδομένων μέσω του δικτύου GSM.

- Υπηρεσία Φωνητικής Πληκτρολόγησης: Η υπηρεσία αυτή, δίνει τη δυνατότητα στο συνδρομητή, να ενεργοποιεί τη ραδιο-μονάδα του με τη φωνή του, χωρίς να χρειάζεται να πληκτρολογεί τον αριθμό κλήσης. Στα πλαίσια της υπηρεσίας αυτής, δημιουργείται ένα αρχείο, το οποίο περιέχει τους συνδρομητές με τα τηλέφωνα τους, που καλούνται πιο συχνά.

#### **1.3.1.4 Μειονεκτήματα του GSM**

Ενώ το GSM είναι κατάλληλο για τη μετάδοση φωνής, κατά τη διάρκεια μιας τηλεφωνικής κλήσης, προβλήματα εμφανίζονται όταν πρόκειται για μετάδοση δεδομένων κατά τη διάρκεια μιας συνόδου.

Πιο συγκεκριμένα μερικά από τα μειονεκτήματα του GSM παρατίθενται παρακάτω:

##### **1. Απόδοση – Επιδόσεις**

- Ταχύτητες της τάξεως των 9.6Kbps

##### **11. Κόστος**

- Χρέωση ακόμα και όταν δεν μεταφέρονται δεδομένα

##### **3. Χωρητικότητα**

- Σε κάθε χρήστη ανατίθεται μία χρονοθυρίδα, που σημαίνει ότι ο μέγιστος αριθμός χρηστών, που μπορούν να εξυπηρετηθούν ταυτόχρονα από μια φέρουσα συχνότητα, είναι οκτώ.
- Η διαδικασία δημιουργίας συνόδου είναι χρονοβόρα (20 με 25 δευτερόλεπτα)
- Τα εφαρμοζόμενα προγράμματα επανεκκινούν για κάθε διαδικασία

##### **4. Πολυπλοκότητα πρόσβασης στο Internet**

- Πρόβλημα στην περίπτωση της περιαγωγής (roaming) , ιδίως με την συνδεσιμότητα στο Internet καθώς και με την χρήση διαφόρων υπηρεσιών δικτύων ενώ γίνεται περιαγωγή
- Διαφορετικές διαδικασίες ταυτοποίησης , αναγνώρισης ταυτότητας, κωδικών κτλ.
- Χωριστή χρέωση

Τα παραπάνω προβλήματα που παρουσίαζε το GSM για τη μετάδοση δεδομένων, οδήγησαν στη δημιουργία μιας νέας υπηρεσίας του GSM, που θα αφορούσε αποκλειστικά τη μετάδοση δεδομένων

πάνω από το GSM, χρησιμοποιώντας όμως τεχνικές μεταγωγής πακέτου και όχι κυκλώματος, όπως χρησιμοποιούνταν μέχρι τότε, τόσο για μετάδοση φωνής, όσο και για μετάδοση δεδομένων.

## 1.4 Η εξέλιξη της 2ης γενιάς – Η γενιά 2.5

Όπως αναφέραμε παραπάνω, οι τεχνολογίες της 2<sup>ης</sup> γενιάς σχεδιάστηκαν αρχικά για μετάδοση φωνής αλλά τελικά τους προστέθηκαν νέες δυνατότητες όσον αφορά τη μετάδοση δεδομένων. Ο όρος γενικά «γενιά 2.5» (2.5G), δηλώνει τις αρχιτεκτονικές που συμπληρώνουν την υποδομή της 2<sup>ης</sup> γενιάς παρέχοντας νέες υπηρεσίες που απαιτούν μεγαλύτερο εύρος ζώνης και αυξημένη χωρητικότητα. Ουσιαστικά οι τεχνολογίες της γενιάς 2.5 σχεδιάστηκαν με τέτοιο τρόπο, ώστε να επεκτείνουν τις ικανότητες των υπάρχοντων συστημάτων 2<sup>ης</sup> γενιάς και να προετοιμάσουν τη μετάβαση στην 3<sup>η</sup> γενιά κινητών επικοινωνιών. Η γενιά 2.5 έχει «χτιστεί» πάνω στα πρότυπα της 2<sup>ης</sup> γενιάς και παρέχει υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων που κυμαίνονται από 57.6 Kbps έως 171.2 Kbps.

Ένα πρότυπο αυτής της γενιάς είναι το General Packet Radio System (**GPRS**). Το GPRS αποτελεί το εξελικτικό μονοπάτι για το GSM. Ουσιαστικά είναι μία επέκταση του GSM χρησιμοποιώντας τη μέθοδο μεταγωγής πακέτων. Το πλεονέκτημα της τεχνολογίας GPRS εντοπίζεται κυρίως στην αύξηση της ταχύτητας διακίνησης των δεδομένων, που από τα 9.6 Kbps του GSM φτάνει τα 115 Kbps, ταχύτητα που υπολείπεται ελαφρώς από εκείνη που παρέχουν οι ενσύρματες ISDN συνδέσεις των 128 Kbps. Το δεύτερο σημαντικό χαρακτηριστικό του GPRS είναι η διαρκής σύνδεση του κινητού τηλεφώνου με το δίκτυο, με τη χρέωση να πραγματοποιείται μόνο όταν ο χρήστης ζητά κάποια πληροφορία. Αντίθετα, στα δίκτυα GSM αλλά και στις ενσύρματες συνδέσεις, ο χρήστης χρεώνεται με βάση το χρόνο που παραμένει συνδεδεμένος στο δίκτυο, ανεξαρτήτως εάν το χρησιμοποιεί. Όπως αναφέραμε, το GPRS είναι μια υπηρεσία του GSM που χρησιμοποιεί μέθοδο μεταγωγής πακέτων. Αυτό σημαίνει, ότι οι πόροι του συστήματος (πχ. ραδιο-δίαυλοι) χρησιμοποιούνται μόνο όταν οι χρήστες στέλνουν ή λαμβάνουν δεδομένα. Χρησιμοποιώντας το GPRS, η πληροφορία τεμαχίζεται και τοποθετείται σε πακέτα πριν μεταδοθεί, ενώ στο δέκτη γίνεται η αντίστροφη διαδικασία, δηλαδή αποπακετοποιείται και συναρμολογείται η αρχική πληροφορία. Το GPRS επιτρέπει στην πληροφορία να μεταδοθεί και να ληφθεί μέσα από πολλαπλά δίκτυα κινητής τηλεφωνίας. Τυπικά, συμπληρώνει τις σημερινές υπηρεσίες μετάδοσης δεδομένων με μεταγωγή κυκλώματος και τις υπηρεσίες συντόμων μηνυμάτων. Το πρώτο πράγμα που θα χρειαστεί να αλλάξει ο καταναλωτής την εποχή του GPRS είναι το κινητό του τηλέφωνο, καθώς υπάρχουν ήδη στην αγορά συσκευές που υποστηρίζουν ταχύτητες για λήψη δεδομένων από το δίκτυο προς το τηλέφωνο μεταξύ 25 Kbps και 56 Kbps. Για την αντίστροφη πορεία η ταχύτητα θα φτάνει τα 14.4 Kbps.

### 1.4.1.1 Από το GSM σε GPRS

#### Τα εξελικτικά βήματα στην κυψελοειδή ασύρματη μετάδοση στοιχείων

Τα κυψελοειδή δίκτυα κινητής επικοινωνίας έχουν αναπτυχθεί γρήγορα κατά τη διάρκεια των τελευταίων δύο δεκαετιών του 20ού αιώνα. Καθώς η κινητή διείσδυση φθάνει στο μέγιστο των δυνατοτήτων της, η κυκλοφορία ποσού στοιχείων ανά συνδρομητή αυξάνεται και γίνεται συγκρίσιμη με το ποσό κυκλοφορίας φωνής. Το ποσοστό δυαδικών ψηφίων 9.6 KBIT/s για τη μετάδοση στοιχείων πέρα από το υπάρχον δίκτυο GSM είναι πάρα πολύ χαμηλό για τις μελλοντικές εφαρμογές.

Δεδομένου ότι το Διαδίκτυο γίνεται ένα μέρος της καθημερινής ζωής, οι συνδρομητές GSM απαιτούν μια πιο άμεση και αποδοτική πρόσβαση στις εφαρμογές Διαδικτύου μέσω του κινητού δικτύου. Εδώ παρουσιάζονται τα εξελικτικά βήματα στο δίκτυο GSM που οδηγούν στη λύση της δυσχέρειας μετάδοσης στοιχείων.

Αν και η παρουσίαση καλύπτει τις προτεινόμενες λύσεις δικτύων στο πλήρες μήκος, πρόσθετη προσοχή έχει δοθεί στη διεπαφή αέρα.

Όχι μόνο στην Ευρώπη αλλά και παγκόσμια, η ζήτηση για την ασύρματη πρόσβαση σε Διαδίκτυο και σε υπηρεσίες δεδομένων αυξάνονται χρόνο με το χρόνο.

Αν και το GSM έχει γίνει το σημαντικότερο για τα ψηφιακά κυψελοειδή πρότυπα σε όλο τον κόσμο, φαίνεται να είναι ανίκανο να ανταποκριθεί σε αυτήν την αυξανόμενη ζήτηση. Ο λόγος είναι η αρχιτεκτονική GSM. Το GSM σχεδιάστηκε κυρίως για την ασύρματη μετάδοση φωνής και λιγότερη προσοχή έχει δοθεί σχετικά με τη μετάδοση στοιχείων. Όλα αρχίζουν με την ανάγκη για τη φωνή που διαβιβάζεται ακατάπαυστα καθ'όλη τη διάρκεια της υπηρεσίας, ως εκ τούτου η μόνη λογική λύση είναι circuit-switched μετάδοση με το σταθερό ποσοστό δυαδικών ψηφίων, σύμφωνα με τα πρότυπα PCM. Για τη μετάδοση στοιχείων αυτό δεν είναι ικανοποιητικό δεδομένου ότι σε πολλές εφαρμογές το ποσοστό δυαδικών ψηφίων στοιχείων δεν είναι σταθερό αλλά γίνεται bursty. Επιπλέον από τα στοιχεία διαβιβάζεται στα πακέτα, η δουλειά ενός καναλιού δεν είναι η συνεχής απόδοση λόγω του bursty χαρακτήρα των διαβιβασθέντων πακέτων.

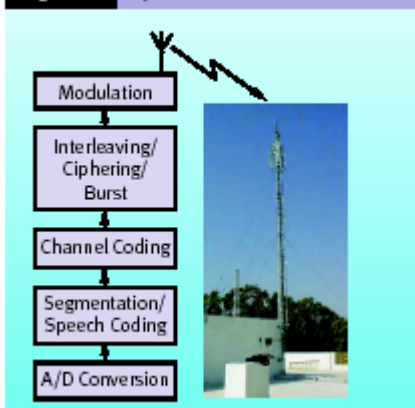
Επομένως η μετάδοση στοιχείων στο δίκτυο GSM πάσχει από τις έμφυτες δυσκολίες.

Δεδομένου ότι η μετάδοση στοιχείων στο GSM είναι παρόμοια με τη μετάδοση φωνής, το σχέδιο μετάδοσης βαθμιαία θα αναπτυχθεί πρώτα για τη φωνή και έπειτα για τα στοιχεία, που δίνουν έμφαση όποτε απαιτείται στους λόγους για τις διαφορές.

Το βασικό παράδειγμα φραγμών μιας μετάδοσης GSM παρουσιάζεται στα σχήματα 1.3 και 1.4

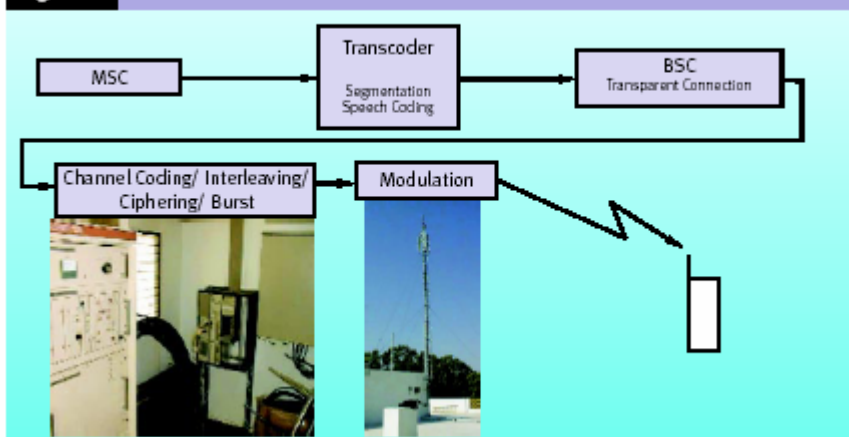


**Figure 1 Uplink transmission**



**Σχήμα 1.3:Μετάδοση Uplink**

**Figure 2 Downlink transmission**



**Σχήμα 1.4:Μετάδοση Downlink**

Το παράδειγμα μετάδοσης διαφέρει φυσικά για uplink και downlink κατεύθυνση. Uplink κατεύθυνση είναι η μετάδοση πληροφοριών από τον κινητό στο κεντρικό δίκτυο και η downlink κατεύθυνση είναι η μετάδοση πληροφοριών από το κεντρικό δίκτυο στον κινητό. Στην uplink κατεύθυνση όλη η επεξεργασία πληροφοριών πρέπει να γίνει στον κινητό ενώ στην downlink κατεύθυνση η επεξεργασία είναι μεταξύ transcoder και του BTS. Είναι ικανοποιητικό να αναφερθεί ότι η πορεία μετάδοσης της downlink κατεύθυνσης είναι παρόμοια με της uplink αλλά πιά σύνθετη.

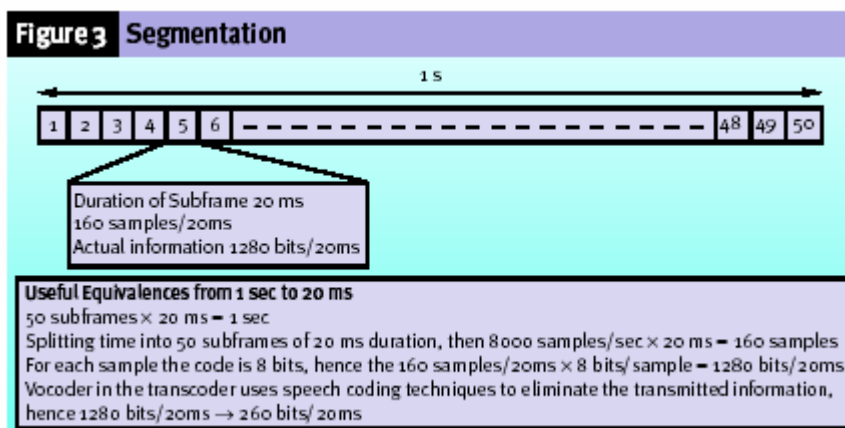
Τα PCM timeslots φέρνουν τις πληροφορίες 64kbit/s στο ποσοστό δυαδικών ψηφίων.

Αυτό είναι ένα σοβαρό πρόβλημα στο δίκτυο GSM δεδομένου ότι η διεπαφή αέρα είναι περιορισμένη στο εύρος ζώνης 200kHz με οκτώ timeslots διεπαφών αέρα ανά συχνότητα. Από τότε κάθε timeslot

είναι 64kbit/s όταν  $8 \times 64\text{kbit/s} = 512\text{kbit/s}$  απαιτείται, το οποίο είναι πολύ υψηλότερο από το εύρος ζώνης 200 kHz ανά συχνότητα.

Πρέπει κάπως να χαμηλώσουμε το ποσοστό δυαδικών ψηφίων σημαντικά για κάθε timeslot για να είμαστε σε θέση να τα κρατήσουμε μέσα στη ζώνη. Αυτό ολοκληρώνεται από την κωδικοποίηση κατάτμησης και ομιλίας transcoder για την κατεύθυνση downlink συνδέσεων. Η κατάτμηση είναι μια διαδικασία, από το διαχωρισμό ενός πλαισίου ενός ορισμένου ποσοστού δυαδικών ψηφίων σε μέρη. Οι timeslot πληροφορίες είναι 64 kbit/s. Αυτό ολοκληρώνεται σύμφωνα με το κριτήριο Nyquist 8000 δειγμάτων/sec χρόνου 8 bit/δείγμα. 8000 δείγματα/sec είναι ίσα με 160 δείγματα/20ms, το οποίο ολοκληρώνεται με το διαχωρισμό ενός χρονικού πλαισίου λεπτών σε 50 subframes της διάρκειας 20ms. Αυτό παρουσιάζεται στο σχήμα 1.5.

Η ερώτηση είναι γιατί για να χρησιμοποιήσει subframes της διάρκειας 20ms υπάρχει οποιοσδήποτε πρόσθετος λόγος; Η απάντηση είναι ναι και είναι σχετική με τη φυσιολογία του ανθρώπινου σώματος.



### Σχήμα1.5:Κατάτμηση

Είναι δυνατό να αντιπροσωπευθεί από μαθηματική άποψη η ομιλία που προέρχεται από το διάφραγμα, που διαμορφώνει το πρότυπο ενός φίλτρου και μιας ακολουθίας διέγερσης. Το φίλτρο αντιστοιχεί στα μέρη των λεκτικών οργάνων που διαμορφώνουν το φάσμα φωνής. Τα λεκτικά όργανα είναι αργά για να προσαρμοστούν στις αλλαγές υψηλής ταχύτητας, ως εκ τούτου είναι περίπου σταθερά για 20ms.

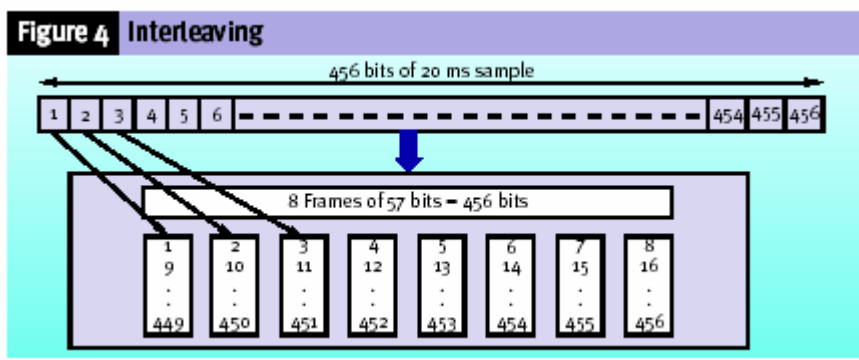
Δεδομένου ότι το ποσοστό δυαδικών ψηφίων πρέπει να χαμηλώσει είναι δυνατό να μην διαβιβαστεί η ίδια η ομιλία, αλλά οι πληροφορίες για την ομιλία αντ' αυτού (παράμετροι και πληροφορίες φίλτρων για την ακολουθία διέγερσης). Στο GSM ένας RLELTP (ο κανονικός σφυγμός διεγείρει τη μακροπρόθεσμη πρόβλεψη) κωδικοποιητής-αποκωδικοποιητής χρησιμοποιείται..20ms λεκτικά δείγματα παρεμβάλλονται σε ένα φίλτρο. Η παραγωγή του φίλτρου είναι μια ακολουθία διέγερσης. Η

ακολουθία διέγερσης διαβιβάζεται μαζί με τις παραμέτρους φίλτρων, αντί της ομιλίας η ίδια, κάθε 20 ms. Στο λαμβάνον μέρος, η ακολουθία διέγερσης παρεμβάλλεται στο αντίστροφο φίλτρο που κατασκευάζεται με τις πληροφορίες των παραμέτρων φίλτρων και η παραγωγή είναι το λεκτικό δείγμα. Ως εκ τούτου εάν η ακολουθία διέγερσης μαζί με τις παραμέτρους φίλτρων διαβιβάζεται αντί κάθε λεκτικού δείγματος, οι έπειτα λιγότερες πληροφορίες απαιτούνται σε κάθε timeslot. Για την ομιλία 20ms το ποσοστό δυαδικών ψηφίων είναι 1280 bits.

Χρησιμοποιώντας τον κωδικοποιητή-αποκωδικοποιητή RLELTP, η φωνή υπόκειται στην προσαρμογή ποσοστού και οι ικανοποιητικές πληροφορίες (παραμέτροι φίλτρων συν την ακολουθία διέγερσης) που διαβιβάζονται είναι 260 bits. Μεταφράζοντας τα 260 bits ανά 20ms στη χρονική διάρκεια λεπτών παίρνουμε το νέο ποσοστό δυαδικών ψηφίων μετά από transcoder, 13 kbit /s.

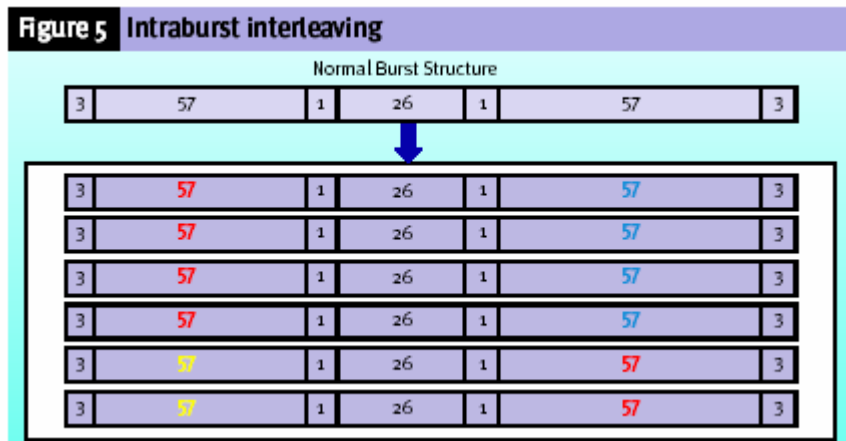
Επειδή το κανάλι είναι η διεπαφή αέρα, η φωνή 13 kbit/s είναι τρωτή σε διάφορες πηγές θορύβου που οδηγεί στην πρόσθετη κωδικοποίηση για τη διόρθωση λάθους και την ανίχνευση λάθους στο λαμβάνον μέρος. Τα 13 kbit/s ή ισοδύναμα 260 bits/20ms διαιρούνται σε τρεις σημαντικές κατηγορίες: κατηγορία 1a 50 bits υψηλής σημασίας, κατηγορία 1b 132 μέσων μπιτ σημασίας και τελικά κατηγορία 2 από 78 λιγότερης σημασίας bits.

Τα bits κατηγορίας 1a κωδικοποιούνται από έναν συστηματικό (53.50) κυκλικό κώδικα ανίχνευσης λάθους με την προσθήκη τριών μπιτ ισότητας. Τα προκύπτοντα 53 bits ξαναπαραγγέλλονται με τα 1b bits με έναν συνελκτικό κώδικα (2.1.5) προκύπτων σε 378 bits. Τελικά η κατηγορία 2 bits προστίθεται στα οδηγημένα 378 bits για να δώσει 456bits/20ms που υπονοεί ένα κωδικοποιημένο ποσοστό δυαδικών ψηφίων 22.8 kbit/s Το επόμενο βήμα είναι το στάδιο παρεμβολής λευκών σελίδων, το οποίο οφείλεται στα εξασθενίζοντας λάθη κατά τη διάρκεια της διάδοσης των πληροφοριών στο κανάλι. Το 20 ms πλαίσιο των 456 bits χωρίζεται σε οκτώ 57 bits sub-block που παρεμβάλλονται λευκές σελίδες διαγώνια. Αυτό παρουσιάζεται στο σχήμα 1.6.



**Σχήμα 1.6: Παρεμβολή λευκών σελίδων**

Τελικά κάθε 57 bits subblock από το ρεύμα 456/20ms το πλαίσιο δειγμάτων intraburst παρεμβάλλει λευκές σελίδες (δεύτερο στάδιο που παρεμβάλλει λευκές σελίδες) με τα αντίστοιχα 57 bits του προηγούμενου 456/20 ms πλαισίου δειγμάτων για να κατασκευάσει μια έκρηξη 116 bits με δύο bits σημαίων (για να ταξινομήσει εάν η έκρηξη που διαβιβάζεται είναι πραγματικά ένα TCH ή έχει κλαπεί από ένα FACCH), συν τρία παρακολουθούμενα bits για να επαναρυθμίσει τη μνήμη του εξισωτή viterbi στο δέκτη. Η παρεμβολή λευκών σελίδων Intraburst παρουσιάζεται στο σχήμα 1.7.

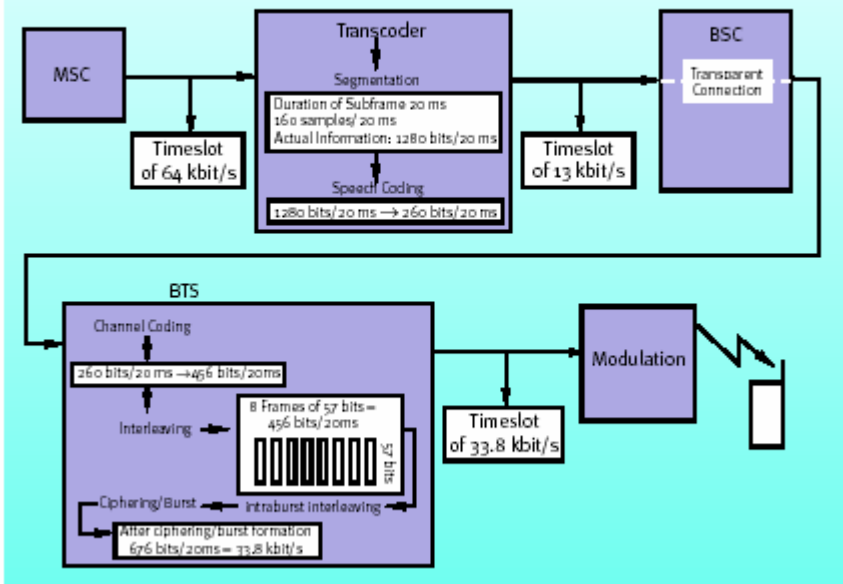


**Σχήμα 1.7:Παρεμβολή λευκών σελίδων Intraburst**

. Στην κανονική δομή έκρηξης συμπεριλαμβάνονται 26bits που εξισώνουν το τμήμα κατάρτισης. Μετά από την παρεμβολή λευκών σελίδων, υπάρχει σχηματισμός λογαριασμού και έκρηξης ,ο οποίος μετατρέπει το ποσοστό δυαδικών ψηφίων σε 33.8 kbit/s.

Το σχήμα 1.8 παρουσιάζει λεπτομερώς τα διάφορα στάδια της πορείας μετάδοσης λεκτικών πληροφοριών μέσω της πλατφόρμας GSM.

**Figure 6 Voice transmission in GSM**



**Σχήμα 1.8:Μετάδοση φωνής στο GSM**

### 1.4.1.2 Μετάδοση στοιχείων κατευθείαν στο υπάρχον δίκτυο GSM

Η μετάδοση στοιχείων πρέπει να ακολουθήσει την ίδια φυσική πορεία είτε uplink είτε downlink σύνδεσης, αλλά αυτό είναι υποχρεωτικό από τη 2 φάση του GSM δικτύου σχεδιάζεται για το μεγαφωνικό κύκλωμα - μεταστρεφόμενης μετάδοσης. Αν και υπάρχει μια σημαντική διαφορά το στοιχείο δεν είναι φωνή, κατά συνέπεια οι πληροφορίες στοιχείων δεν υπόκεινται στην προσαρμογή ποσοστού transcoder. Ως εκ τούτου από άποψη transcoder μετάδοσης στοιχείων η λειτουργία είναι διαφανής.

Αυτό είναι πολύ περιοριστικό παράγοντας σχετικά με το ποσοστό δυαδικών ψηφίων στοιχείων ,το ποσοστό δυαδικών ψηφίων 64 kbit/s κανονικό timeslot δεν επιτρέπεται. Προκειμένου να συμβαδίσει με τους περιορισμούς διεπαφών αέρα στο εύρος ζώνης, το ποσοστό δυαδικών ψηφίων μετάδοσης στοιχείων πρέπει να είναι ίσο ή λιγότερο από 13 kbit/s από την αρχή. Σύμφωνα με τη διεπαφή της μονάδας χρηστών στοιχείων GSM R.04.21 τις συστάσεις παραδίδει φραγμούς 60 bits κάθε 5ms, ή ομοίως 12 kbit/s.

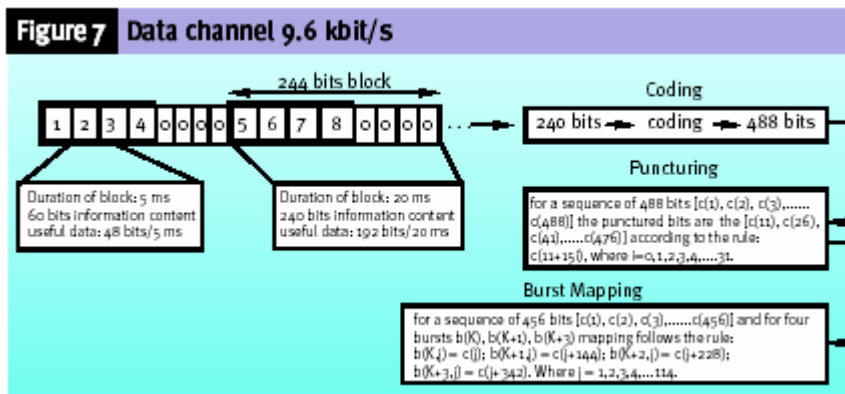
. Από αυτά τα 60 bits ανά διάρκεια 5ms (12 kbit/s), 48 bits (9.6 kbit/s) είναι χρήσιμα στοιχεία και 12 bits (2.4 kbit/s) είναι διατηρημένα για την τυποποιημένη σηματοδότηση RS232. Σαφώς μιλώντας το χρήσιμο στοιχείο 9.6 kbit/s διαβιβάζεται μέσω μιας σύνδεσης 12 kbit/s.

Δεδομένου ότι transcoder επεξεργάζεται τους φραγμούς της διάρκειας 20ms, τέσσερα διαδοχικά 60

bits/5ms φραγμών στοιχείων κανονίζονται για να κατασκευάσουν 240bits/20ms πληροφοριών φραγμού που ακολουθείται από τέσσερα μηδέν παρακολουθούμενα bits για την επαναρύθμιση του επόμενου συνελκτικού κώδικα με οπή μετά από τη μετάδοση ενός πλαισίου. Ένα PCC (2.1.5) μισό - ποσοστό περιορισμένου μήκους  $k=5$  συνελκτικού κώδικα με οπή χρησιμοποιείται όπου αυξάνει το περιεχόμενο ενός 20ms φραγμού πληροφοριών από 244 bits σε 488 bits. Από αυτά τα 488 bits, 32 κωδικοποιημένα bits είναι με οπή, που δεν διαβιβάζεται, μετά από τον κανόνα:

για μια ακολουθία 488 μπιτ  $[c(1), c(2), c(3), \dots, c(488)]$  τα bits με οπή είναι  $[c(11), c(26), c(41), \dots, c(476)]$  σύμφωνα με τον κανόνα  $c(11+15i), i=0,1,2,3,4,\dots, 31$ .

Τα τελικά υπόλοιπα bits είναι 456 bits/20ms (22.8 kbit/s). Η δομή έκρηξης TCH των στοιχείων 9.6 kbit/s εξηγείται στο σχήμα 1.9.



**Σχήμα 1.9: Κανάλι στοιχείων 9.6kbit/sec**

Η ακολουθία των 456 bits/20ms  $[c(1), c(2), c(3), \dots, c(456)]$  χαρτογραφείται έπειτα επάνω σε τέσσερις διαδοχικές εκρήξεις 114 bits TDMA και έπειτα παρεμβάλλονται λευκές σελίδες, σύμφωνα με τον κανόνα χαρτογράφησης:

για μια ακολουθία 456 bits  $[c(1), c(2), c(3), \dots, c(456)]$  και για τέσσερις εκρήξεις  $b(K), b(K+1), b(K+2), b(K+3)$ , χαρτογράφησης ακολουθεί τον κανόνα:

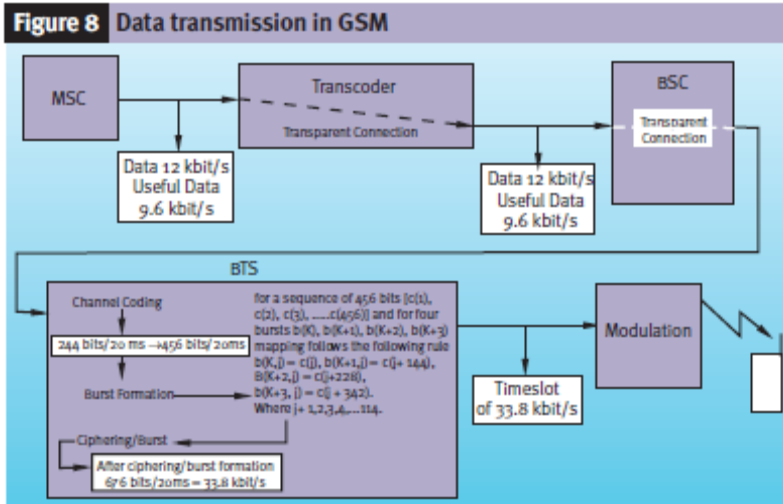
$$b(K, j) = c(j), b(K+1, j) = c(j+144),$$

$$b(K+2, j) = c(j+228),$$

$$b(K+3, j) = c(j+342)$$

όπου  $j = 1,2,3,4,\dots,114$

Τελικά τα κωδικοποιημένα bits στη δομή έκρηξης ξαναπαραγγέλλονται μετά από έναν πρόσθετο κανόνα παρεμβολής λευκών σελίδων ασφάλειας ριπών για να αποφευχθούν κατά τη διάρκεια της μετάδοσης.



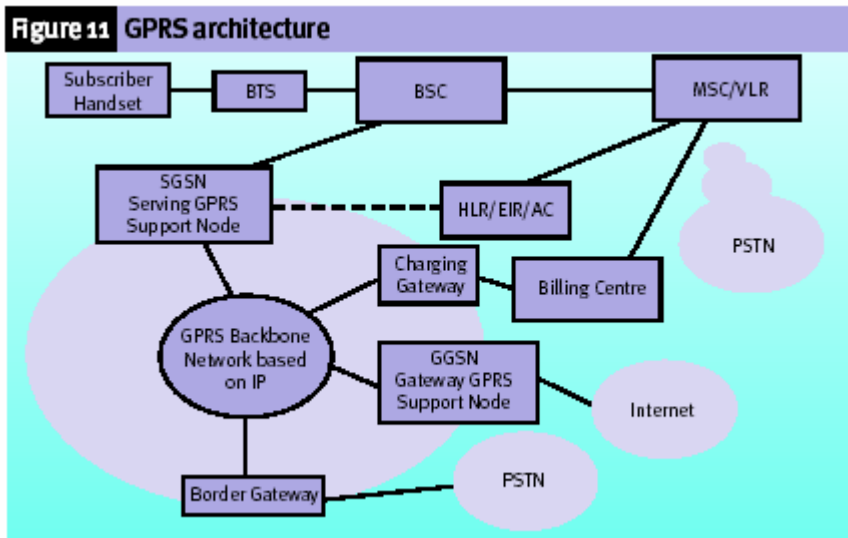
Σχήμα 1.10: Μετάδοση στοιχείων στο GSM

### 1.4.1.3 Γενική υπηρεσία ραδιοφωνικών πακέτων(GPRS)

Το υπάρχον δίκτυο GSM είναι βασισμένο στις τεχνικές μετατροπής κυκλωμάτων. Μέχρι τώρα υπάρχουν καλά παρουσιασμένες διαφορετικές τεχνικές, που εκμεταλλεύονται τις ικανότητες του κυκλώματος μεταστρεφόμενων δικτύων για να διαβιβάσουν τα στοιχεία. Είναι εμφανές ότι για τις εφαρμογές που βασίζονται στο διαδίκτυο, ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, ξεφύλλισμα ιστού, στη μετατροπή κυκλωμάτων GSM που είναι ανεπαρκές εύρος ζώνης και πόροι κατανάλωσης. Να ληφθεί υπόψη η γρήγορα αναπτυσσόμενη ανάγκη για τις εφαρμογές στοιχείων, μηχανικών GSM, σύντομα μετά από την έναρξη GSM, συνειδητοποιώντας ότι η μετατροπή κυκλωμάτων ήταν ανεπαρκής για τη μετάδοση στοιχείων.

Η λύση στο πρόβλημα είναι ένα δίκτυο βασισμένο στις τεχνικές μεταγωγής πακέτων, αποδοτικό κόστος και εύκολο να εφαρμοστεί.

. Αυτό το δίκτυο ήρθε με την απελευθέρωση GSM το '97, γνωστό ως GPRS, το οποίο διατηρεί τις τεχνικές πρόσβασης GSM BSS (λογικών και φυσικών καναλιών σχηματισμού έκρηξης, στη διεπαφή αέρα TDMA), αλλά παρέχοντας τις υπηρεσίες δεδομένων μεταγωγής πακέτων στον κινητό σταθμό. Στο σχήμα 1.11 παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική του δικτύου GPRS.



**Σχήμα 1.11:GPRS αρχιτεκτονική**

Οι συνδέσεις μεταγωγής πακέτων διαιρούν τα στοιχεία σε μικρότερα τεμάχια αποκαλούμενα πακέτα, κάθε πακέτο έχοντας ένα προσδιοριστικό ή μια διεύθυνση που χρησιμοποιούνται από τους δρομολογητές στο δίκτυο στα πακέτα διαδρομών στον προορισμό. Η επικοινωνία μεταγωγής πακέτων είναι κατάλληλη για την κυκλοφορία στοιχείων όταν στέλνεται το στοιχείο στις εκρήξεις ή/και το στοιχείο είναι ευαίσθητο στα λάθη. Το εύρος ζώνης σε ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων δεν είναι διατηρημένο συνεχώς όπως στη μετατροπή κυκλωμάτων, αλλά διατιθέμενο κατόπιν παραγγελίας. Στα στοιχεία GPRS τα πακέτα από τους διαφορετικούς χρήστες είναι στατιστικά πολλαπλασιασμένα στη διεπαφή αέρα που παρέχει την αποδοτική χρήση των ραδιοφωνικών πόρων. Κάθε ραδιοφωνικό κανάλι καταλαμβάνεται μόνο από έναν χρήστη όταν υπάρχει στοιχείο που διαβιβάζει, διαφορετικά το ίδιο κανάλι μπορεί να χρησιμοποιηθεί από διαφορετικό χρήστη.

Κατά συνέπεια στη διεπαφή αέρα GPRS (που είναι η ίδια με το GSM) ο αριθμός χρηστών δεν καθορίζεται ως GSM αλλά διαφέρει σύμφωνα με την κυκλοφορία. Εντούτοις αυτό το στατιστικό να πολλαπλασιάσει υπονοεί τις καθυστερήσεις στο δίκτυο, ως εκ τούτου πρόσθετη προσοχή πρέπει να ληφθεί για τη ποιότητα εξυπηρέτησης για να παρέχει ένα κατάλληλο επίπεδο υπηρεσιών για τις διαφορετικές εφαρμογές. Το πλεονέκτημα της μεταγωγής πακέτων πέρα από τη μετατροπή κυκλωμάτων είναι εν τούτοις η δυνατότητα να δημιουργηθεί η εντύπωση στο χρήστη ότι υπάρχει μια μόνιμη σύνδεση, ένα «κύκλωμα», μεταξύ των δύο ακρών, η σύνδεση είναι μόνο εκεί όταν το στοιχείο διαβιβάζεται, με μια τεχνική γνωστή ως εικονική σύνδεση.

Το GPRS συνεργάζεται με το GSM για να αναβαθμίσουν τις υπηρεσίες GSM που παρέχονται από τον κινητό στα δίκτυα δεδομένων ως εταιρικές LANs, Διαδίκτυο, βάσεις δεδομένων, κ.λπ.



Τα πακέτα στοιχείων είναι διαβιβασθέντα άμεσα από το κινητό και τις τεχνικές που υιοθετεί για να επιτρέψει στους ραδιοφωνικούς πόρους στη διεπαφή αέρα για να χρησιμοποιηθεί μόνο όταν υπάρχει στοιχείο που μεταδίδει ή που λαμβάνει. Η μετάδοση των πακέτων μέσω του δικτύου εφαρμόζεται στις ευδιάκριτες φάσεις. Μόλις μεταδοθεί ένα πακέτο πέρα από τη διεπαφή αέρα, οι ραδιο πόροι είναι διαθέσιμοι για έναν άλλο χρήστη. Κατά συνέπεια οι πόροι αέρα διεπαφών και εύρους ζώνης χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά. Επιπλέον η πολιτική χρέωσης είναι πολύ εύκαμπτη δίνοντας την ευκαιρία στους χειριστές για να προχωρήσει ακόμη και βασισμένη στον όγκο χρέωσης (ανάλογα με το ποσό των στοιχείων που μεταφέρονται). Η πρόσθετη προσοχή έχει δοθεί έπειτα στη bursty φύση των εφαρμογών στοιχείων στη διεπαφή αέρα. Το GPRS έχει υπερνικήσει το έμφυτο μειονέκτημα σχεδίου της 'προτίμησης φωνής' με την προσφορά της πρόσβασης στα παγκόσμια δίκτυα δεδομένων χρησιμοποιώντας τα τυποποιημένα πρωτόκολλα όπως το TCP/IP, X.25 και Frame Relay. Από την άποψη του κόσμου δικτύων δεδομένων GPRS είναι ακριβώς ένα άλλο υποδίκτυο που προσεγγίζεται εύκολα από έναν δρομολογητή. Αν και υπάρχει προστασία από τους εξωτερικούς επιτιθεμένους, που χρησιμοποιούν τις αντιτυρικές ζώνες και τις δυνατότητες κωδικού πρόσβασης. Συγκρίνοντας τις δύο εξελίξεις του δικτύου GSM για τη μετάδοση στοιχείων, HSCSD και GPRS, είναι προφανές ότι η κύρια διαφορά είναι η τεχνολογία. Το GPRS είναι δίκτυο μεταγωγής πακέτων ενώ το HSCSD είναι μεταστρεφόμενο κύκλωμα. Η συνέπεια είναι ότι το HSCSD εγγυάται την καθυστέρηση και το ποσοστό δυαδικών ψηφίων της μετάδοσης στοιχείων και είναι ιδανικό για υπηρεσίες πραγματικού χρόνου, όπως η τηλεοπτική μετάδοση. Χρησιμοποιεί την υποδομή του GSM, ως εκ τούτου το κόστος αποβάλλεται. Αφ' ενός το GPRS χρησιμοποιεί τις καθαρές τεχνικές μετάδοσης στοιχείων, που ταιριάζουν περισσότερο για τη bursty κυκλοφορία, που αυξάνει το ποσοστό στοιχείων. Η τιμή που καταβάλλει είναι πολυπλοκότητα υλικού και λογισμικού και αυξημένο κόστος. Αλλά τα οφέλη είναι πολλά. Ο πίνακας 2 παρουσιάζει μερικά από τα πλεονεκτήματα.

**Table 2** Advantages of GPRS

Presentation	Description
Extended Revenue	User can gain revenues from other applications than voice.
Data Services	People seem to be eager for fixed network data services on mobile networks. GPRS tends to realise the idea of the mobile office.
Excess Capacity over Data	Excess capacity exists in the network, and this capacity can be advantageous for data traffic. In GPRS, as in HSCSD, still voice is considered to be more important than data.
Internet Expansion	GPRS users can enjoy most of the services of the Internet with data rates of more than 100 kbit/s.
Charging Flexibility	GPRS might be the start point to third-generation network (UMTS) implementation over GSM.
Air Interface Efficiency	Charging can offer services to several users in one air interface channel, while GSM only one for the duration of the call. The idea is that many users can use the same TDMA timeslot simultaneously.

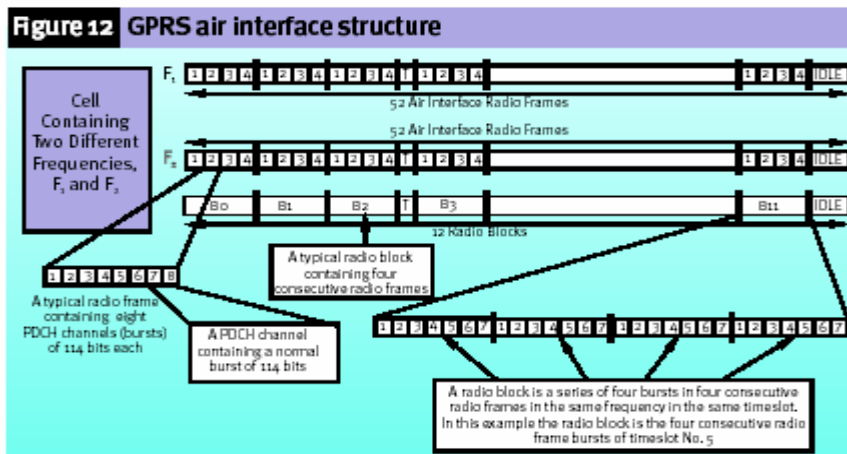
**Πίνακας 1:Πλεονεκτήματα του GPRS**

#### 1.4.1.4 GPRS διεπαφή αέρα

Το GPRS χρησιμοποιεί την ίδια δομή στη διεπαφή αέρα με το συμβατικό σύστημα GSM. Στη διεπαφή αέρα ένα ραδιοφωνικό πλαίσιο αποτελείται από οκτώ φυσικά κανάλια αποκαλούμενα Packet Data Channel, PDCH (στο GSM ήταν κανάλι κυκλοφορίας, TCH). Κάθε PDCH έχει ένα ποσοστό δυαδικών ψηφίων 33.8 kbit/s και περιλαμβάνει τις εκρήξεις 114bits. Κάθε PDCH μοιράζεται μεταξύ των διαφορετικών MS χρηστών Υπάρχουν φυσικά μερικά νέα λογικά κανάλια για λόγους σηματοδότησης, τα οποία χαρτογραφούνται σε ένα PDCH.

Τα νέα κανάλια είναι PBCCH, PCCCH, PRACH, PPCH, PAGCH, PNCH, PDTCH, PACCH και PTCCH. Αυτά τα κανάλια έχουν τις παρόμοιες λειτουργίες όπως αυτό του GSM, και χαρτογραφούνται σε PDCH με τη χρησιμοποίηση μιας multiframe δομής. Αντίθετα από το GSM που χρησιμοποιεί μια multiframe 51 πλαισίων TCH δομή, το GPRS χρησιμοποιεί μια multiframe 52 πλαισίων με PDCH δομή.

Ένα multiframe 52 PDCH ραδιοφωνικών πλαισίων διαιρείται σε 12 ραδιοφωνικούς φραγμούς από τέσσερα ραδιοφωνικά πλαίσια κάθε ένα, δύο μη απασχόλησης πλαίσια και δύο πλαίσια για PTCCH. Πραγματικά ο ραδιοφωνικός φραγμός έχει περισσότερο έννοια προοπτικής, δεδομένου ότι κάθε ραδιοφωνικό πλαίσιο αποτελείται από οκτώ κανάλια PDCH. Είναι ακριβέστερο να ειπωθεί ότι ένας ραδιοφωνικός φραγμός είναι μια σειρά τεσσάρων εκρήξεων που δεν είναι διαδοχικές στο ίδιο ραδιοφωνικό πλαίσιο, αλλά ανήκουν σε τέσσερα διαδοχικά ραδιοφωνικά πλαίσια TDMA στον ίδιο μεταφορέα ίδιου timeslot. Κατά συνέπεια ο ίδιος ραδιοφωνικός φραγμός μπορεί να μοιραστεί μεταξύ οκτώ χρηστών ταυτόχρονα. Επιπλέον δεδομένου ότι το multiframe αποτελείται από 12 ραδιοφωνικούς φραγμούς, στο χρόνο του ενός multiframe,  $12 \cdot 8 = 96$  χρήστες μπορούν να μοιραστούν το ίδιο μέσο. Η διεπαφή αέρα παρουσιάζεται στο σχήμα 1.12.



Σχήμα 1.12: Δομή διεπαφών αέρα GPRS

Το ποσοστό δυαδικών ψηφίων εξαρτάται από το σχέδιο κωδικοποίησης. Στα πρότυπα GPRS υπάρχουν τέσσερα πιθανά σχέδια διεπαφών αέρα: CS1, CS2, CS3, CS4. Το CS1 σχέδιο κωδικοποίησης έχει τον υψηλότερο κώδικα διορθώσεων λάθους και φυσικά τη λιγότερη ρυθμοαπόδοση στοιχείων, ενώ το CS4 δεν έχει καμία διόρθωση λάθους και την υψηλότερη ρυθμοαπόδοση. Ο πίνακας 3 παρουσιάζει διαφορετικά σχέδια κωδικοποίησης με τη ρυθμοαπόδοση στοιχείων τους.

<b>Table 3 Coding scheme</b>				
Number of reserved timeslots in radio frame	Coding scheme (all figures in kbit/s)			
	CS1	CS2	CS3	CS4
1	9.05	13.4	15.6	21.4
2	18.1	26.8	31.2	42.8
3	27.15	40.2	46.8	64.2
4	36.2	53.6	62.4	85.6
5	45.25	67	78	107
6	54.3	80.4	93.6	128.4
7	63.35	93.8	109.2	149.8
8	72.4	107.2	124.8	171.2

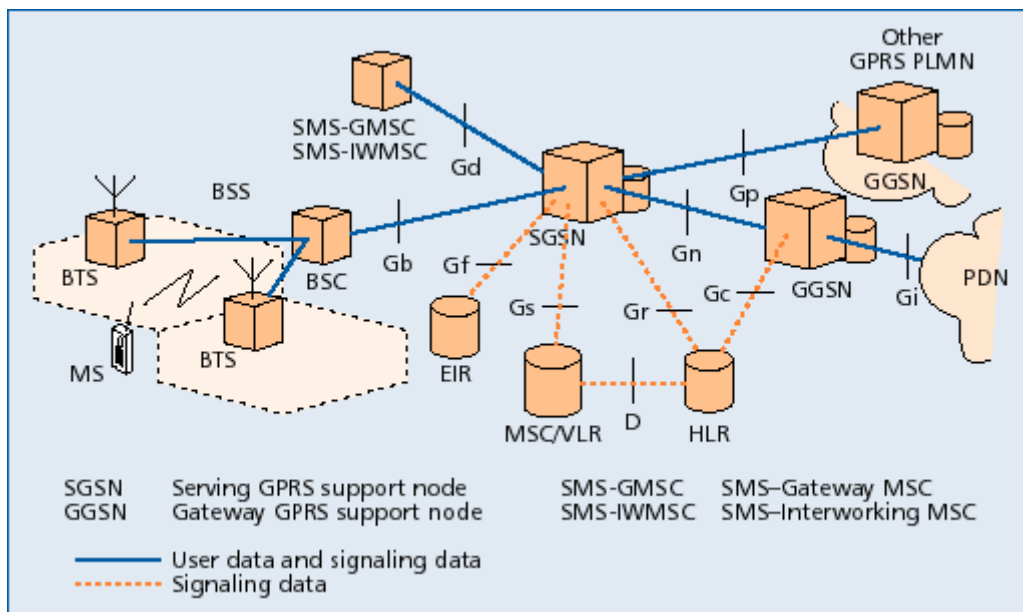
**Πίνακας2: Σχέδιο κωδικοποίησης**

Από τον πίνακα 2 είναι προφανές ότι ο χρήστης GPRS, στην uplink και downlink σύνδεση, μπορεί να έχει μια σύνδεση multislot (αντίθετα οι χρήστες GSM μπορούν να έχουν μόνο ένα timeslot διεπαφών αέρα και για uplink και για downlink σύνδεση). Η σύνδεση multislot μπορεί να ξεπεράσει ολόκληρες τις οκτώ εκρήξεις του ραδιοφωνικού πλαισίου του μεταφορέα. Αυτό εξαρτάται φυσικά από το BSS, το οποίο λαμβάνοντας υπόψη το αίτημα πρόσβασης ποσοστού στοιχείων κινητού για μια σύνδεση, διαθέτει τα μέγιστα πιθανά timeslots του ραδιοφωνικού πλαισίου, τους μέγιστους πιθανούς ραδιοφωνικούς φραγμούς των 52 - multiframe πλαισίων και το σχέδιο κωδικοποίησης, σύμφωνα με τη κυκλοφοριακή συμφόρηση στο κύτταρο. Αυτό υπονοεί διάφορα σενάρια της σύνδεσης. Καταρχήν υπάρχει η δυνατότητα να υπάρξουν οι ασυμμετρικές συνδέσεις στην downlink και uplink σύνδεση. Αυτό δίνει την ευελιξία στα ποσοστά στοιχείων σχετικά με τη συμφόρηση και την εφαρμογή. Παραδείγματος χάριν ένας χρήστης να ζητήσει να μεταφορτώσει μια εικόνα ή ένα τηλεοπτικό αρχείο. Η σύνδεση downlink συνδέσεων απαιτεί περισσότερο ποσοστό στοιχείων από την uplink, ως εκ τούτου το μέρος BSS διαθέσει ένα multislot στη σύνδεση downlink συνδέσεων και ένα timeslot στην uplink. Εάν ένας χρήστης uplink χρειάζεται λιγότερο ποσοστό στοιχείων από ένα timeslot, BSS μπορεί να διαθέσει ένα timeslot uplink σε διάφορους χρήστες χρησιμοποιώντας τις στατιστικές να πολλαπλασιάσει τεχνικές. Μια άλλη δυνατότητα είναι η χρήση, ασυμμετρικά ή συμμετρικά από περισσότερους του ενός ραδιοφωνικών φραγμών multiframe. Αυτές οι δυνατότητες μαζί με το σχέδιο κώδικα παρέχουν στο χρήστη διάφορες διαφορετικές επιλογές, στον ίδιο χρόνο παρέχει τους χειριστές για να υιοθετήσει ένα χρονικό ποσοστό βασισμένο στον όγκο χρέωσης για τις κλήσεις GPRS, σύμφωνα με το ποσοστό στοιχείων όπου ο χρήστης έχει διαθέσει για κάθε δευτερόλεπτο.

## 1.5 Αρχιτεκτονική GPRS δικτύου

Το σύστημα GPRS (Γενική Ραδιοϋπηρεσία Πακέτου) είναι μια προέκταση του συστήματος κινητής τηλεφωνίας GSM, για την υποστήριξη υπηρεσιών μεταγωγής πακέτου. Το παρακάτω Σχήμα εικονογραφεί την αρχιτεκτονική του συστήματος.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το GPRS, που αναπτύχθηκε από τον οργανισμό τυποποίησης ETSI, μπορεί να θεωρηθεί, ως ένα επιπλέον επίπεδο πάνω από το υπάρχον GSM δίκτυο, με σκοπό να εξυπηρετήσει, μετάδοση δεδομένων με τεχνικές μεταγωγής πακέτου. Το σύστημα του GPRS φέρνει μερικά νέα στοιχεία στο GSM δίκτυο, και κυρίως την εισαγωγή δύο νέων κόμβων. . Οι δύο νέοι αυτοί κόμβοι, είναι ο SGSN (Serving GPRS Support Node) GPRS Κόμβος Υπηρεσιών Υποστήριξης και ο GGSN (Gateway GPRS Support Node) GPRS Πύλη Υποστήριξης Κόμβων. Μαζί με τους δύο αυτούς κόμβους, χρησιμοποιήθηκαν νέες διεπαφές και νέα πρωτοκόλλα επικοινωνίας μεταξύ των δομικών στοιχείων του GPRS δικτύου.



**Σχήμα 1.13 : Γενική αρχιτεκτονική του δικτύου GPRS**

Ο κόμβος SGSN, είναι υπεύθυνος για την παράδοση των πακέτων από και προς τους κινητούς σταθμούς, που βρίσκονται μέσα στην περιοχή εξυπηρέτησής του. Βρίσκεται στο ίδιο ιεραρχικό επίπεδο με τον MSC/VLR και ουσιαστικά κάνει ότι και ο MSC/VLR για το δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος. Πιο συγκεκριμένα είναι υπεύθυνος για τις ακόλουθες λειτουργίες:

- Δρομολόγηση και μεταγωγή πακέτων από και προς τους κινητούς σταθμούς που βρίσκονται στην περιοχή εξυπηρέτησής του (packet routing and switching)
- Διαχείριση της συνόδου (session management)
- Πιστοποίηση και διαχείριση της κινητικότητας των σταθμών (authentication and mobility management)
- Διαχείριση της λογικής ζεύξης (logical link management)
- Κρυπτογράφηση και συμπίεση (ciphering and compression)
- Συλλογή δεδομένων χρέωσης για κάθε κινητό σταθμό, που σχετίζονται με την χρήση των ασύρματων πόρων του δικτύου καθώς και κυκλοφοριακά στατιστικά.

Ο GGSN είναι ο κύριος υπεύθυνος για την διασύνδεση του GRPS δικτύου με τα εξωτερικά δίκτυα μεταφοράς πακέτων. Πιο συγκεκριμένα επιτελεί τις ακόλουθες λειτουργίες:

- Παροχή διεπαφής προς τα εξωτερικά δίκτυα δεδομένων (η τρέχουσα έκδοση του GPRS υποστηρίζει μόνο δίκτυα τύπου IP ή X.25). Σχετικά με την μεταγωγή πακέτων σε IP εξωτερικά δίκτυα, ο GGSN έχει λειτουργίες για παροχή ISP υπηρεσιών. Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι, οι κόμβοι των εξωτερικών δικτύων με τα οποία επικοινωνεί, να τον βλέπουν ως έναν δρομολογητή που κάνει μεταγωγή πακέτων για το δικό του χώρο IP διευθύνσεων (χρήστες κινητής τηλεφωνίας).

- Διαχείριση GPRS συνόδου (GPRS session management)
- Αντιστοίχιση συνδρομητών στους σωστούς SGSNs
- Εξαγωγή δεδομένων χρέωσης που σχετίζονται με την χρήση πόρων των εξωτερικών δικτύων.

Με άλλα λόγια, ο GGSN μετατρέπει τα πακέτα που έρχονται από τον SGSN στο κατάλληλο πρωτόκολλο πακέτου δεδομένων (PDP), IP ή X.25 και τα στέλνει στο εξωτερικό δίκτυο με το οποίο είναι συνδεδεμένος. Στην αντίθετη κατεύθυνση, όταν δηλαδή έρχονται πακέτα από ένα εξωτερικό δίκτυο, ο GGSN μετατρέπει τις PDP διευθύνσεις σε GSM διευθύνσεις. Έπειτα, το πακέτο μεταφέρεται στον αντίστοιχο SGSN. Ένα GPRS δίκτυο μπορεί να έχει πολλούς SGSNs, αλλά έχει έναν GGSN για κάθε εξωτερικό δίκτυο με το οποίο διασυνδέεται. Ένας SGSN μπορεί να δρομολογεί πακέτα σε πολλούς GGSNs για να φτάσουν σε διαφορετικά εξωτερικά δίκτυα.

### 1.3.2 Διεπαφές του GPRS

Γενικά, υπάρχει μια σχέση πολλά προς πολλά μεταξύ των SGSN και των GGSN. Ένας GGSN είναι η διεπαφή προς τα εξωτερικά δίκτυα δεδομένων πακέτου για αρκετούς SGSN, όπου ένας SGSN μπορεί να δρομολογήσει τα πακέτα του μέσω διαφορετικών GGSN, ώστε να προσεγγίσει διαφορετικά δίκτυα δεδομένων πακέτου. Το προηγούμενο σχήμα δείχνει επίσης τις διεπαφές μεταξύ των νέων κόμβων του δικτύου GPRS και του δικτύου GSM, όπως ακριβώς ορίζεται από τον ETSI.

Οι υπόλοιποι κόμβοι του GPRS δικτύου έχουν την ίδια δομή, όπως στην αρχιτεκτονική του GSM δικτύου, με κάποιες μικρές μετατροπές έτσι ώστε να υποστηρίζουν και την μετάδοση πακέτων. Η διεπαφή Gb μεταξύ του SGSN και του BSC, είναι ο φορέας της μετάδοσης της GPRS κίνησης και σηματοδότησης, μεταξύ του GSM ραδιο-δικτύου (BSS) και του GPRS δικτύου. Ο BSS είναι υπεύθυνος για την εγκαθίδρυση, την εποπτεία και την αποσύνδεση των συνόδων μεταγωγής πακέτων. Επίσης, έχει όλες τις λειτουργίες που απαιτούνται για την εκχώρηση καναλιού επικοινωνίας, την ρύθμιση παραμέτρων της κυψέλης και την παροχή διεπαφής με τον SGSN (διεπαφή Gb). Τέλος, προστέθηκε μια νέα οντότητα στον BSS, η Μονάδα Ελέγχου Πακέτων (Packet Control Unit – PCU) που θα υλοποιεί ουσιαστικά την Gb διεπαφή και θα ελέγχει και εποπτεύει, τα κανάλια μετάδοσης πακέτων στην ραδιοζεύξη.

Ο MSC/VLR πρέπει και αυτός να αναβαθμιστεί, ώστε να υποστηρίζει την Gs διεπαφή με τον SGSN. Η διεπαφή αυτή, περιλαμβάνει σηματοδότηση μεταξύ των MSC/VLR και του SGSN, ώστε να υπάρχει συντονισμός στις λειτουργίες διαχείρισης της κινητικότητας των σταθμών, τόσο στην κατάσταση μεταγωγής κυκλώματος όσο και στην κατάσταση μεταγωγής πακέτου. Με τον τρόπο αυτό, ένας κινητός σταθμός που βρίσκεται σε κατάσταση μεταγωγής πακέτου, μπορεί να ειδοποιηθεί μέσα από



ένα κανάλι μετάδοσης δεδομένων ότι έχει μία τηλεφωνική κλήση (μεταγωγή κυκλώματος), να αλλάξει την κατάσταση του σε μεταγωγή κυκλώματος, να δεχθεί την κλήση, και μετά το τέλος της κλήσης να αλλάξει κατάσταση και να συνεχίσει την μετάδοση δεδομένων.

Ο HLR πρέπει και αυτός να αναβαθμιστεί, ώστε να μπορούν να αποθηκεύονται σε αυτόν και νέου τύπου δεδομένα. Ο νέος HLR, αποθηκεύει στη βάση δεδομένων του το προφίλ του χρήστη (π.χ. παράμετροι ποιότητας υπηρεσίας), την τρέχουσα SGSN διεύθυνση και την PDP διεύθυνση (ή και διευθύνσεις) για κάθε χρήστη που βρίσκεται στο δίκτυο (PLMN). Η διεπαφή G<sub>r</sub> χρησιμοποιείται για ανταλλαγή πληροφοριών ανάμεσα στον SGSN και τον HLR (π.χ. ενημέρωση του HLR από τον SGSN για το που βρίσκεται ο κινητός σταθμός). Όταν ένας κινητός σταθμός εγγραφεί σε έναν νέο SGSN, τότε ο HLR θα στείλει στον SGSN το προφίλ του χρήστη.

Η διεπαφή G<sub>c</sub>, χρησιμοποιείται συνήθως από τον GGSN, για ενημερώσει τη βάση του με τα τρέχοντα στοιχεία για έναν χρήστη.

Η διεπαφή G<sub>n</sub> μεταξύ ενός SGSN και ενός GGSN που βρίσκονται στο ίδιο PLMN δίκτυο, παρέχει διεπαφή δεδομένων και σηματοδοσίας μεταξύ των δύο αυτών κόμβων.

Η διεπαφή G<sub>p</sub>, ορίζεται μεταξύ δυο GGSNs, τα οποία βρίσκονται σε διαφορετικά PLMN δίκτυα και παρέχει διεπαφή δεδομένων και σηματοδοσίας μεταξύ των κόμβων GGSNs.

Μέσω της διεπαφής G<sub>f</sub>, που συνδέει το SGSN με το EIR, μπορεί να μάθει ο SGSN κόμβος, πληροφορίες για το IMEI ενός κινητού σταθμού που προσπαθεί να εγγραφεί στο δίκτυο.

Η διεπαφή G<sub>i</sub> διασυνδέει το δημόσιο δίκτυο της κινητής τηλεφωνίας (PLMN), με εξωτερικά δημόσια ή ιδιωτικά δίκτυα μεταγωγής πακέτου (PDNs), όπως το Διαδίκτυο ή ιδιωτικά εσωτερικά δίκτυα. Υποστηρίζονται διεπαφές προς IP (IPv4 και IPv6) και X.25 δίκτυα. Το GPRS υποστηρίζει μια μεγάλη γκάμα δικτυακών δεδομένων. Για αυτόν το λόγο το G<sub>i</sub> δεν είναι μια στανταρ διεπαφή αλλά κυρίως ένα σημείο αναφοράς.

Η διεπαφή U<sub>m</sub> μεταξύ ενός κινητού σταθμού και του GPRS δικτύου, παρέχει την δυνατότητα πρόσβασης στο κινητό σταθμό, στο GPRS δίκτυο.

Τέλος, η διεπαφή R μεταξύ τερματικού εξοπλισμού και κινητού. Επιτρέπει για παράδειγμα σε έναν φορητό υπολογιστή να μεταδώσει δεδομένα σε ένα GSM τηλέφωνο.

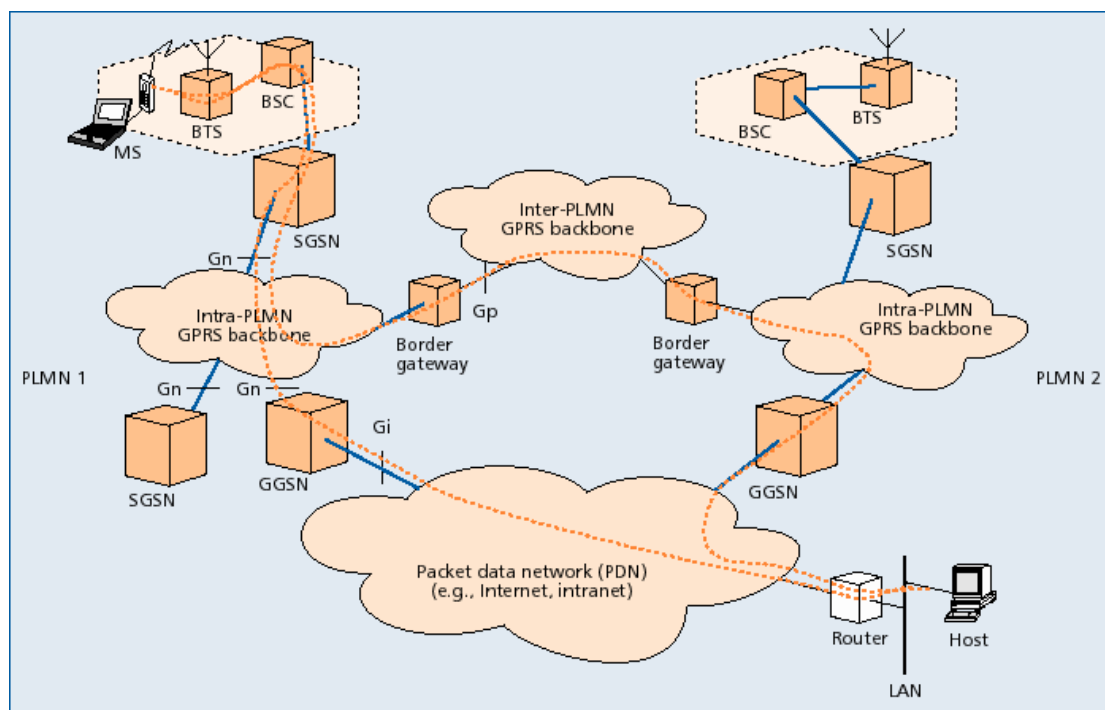
Όλοι οι GSN είναι συνδεδεμένοι μέσω ενός, βασισμένου στο IP, δικτύου πυρήνα GPRS. Μέσα στα πλαίσια αυτού του δικτύου, οι GSN συμπυκνώνουν τα πακέτα PDN και τα μεταδίδουν (tunnel) χρησιμοποιώντας το Πρωτόκολλο Μετάδοσης Δεδομένων GPRS (GPRS Tunneling Protocol, GTP).

Υπάρχουν δύο είδη δικτύων πυρήνα GPRS:

⇒ *Δίκτυα πυρήνα Intra PLMN*. Συνδέουν τους GSN που ανήκουν στο ίδιο PLMN και για το λόγο αυτό είναι ιδιωτικά δίκτυα, του παροχέα δικτύου GPRS, βασισμένα στο IP.

⇒ Δίκτυα πυρήνα *Inter PLMN*. Συνδέουν τους GSN από διαφορετικά PLMN. Για την εγκατάσταση ενός δικτύου τέτοιου είδους είναι απαραίτητη μια συμφωνία σχετικά με την περιαγωγή, μεταξύ των παροχέων δικτύων GPRS.

Το Σχήμα 1.4 δείχνει δύο δίκτυα πυρήνα *Intra PLMN*, που ανήκουν σε διαφορετικά PLMN, συνδεδεμένα με ένα δίκτυο πυρήνα *Inter PLMN*. Οι δρομολογητές μεταξύ των PLMN και του εξωτερικού δικτύου πυρήνα *Inter PLMN* ονομάζονται δρομολογητές ορίων. Ανάμεσα σε άλλα, εκτελούν λειτουργίες ασφάλειας για να προστατέψουν τα ιδιωτικά δίκτυα πυρήνα *Intra PLMN* από μη εξουσιοδοτημένους χρήστες, καθώς και από επιθέσεις.



**Σχήμα 1.14 : Αρχιτεκτονική συστήματος GPRS και παράδειγμα δρομολόγησης**

### **Κλάσεις κινητών σταθμών**

Οι κινητοί σταθμοί στα GPRS δίκτυα, μπορούν να είναι τριών κλάσεων: A, B ή C. Οι κλάσεις αυτές, σχετίζονται με τη δυνατότητα των κινητών σταθμών, να συνδεθούν με ένα από τα δύο ή και τα δύο μαζί, δίκτυα κινητής τηλεφωνίας (GSM και GPRS). Έτσι, τα κινητά της κλάσης A, είναι συνδεδεμένα ταυτόχρονα και στις δύο υπηρεσίες και μπορούν να λειτουργούν, είτε σε κατάσταση μεταγωγής κυκλώματος είτε σε κατάσταση μεταγωγής πακέτου. Τα κινητά της κλάσης B, μπορούν και αυτά να συνδεθούν ταυτόχρονα και στις δύο υπηρεσίες αλλά, σε αντίθεση με τα κινητά της κλάσης A, δεν μπορούν να τις χρησιμοποιούν και τις δύο ταυτόχρονα, δηλαδή μπορούν να είναι, είτε σε κατάσταση

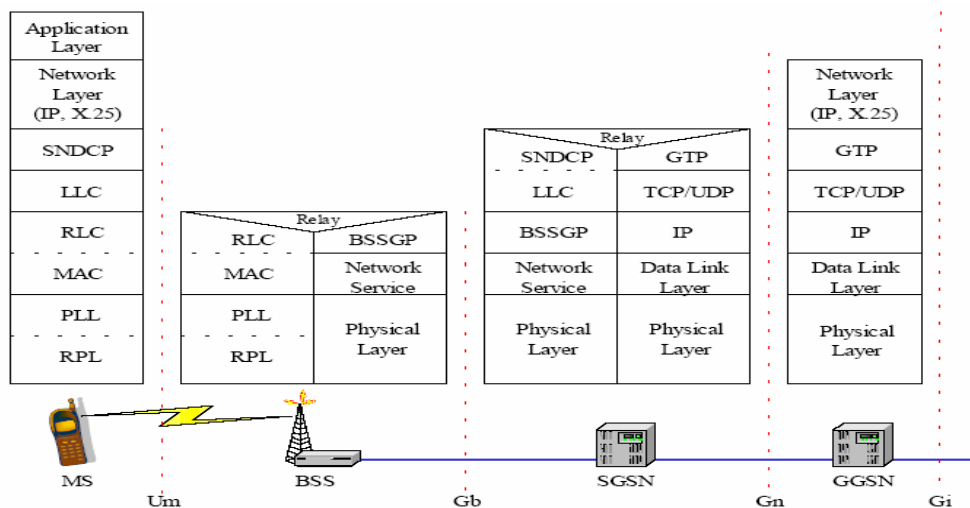
μεταγωγής κυκλώματος, είτε σε κατάσταση μεταγωγής πακέτου. Τέλος, τα κινητά της κλάσης C, μπορούν να είναι συνδεδεμένα, είτε με την υπηρεσία GSM, είτε με την υπηρεσία GPRS. Με άλλα λόγια, αν ένα κινητό κλάσης C, υποστηρίζει και τις δύο υπηρεσίες, θα πρέπει ο κάτοχός του να αλλάζει την κατάστασή του (από μεταγωγή κυκλώματος σε μεταγωγή πακέτου και το αντίθετο).

## 1.5.2 Πρωτόκολλα Μετάδοσης και Σηματοδοσίας στο GPRS

Ένα GPRS δίκτυο, διαθέτει νέα πρωτόκολλα, σχεδιασμένα να μεταφέρουν δεδομένα χρηστών με αξιόπιστο και ασφαλή τρόπο. Η πληροφορία μεταφέρεται μεταξύ του ήδη υπάρχοντος GSM δικτύου και του GPRS δικτύου, χρησιμοποιώντας δύο διαφορετικά πρωτόκολλα:

- Πρωτόκολλα Μετάδοσης (Transmission Plane Protocols), που χρησιμοποιούνται, για την μετάδοση δεδομένων του χρήστη και λειτουργίες ελέγχου.
- Πρωτόκολλα Σηματοδοσίας (Signaling Plane Protocols), που χρησιμοποιούνται, για την μεταφορά πληροφορίας σηματοδοσίας, η οποία ελέγχει και υποστηρίζει τις λειτουργίες του Πρωτοκόλλου Μετάδοσης.

Το Πρωτόκολλο Μετάδοσης μεταφέρει δεδομένα χρηστών, σε μορφή IP διαγραμμάτων, από τους κινητούς σταθμούς προς τα εξωτερικά δίκτυα.



Σχήμα 1.15 : Στοιβά πρωτοκόλλων μετάδοσης GPRS

Το Πρωτόκολλο Μετάδοσης (Transmission Plane Protocols) αποτελείται από τα εξής πρωτόκολλα:

Το **GTP (GPRS Tunneling Protocol)** χρησιμοποιείται, για τη μετάδοση δεδομένων και σημάτων ελέγχου μεταξύ των GSNs (SGSN και GGSN). Όλες οι μονάδες πακέτων Packet Data Protocols Units (PDUs), για να μεταδοθούν στο δίκτυο κορμού του GPRS, μεταφέρονται μέσω του GTP, το οποίο δημιουργεί «σήραγγες» μεταξύ των GSNs. Στις «σήραγγες» αυτές, μεταφέρονται είτε δεδομένα (υπό τη μορφή πακέτων), είτε μηνύματα ελέγχου, για την δημιουργία, τροποποίηση ή καταστροφή τέτοιων «σηράγγων».

Κάτω από το GTP, χρησιμοποιούνται εναλλακτικά τα πρωτόκολλα **TCP** (για ασφαλή μετάδοση των GTP PDUs πακέτων, όπως σε X.25 δίκτυα) και **UDP** (για IP δίκτυα, όπου δεν μας ενδιαφέρει η ασφαλής διασύνδεση κατά την μεταφορά των δεδομένων, όπως το Διαδίκτυο). Το TCP, χρησιμοποιεί έλεγχο ροής και προστασία απέναντι σε λάθη κατά τη μετάδοση των πακέτων, ενώ το UDP, παρέχει προστασία σε περίπτωση μεταφοράς λανθασμένων GTP PDUs.

Κάτω από το πρωτόκολλο TCP/ UDP, χρησιμοποιείται το **IP** πρωτόκολλο, για τη δρομολόγηση των πακέτων και για σηματοδότηση ελέγχου στο δίκτυο κορμού του GPRS.

Κάτω από το IP πρωτόκολλο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν δίκτυα τύπου Ethernet, ISDN ή ATM για τη μετάδοση σε φυσικό επίπεδο.

Όπως γνωρίζουμε, το GRPS δίκτυο, υποστηρίζει διαφορετικά πρωτόκολλα στρώματος δικτύου (network layers), παρέχοντας διαφάνεια πρωτοκόλλου στους χρήστες των υπηρεσιών. Το πρωτόκολλο **SNDCP (Subnetwork-Dependent Convergence Protocol)** Πρωτόκολλο Σύγκλισης Εξαρτημένου Υποδικτύου, έχει ως κύρια λειτουργία, την μεταφορά των μονάδων του στρώματος δικτύου (Network Layer Protocol Data Units-NPDUS) με έναν διάφανο τρόπο, από το GRPS δίκτυο. Αν δηλαδή εισαχθεί ένα νέο πρωτόκολλο δικτύου, τότε μόνο το SNDCP πρωτόκολλο χρειάζεται να τροποποιηθεί και όχι όλα τα υπόλοιπα πρωτόκολλα του GRPS. Επιπλέον, το SNDCP παρέχει συμπίεση δεδομένων και συμπίεση επικεφαλίδας, με σκοπό να καλυτερεύσει την απόδοση του καναλιού μετάδοσης. Τέλος, παρέχει πολύπλεξη δεδομένων, που προέρχονται από διαφορετικές πηγές, σε μία νοητή λογική σύνδεση, που παρέχεται, από το κατώτερο επίπεδο LLC.

Το πρωτόκολλο **LLC (Logical Link Layer)**, πρωτόκολλο Στρώματος Λογικής Σύνδεσης, παρέχει μία ασφαλή, αξιόπιστη και κρυπτογραφημένη λογική σύνδεση, μεταξύ του κινητού σταθμού και του SGSN, η οποία είναι ανεξάρτητη και από τα ανώτερα και από τα κατώτερα στρώματα πρωτοκόλλων. Περιλαμβάνει έλεγχο σειράς, παράδοση πακέτων στη σωστή σειρά, έλεγχο ροής, ανακάλυψη λαθών μετάδοσης και επαναμετάδοση. Όπως έχουμε αναφέρει, το LLC, είναι ανεξάρτητο των πρωτοκόλλων των κατώτερων επιπέδων, με αποτέλεσμα να επιτρέπει εναλλακτικές λύσεις στην ασύρματη μετάδοση, με την ελάχιστη αλλαγή στο δίκτυο του GPRS.

Το πρωτόκολλο **BSSGP (Base Station System GPRS Protocol)**, πρωτόκολλο Σταθμού Βάσης GPRS Συστήματος, μεταφέρει πληροφορίες δρομολόγησης και ποιότητας υπηρεσίας, μεταξύ των BSS και SGSN, έτσι ώστε να είναι δυνατή η μεταφορά δεδομένων, μεταξύ των BSS και SGSN. Το πρωτόκολλο αυτό, δεν παρέχει την δυνατότητα διόρθωσης λαθών. Δηλαδή η λειτουργία του πρωτοκόλλου BSSGP είναι:

- Παροχή connectionless σύνδεσης, μεταξύ του BSS και SGSN
- Μεταφορά δεδομένων, με ανεπιβεβαίωτο τρόπο, μεταξύ BSS και SGSN
- Παροχή ελέγχου διπλής κατεύθυνσης της ροής δεδομένων, μεταξύ BSS και SGSN
- Χειρισμός αιτήσεων paging, από το SGSN προς το BSS
- Υποστήριξη καταστροφής παλιών μηνυμάτων σε ένα BSS, για παράδειγμα, όταν ένας κινητός σταθμός αλλάζει BSS.

Η υπηρεσία δικτύου (Network Service – NS) μεταφέρει τα BSSGP PDUs, μεταξύ BSS και SGSN και βασίζεται στην τεχνολογία Frame Relay.

Το πρωτόκολλο RLC (Radio Link Control)/MAC (Medium Access Control) περιλαμβάνει δύο λειτουργίες: το RLC (Έλεγχος Ραδιο-σύνδεσης) πραγματοποιεί τον έλεγχο της ραδιοζεύξης, με σκοπό, την δημιουργία ενός ασφαλούς ασύρματου μέσου μετάδοσης. Το MAC (Έλεγχος Πρόσβασης του Μέσου) πραγματοποιεί, τον έλεγχο του μέσου πρόσβασης, με σκοπό τον έλεγχο της σηματοδοσίας πρόσβασης των κινητών σταθμών, που προσπαθούν να αποκτήσουν πρόσβαση στην ραδιοζεύξη και την μεταφορά των πλαισίων LLC στο φυσικό κανάλι του GPRS. Δηλαδή το MAC, χειρίζεται την διάθεση των φυσικών καναλιών του ραδιο-δικτύου.

Το φυσικό επίπεδο μεταξύ του κινητού σταθμού και του BSS, χωρίζεται σε δύο υπο-στρώματα: το **PLL (Physical Link Layer)**, Φυσικό Στρώμα Σύνδεσης και το **RFL (Radio Frequency Layer)** στρώμα Ραδιο-συχνότητας. Το PLL, υποστηρίζει τις απαραίτητες λειτουργίες, για το μοίρασμα, ενός φυσικού καναλιού, στους κινητούς σταθμούς. Ακόμα παρέχει επικοινωνία, μεταξύ του κινητού σταθμού και του δικτύου και επιτελεί κωδικοποίηση καναλιού, διόρθωση λαθών μετάδοσης και ανακάλυψη συμφόρησης στο φυσικό κανάλι. Το RFL είναι το φυσικό ραδιο-στρώμα GSM. Καθορίζει τα χαρακτηριστικά της συχνότητας του φέροντος και τις δομές του ραδιο-καναλιού GSM. του παρέχει μεταξύ άλλων κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση. Καθορίζει ακόμα το σχήμα της ραδιο-διαμόρφωσης που χρησιμοποιείται, στα δεδομένα. Τέλος καθορίζει, τα χαρακτηριστικά της ραδιο-μετάδοσης και της ραδιο-λήψης.

Όπως έχουμε αναφέρει, το πρωτόκολλο Σηματοδοσίας (Signaling Plane Protocol), αποτελείται από πρωτόκολλα που ελέγχουν και υποστηρίζουν τις λειτουργίες του πρωτοκόλλου Μεταφοράς(Transmission Plane Protocol). Οι λειτουργίες που επιτελεί είναι:

- Έλεγχος των συνδέσεων πρόσβασης του GPRS δικτύου, όπως της πρόσδεσης (attaching) και διακοπής πρόσδεσης(detaching) στο GPRS δίκτυο
- Έλεγχος των χαρακτηριστικών, των ήδη εγκατεστημένων συνδέσεων πρόσβασης του δικτύου, όπως η ενεργοποίηση μιας διεύθυνσης PDP (Protocol Data Packet).
- Έλεγχος των μονοπατιών δρομολόγησης (routing paths) της εγκατεστημένης σύνδεσης δικτύου, έτσι ώστε να υποστηρίζεται η κινητικότητα των χρηστών.
- Έλεγχος του προσδιορισμού των πηγών του δικτύου, έτσι ώστε να μπορούν να αλλάζουν, με απαίτηση του χρήστη.
- Παροχή πρόσθετων υπηρεσιών

### **1.5.3 Διαχείριση κινητικότητας σε δίκτυο GPRS (Mobility Management)**

#### **1.5.3.1 Περιοχές Δρομολόγησης (Routing areas)**

Η διαχείριση της κινητικότητας σε ένα GPRS δίκτυο, πραγματοποιείται με τον ίδιο περίπου τρόπο, που πραγματοποιείται και σε ένα GSM δίκτυο. Η διαφορά όμως είναι, ότι στο GPRS δίκτυο έχουμε μια καινούρια αρχή, την περιοχή δρομολόγησης (Routing area).

Μια routing area, μπορεί να αποτελείται από μια ή περισσότερες κυψέλες. Μια ή περισσότερες routing areas, συνιστούν μια location area, ωστόσο μια routing area μπορεί να ανήκει, μόνο σε μια location area. Μια routing area, μπορεί να θεωρηθεί ως ένα IP υποδίκτυο και χρησιμοποιείται, για να πραγματοποιεί αναζήτηση (paging), στους χρήστες του GPRS δικτύου. Μια routing area, εξυπηρετείται μόνο από ένα SGSN. Η routing area αναγνωρίζεται μέσω της RAI (Routing Area Identity), Ταυτότητα Περιοχής Δρομολόγησης. Η RAI καθορίζεται από τον διαχειριστή (operator) και εκπέμπεται από το σύστημα. Κάθε φορά που ο κινητός σταθμός αλλάζει κυψέλη, ελέγχει το RAI, για να διαπιστώσει αν έχει περάσει τα σύνορα της περιοχής δρομολόγησης. Αν αλλάξει routing area ο κινητός σταθμός, θα πρέπει να αρχικοποιήσει, τις διαδικασίες ενημέρωσης της routing area.

#### **1.5.3.2 Καταστάσεις κινητικότητας σταθμών**

Για την καλύτερη διαχείριση της κινητικότητας των σταθμών (mobility management state-MM), έχουν οριστεί τρεις διαφορετικές MM καταστάσεις, σε μια από τις οποίες μπορεί να βρίσκεται ο συνδρομητής κάθε φορά. Αυτές είναι: IDLE, STANDBY and READY. Σε κάθε μια από αυτές τις

καταστάσεις, επιτρέπεται ένα ορισμένο επίπεδο λειτουργίας και υπάρχουν συγκεκριμένες πληροφορίες θέσης, τόσο από πλευράς SGSN, όσο και από πλευράς του κινητού σταθμού. Το πέρασμα από την μια κατάσταση στην άλλη, πραγματοποιείται όταν ολοκληρωθεί μια ενέργεια ή όταν εκπνεύσει ένας timer. Οι πληροφορίες που υπάρχουν στο SGSN όσο και στον κινητό σταθμό, ονομάζονται Περιβάλλον Διαχείρισης Κινητικότητας (MM Context). Η MM κατάσταση ενός συνδρομητή, αφορά μόνο τις MM δραστηριότητες του συνδρομητή και δεν έχει σχέση, με την ύπαρξη και την κατάσταση των PDP Context, που έχει ενεργοποιήσει. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι καταστάσεις αυτές:

### **IDLE state (κατάσταση αδράνειας)**

Σε αυτή την κατάσταση ο συνδρομητής, δεν έχει ενεργοποιήσει GPRS υπηρεσίες. Δηλαδή δεν έχει προσδεθεί στο GPRS δίκτυο (GPRS attach). Ακόμα, δεν υπάρχει διαχείριση της κινητικότητας του και ούτε το SGSN, ούτε ο κινητός σταθμός, διατηρούν πληροφορίες για τον συνδρομητή. Οι μόνες ενέργειες που κάνει ο συνδρομητής, είναι η επιλογή δικτύου και κυψέλης. Η μεταφορά δεδομένων, όπως επίσης και το paging του συνδρομητή είναι αδύνατα. Ο GPRS κινητός σταθμός, φαίνεται σαν μη προσβάσιμος. Για να μπορέσει να έχει ο συνδρομητής MM Context, ώστε να είναι γνωστή η θέση του στο SGSN, πρέπει να ακολουθήσει την διαδικασία του GPRS attach.

### **STANDBY State (κατάσταση αναμονής)**

Σε αυτή την κατάσταση, ο συνδρομητής έχει ακολουθήσει την διαδικασία του GPRS attach, οπότε έχουν ενεργοποιηθεί, οι υπηρεσίες διαχείρισης κινητικότητας. Στην κατάσταση αναμονής, τόσο ο κινητός σταθμός, όσο και το SGSN, διατηρούν πληροφορίες διαχείρισης κινητικότητας (MM Context). Αιτήσεις paging για μεταφορά σηματοδότησης ή δεδομένων, μπορούν να ληφθούν σε αυτή την κατάσταση. Ακόμα, είναι δυνατόν μέσω του SGSN, να σταλούν αιτήσεις paging. Αποστολή και λήψη δεδομένων, δεν είναι δυνατή σε αυτή τη κατάσταση. Ο κινητός σταθμός, πραγματοποιεί τις λειτουργίες ενημέρωσης περιοχής δρομολόγησης (GPRS Routing Area Update) και επιλογής κυψέλης (GPRS cell selection). Χρησιμοποιεί MM διαδικασίες, μόνο όταν αλλάζει RA, για να ενημερώσει το SGSN (π.χ. το SGSN δεν ειδοποιείται αν ο MS αλλάξει κυψέλη, μέσα στην ίδια routing area). Η μόνη πληροφορία που υπάρχει στο SGSN, είναι η ταυτότητα της RA (routing area). Ο συνδρομητής, μπορεί να ζητήσει την ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση, ενός PDP Context. Μεταφορά δεδομένων για αυτό το Context, μπορεί να γίνει μόνο αφού ολοκληρωθεί η ενεργοποίησή του.

Στην περίπτωση που το SGSN, έχει να στείλει δεδομένα ή πληροφορία σηματοδότησης, προς ένα κινητό σταθμό, που βρίσκεται σε STANDBY State, θα πρέπει πρώτα το SGSN να στείλει μια αίτηση αναζήτησης (paging request) προς την περιοχή δρομολόγησης, που βρίσκεται ο κινητός σταθμός. Όταν ο κινητός σταθμός απαντήσει στην αίτηση, περνά από την κατάσταση STANDBY, στην κατάσταση

READY. Η κατάσταση αυτή του κινητού υπάρχει τόσο στο SGSN όσο και στον κινητό σταθμό. Επίσης σε κατάσταση Ready, μεταβαίνει το κινητό και όταν η σηματοδότηση ή τα δεδομένα στέλνονται από τον κινητό σταθμό, προς το SGSN. Το κινητό ή το SGSN μπορούν να ξεκινήσουν την διαδικασία απενεργοποίησης του κινητού, οπότε αυτό μεταβαίνει στη κατάσταση IDLE. Μία περίπτωση που συμβαίνει αυτό, είναι όταν λήξει ο mobile reachable timer (είναι ένα χρονικό διάστημα, που κατά τη διάρκεια του, το SGSN ξέρει την ακριβή θέση του κινητού και δεν χρειάζεται να γίνει paging για να βρεθεί).

### **READY State (κατάσταση ετοιμότητας)**

Στην κατάσταση αυτή, το SGSN ξέρει τη θέση του συνδρομητή σε επίπεδο κυψέλης. Γι' αυτό το λόγο ο συνδρομητής, ακολουθεί όλες εκείνες τις διαδικασίες διαχείρισης κινητικότητας, προκειμένου το δίκτυο να ξέρει την ακριβή θέση του. Η ταυτότητα του κελιού (Cell Global Identity), που περιλαμβάνει τόσο την ταυτότητα της Routing Area (RAI) και της Location Area (LAI), περιέχεται στην επικεφαλίδα κάθε BSSGP μηνύματος, που λαμβάνεται από τον κινητό σταθμό. Σε αυτή την κατάσταση αποστέλλονται PDP PDU's. Καθώς το SGSN είναι ενημερωμένο για τη θέση του κινητού, δεν γίνονται διαδικασίες αναζήτησης (paging) για υπηρεσίες GPRS. Το SGSN προωθεί τα πακέτα στο αντίστοιχο Base Station, με βάση τις πληροφορίες του MM Context που έχει αποθηκευμένες.

Η κατάσταση ready του κινητού, είναι ανεξάρτητη από το αν υπάρχουν δεσμευμένοι πόροι στο ασύρματο περιβάλλον. Η MM κατάσταση παραμένει η ίδια, ακόμα και όταν δεν υπάρχει ανταλλαγή δεδομένων. Όμως ο χρόνος που μπορεί να παραμείνει το κινητό σε μια κατάσταση, είναι συγκεκριμένος (ready timer) και όταν αυτό το χρονικό διάστημα λήξει, επιστρέφει σε κατάσταση STANDBY, εφόσον δεν υπήρξε ανταλλαγή δεδομένων. Για να μπορέσει το κινητό από κατάσταση READY, να μεταβεί σε κατάσταση IDLE, θα πρέπει ο κινητός σταθμός, να έχει ξεκινήσει την διαδικασία απενεργοποίησης των υπηρεσιών GPRS.

Έως εδώ περιγράψαμε τις καταστάσεις, στις οποίες μπορεί να βρεθεί ο συνδρομητής, καθώς και πως μπορεί να μεταβεί από τη μία κατάσταση στην άλλη. Ακολουθούν σχεδιαγράμματα, που δείχνουν πως ανάλογα με την τρέχουσα κατάσταση του κινητού, θα μεταβούμε στην επόμενη.

Μετακίνηση από κατάσταση IDLE, σε κατάσταση READY πραγματοποιείται, με τη βοήθεια του GPRS attach. Ο κινητός σταθμός, ζητά πρόσβαση και μια λογική σύνδεση προς το SGSN, εγκαθίσταται. Οι MM Contexts (πληροφορίες περιβάλλοντος διαχείρισης), δημιουργούνται στον κινητό σταθμό και στο SGSN.

Μετακίνηση από κατάσταση STANDBY, σε κατάσταση IDLE πραγματοποιείται, με την απόλυση πρόσδεσης (detach). Σε αυτή την κατάσταση οι MM Contexts (πληροφορίες περιβάλλοντος διαχείρισης) και οι PDP Contexts διαγράφονται από το SGSN. Ακόμα μετακίνηση από κατάσταση

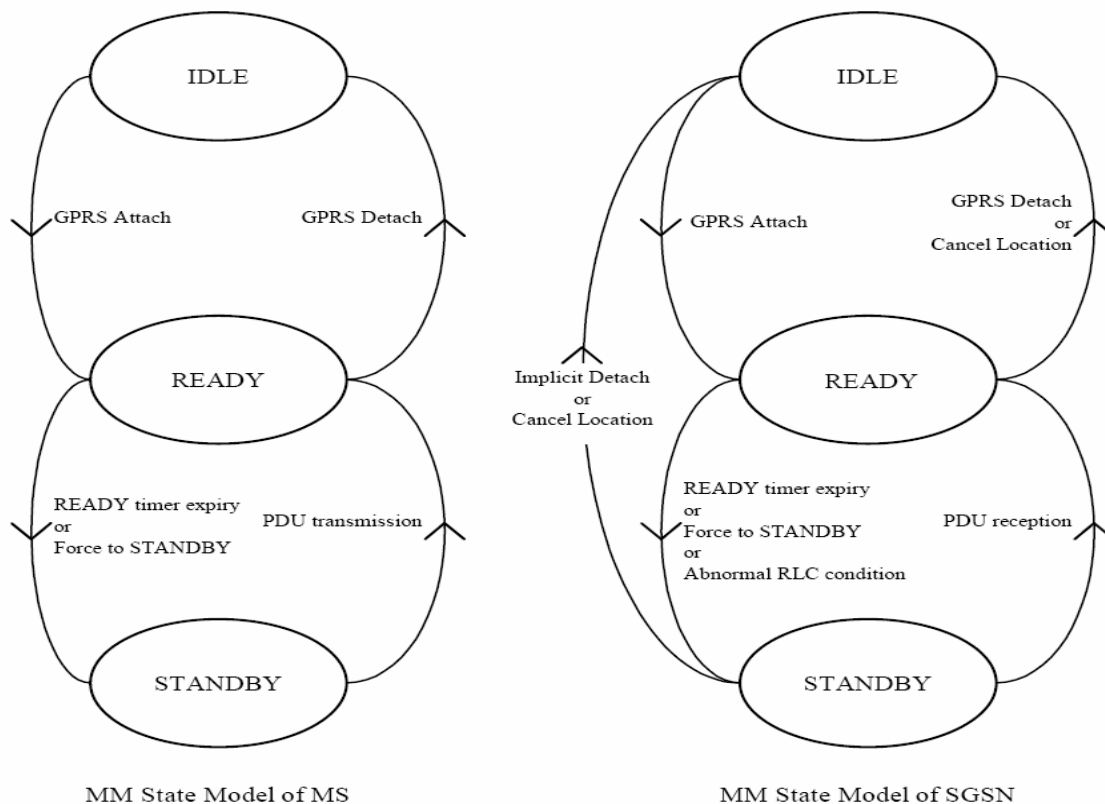


STANDBY σε κατάσταση IDLE πραγματοποιείται, με τη βοήθεια της ακύρωσης τοποθέτησης (cancel location). Το SGSN λαμβάνει, ένα μήνυμα από την HLR και απομακρύνει τις πληροφορίες, MM Contexts και PDP Contexts.

Μετακίνηση από κατάσταση STANDBY, σε κατάσταση READY πραγματοποιείται, με την αποστολή μιας PDU από ένα σταθμό σε ένα SGSN ή λήψη, μιας Protocol Data Unit (PDU) από ένα SGSN, την οποία έστειλε, ένας κινητός σταθμός.

Μετακίνηση από κατάσταση READY, σε κατάσταση STANDBY πραγματοποιείται, όταν ένας timer λήξει, ή όταν ο SGSN απαιτήσει την επιστροφή σε κατάσταση STANDBY, ή τέλος σε μη κανονική RLC (Radio Link Control) κατάσταση, όταν δηλαδή, έχουμε προβλήματα παράδοσης στην ραδιο-διεπαφή.

Μετακίνηση από κατάσταση READY, σε κατάσταση IDLE πραγματοποιείται, όταν έχουμε απόλυση της πρόσδεσης (detach). Σε αυτή την περίπτωση, το SGSN και ο κινητός σταθμός, διαγράφουν τις MM Contexts και PDP Contexts. Η μετακίνηση από την κατάσταση READY στην IDLE, γίνεται και όταν το SGSN, λαμβάνει από την HLR ένα μήνυμα ακύρωσης τοποθεσίας (cancel location), οπότε απομακρύνει τις πληροφορίες MM Contexts και PDP Contexts.



**Σχήμα 1.16 : Καταστάσεις Κινητικότητας Σταθμών**

## 1.5.4 Διαχείριση Συνόδου (Session Management)

Όπως έχουμε αναφέρει, πριν ένας κινητός σταθμός να είναι σε θέση να χρησιμοποιήσει τις GPRS υπηρεσίες, θα πρέπει να καταχωρηθεί σε έναν SGSN κόμβο του GPRS δικτύου. Το δίκτυο ελέγχει αν ο χρήστης είναι εξουσιοδοτημένος να χρησιμοποιήσει τις υπηρεσίες και αντιγράφει το προφίλ του από τον HLR, στον SGSN. Οι διαδικασίες αυτές, πραγματοποιούνται κατά την διάρκεια του attach. Για να γίνει δυνατή η ανταλλαγή GPRS πακέτων δεδομένων, με ένα εξωτερικό δίκτυο PDN (Packet Data Network) μετά από μία επιτυχής σύνδεση (attach), θα πρέπει ο κινητός σταθμός να κάνει αίτηση για μία ή περισσότερες διευθύνσεις του ίδιου τύπου, με αυτές που χρησιμοποιούνται στο συγκεκριμένο PDN. Για παράδειγμα, αν το εξωτερικό δίκτυο είναι ένα IP δίκτυο, τότε και ο κινητός σταθμός, θα πρέπει να χρησιμοποιεί IP διεύθυνση για την επικοινωνία με το IP δίκτυο. Η διεύθυνση αυτή, καλείται PDP address (Packet Data Protocol address). Για κάθε σύνοδο, δημιουργείται το λεγόμενο PDP πλαίσιο (PDP context), που περιγράφει τα χαρακτηριστικά μιας συνόδου. Περιέχει τον PDP τύπο (IPv4 ή IPv6 ή X.25), την PDP διεύθυνση που ανατίθεται στον κινητό σταθμό, την ποιότητα υπηρεσίας που έχει ζητηθεί και την διεύθυνση ενός GGSN, που λειτουργεί ως σημείο πρόσβασης (access point) στο εξωτερικό PDN. Το πλαίσιο αυτό, αποθηκεύεται στον κινητό σταθμό, στον SGSN και τον GGSN. Με ένα ενεργό PDP πλαίσιο, ο κινητός σταθμός είναι «ορατός» στο εξωτερικό δίκτυο και μπορεί να στέλνει και να λαμβάνει, πακέτα δεδομένων. Ένας κινητός σταθμός, μπορεί να εκτελεί λειτουργίες PDP Context, μόνο όταν είναι σε κατάσταση STANDBY και READY. Ένας χρήστης μπορεί να έχει περισσότερα του ενός ενεργά PDP πλαίσια σε μία χρονική στιγμή. Η ανάθεση των PDP διευθύνσεων στους κινητούς σταθμούς, μπορεί να είναι είτε στατική είτε δυναμική. Στην πρώτη περίπτωση, ο παροχέας του οικείου δικτύου (home PLMN) του χρήστη, του αναθέτει μόνιμα μια PDP διεύθυνση. Στην δεύτερη περίπτωση, η PDP διεύθυνση ανατίθεται στον χρήστη, τη στιγμή της ενεργοποίησης του PDP πλαισίου. Η PDP διεύθυνση δίνεται είτε από το οικείο PLMN, είτε από το επισκεπτόμενο PLMN, ανάλογα με το που δηλαδή βρίσκεται τη στιγμή της ενεργοποίησης του PDP πλαισίου, ο συνδρομητής της κινητής τηλεφωνίας. Στην περίπτωση της δυναμικής ανάθεσης PDP διεύθυνσης, ο GGSN είναι υπεύθυνος για την ανάθεση και την ενεργοποίηση / απενεργοποίηση των PDP διευθύνσεων.

### Διαδικασία ενεργοποίησης PDP Context

1. Ο κινητός σταθμός, στέλνει μια αίτηση Activate PDP Context στο SGSN, που περιέχει τα εξής: NSAPI (Network Layer Service Access Point Identifier) Ταυτότητα Σημείου Πρόσβασης Υπηρεσιών Στρώματος Δικτύου, TID (Tunnel Identifier), Ταυτότητα Σήραγγας, PDP type(Τύπος Πρωτοκόλλου

Πακέτων Δεδομένων), Access Point Name (Όνομα Σημείου Πρόσβασης), QoS (Quality of Service), Ποιότητα Υπηρεσιών, PDP Configuration Options (Επιλογές Σχηματισμού Πρωτοκόλλου Πακέτων Δεδομένων), PDP Address . Ο κινητός σταθμός, χρησιμοποιεί την PDP Address για να δηλώνει, αν απαιτείται η χρήση μιας στατικής ή δυναμικής PDP Address. Ο κινητός σταθμός, θα πρέπει να αφήνει κενή την PDP Address, αν επιθυμεί μια δυναμική PDP Address. Ο σταθμός, χρησιμοποιεί το Access Point Name, για να επιλέγει ένα σημείο αναφοράς, σε ένα εξωτερικό δίκτυο. Το Access Point Name, είναι ένα λογικό όνομα αναφοράς σε ένα εξωτερικό δίκτυο πακέτων δεδομένων, στο οποίο επιθυμεί να συνδεθεί ο συνδρομητής. Οι PDP Configuration Options, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ζητήσουμε προαιρετικές παραμέτρους PDP, από το SGSN. Το SGSN ελέγχει, τα δεδομένα του συνδρομητή, που υπάρχουν στην HLR και περιέχουν μια λίστα από αποτρεπόμενα Access Point Name και πληροφορίες, κατά πόσο μπορούν να χρησιμοποιηθούν δυναμικές ή στατικές διευθύνσεις IP.

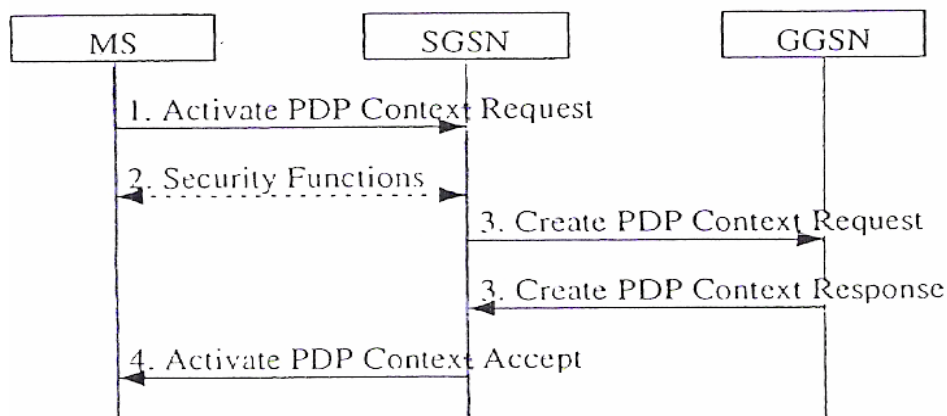
2. Εκτέλεση λειτουργιών ασφάλειας. Γίνεται πιστοποίηση του σταθμού και έλεγχος IMEI (International Mobile Equipment Identity).

3. Το SGSN ελέγχει, κατά πόσο η αίτηση Activate PDP Context, είναι έγκυρη και στέλνει ένα μήνυμα Create PDP Context Request, στο GGSN, το οποίο περιέχει το TID (Tunnel Identifier), την PDP Address, το Access Point Name, QoS, PDP type. Το SGSN βρίσκει την IP διεύθυνση του GGSN, από τον DNS (Domain Name Server). Ο DNS βρίσκει την σωστή IP διεύθυνση του GGSN, βασιζόμενος στο Access Point Name. Το SGSN επικυρώνει την αίτηση Activate PDP Context, χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες, PDP type, PDP Address και Access Point Name, που του παρέχει ο κινητός σταθμός. Εάν δεν μπορεί να εξαχθεί διεύθυνση GGSN ή το SGSN αποφασίσει, ότι η αίτηση Activate PDP Context, δεν είναι έγκυρη, τότε το SGSN απορρίπτει την αίτηση. Εάν όμως, μπορεί να εξαχθεί διεύθυνση GGSN, το SGSN δημιουργεί μια TID (Tunnel Identifier), για το αιτούμενο PDP Context, συνδυάζοντας το IMSI που είναι αποθηκευμένο στο MM context, με το NSAPI, που λαμβάνεται από τον κινητό σταθμό. Το GGSN επιστρέφει, ένα μήνυμα Create PDP Context Response, στο SGSN. Το μήνυμα αυτό περιέχει την επιβεβαίωση της TID, που χρησιμοποιείται για την ταυτοποίηση της GTP σήραγγας, που εγκαθίσταται για την μεταφορά πακέτων δεδομένων μεταξύ SGSN και GGSN και την IP διεύθυνση. Η IP διεύθυνση εμπεριέχεται στο Create PDP Context Response, μόνο εφόσον μπορέσει το GGSN, να την προσδιορίσει.

4. Το SGSN, εισάγει το NSAPI μαζί με την διεύθυνση του GGSN, στο PDP Context του. Εάν ο σταθμός έχει ζητήσει μια δυναμική διεύθυνση, η PDP διεύθυνση που λαμβάνεται από το GGSN, εισάγεται στο PDP Context. Το SGSN επιλέγει ραδιο-προτεραιότητα βασισμένη στην QoS και επιστρέφει ένα μήνυμα Activate PDP Context Accept στο σταθμό, που περιέχει (PDP type, PDP

Address, QoS, TID, Radio priority , PDP Configuration Options). Το SGSN είναι τώρα ικανό να δρομολογεί, PDP PDUs μεταξύ του GGSN και του κινητού σταθμού.

Για κάθε PDP διεύθυνση, μπορεί να ζητηθεί διαφορετική ποιότητα υπηρεσίας. Αν αποτύχει η διαδικασία ενεργοποίησης μιας PDP Context, δηλαδή όταν το SGSN στείλει στον κινητό σταθμό, ένα μήνυμα Active PDP Context Reject, τότε ο σταθμός θα πρέπει να επιχειρήσει ξανά διαδικασία ενεργοποίησης.

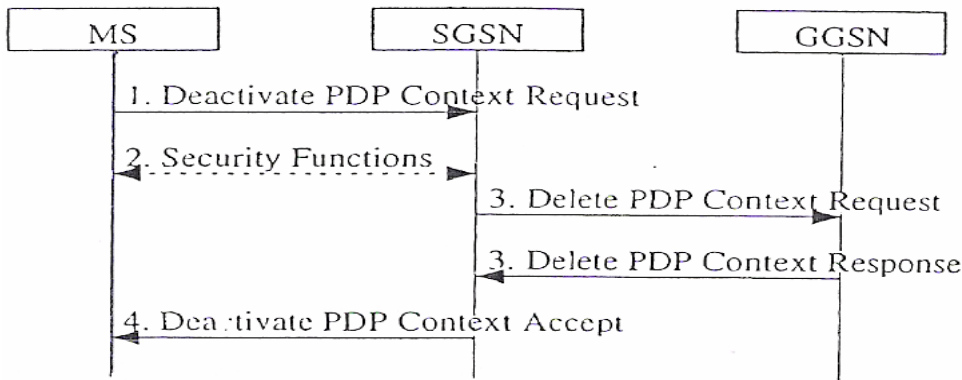


**Σχήμα 1.17 : Διαδικασία ενεργοποίησης PDP Context**

### **Διαδικασία απενεργοποίησης PDP Context**

Στη συνέχεια επεξηγείται, η διαδικασία απενεργοποίησης μιας PDP Context, όταν αυτή την διαδικασία την ξεκινά ο κινητός σταθμός.

1. Ο κινητός σταθμός στέλνει μια αίτηση Deactivate PDP Context, στο SGSN.
2. Εκτελούνται λειτουργίες ασφάλειας.
3. Το SGSN στέλνει ένα μήνυμα Delete PDP Context Request, στο GGSN. Το GGSN απομακρύνει το PDP Context του και επιστρέφει ένα μήνυμα Delete PDP Context Response, στο SGSN. Αν ο σταθμός, χρησιμοποιούσε μια δυναμική PDP διεύθυνση, τότε το GGSN ελευθερώνει αυτή την διεύθυνση.
4. Το SGSN επιστρέφει ένα μήνυμα Deactivate PDP Context Accept, στο κινητό σταθμό.



**Σχήμα 1.18 : Διαδικασία απενεργοποίησης PDP Context**

Ακολούθως, επεξηγείται η διαδικασία απενεργοποίησης μιας PDP Context, όταν αυτή την διαδικασία την ξεκινά το SGSN.

1. Το SGSN, στέλνει ένα μήνυμα Delete PDP Context Request, στο GGSN. Το GGSN απομακρύνει τα PDP Context που έχει εγγεγραμμένα και επιστρέφει ένα μήνυμα Delete PDP Context Response, στο SGSN. Αν ο κινητός σταθμός, χρησιμοποιούσε μια δυναμική PDP διεύθυνση, τότε το GGSN ελευθερώνει αυτή την διεύθυνση. Το SGSN, μπορεί να μην περιμένει την απάντηση από το GGSN, για να στείλει το μήνυμα Deactivate PDP Context Request.

2. Το SGSN, στέλνει ένα μήνυμα Deactivate PDP Context Request, στον κινητό σταθμό. Ο κινητός σταθμός, απομακρύνει το PDP Context που έχει εγγεγραμμένο και επιστρέφει στο SGSN, το μήνυμα Deactivate PDP Context Accept.

Στη συνέχεια, επεξηγείται η διαδικασία απενεργοποίησης μιας PDP Context, όταν αυτή την διαδικασία την ξεκινά το GGSN.

1. Το GGSN, στέλνει ένα μήνυμα Delete PDP Context Request, στο SGSN.

2. Το SGSN, στέλνει ένα μήνυμα Deactivate PDP Context Request, στον κινητό σταθμό. Ο κινητός σταθμός απομακρύνει το PDP Context του και επιστρέφει ένα μήνυμα Deactivate PDP Context Accept, στο SGSN.

3. Το SGSN επιστρέφει ένα μήνυμα Delete PDP Context Response, στο GGSN. Αν ο σταθμός χρησιμοποιούσε δυναμική διεύθυνση, τότε το GGSN ελευθερώνει αυτή την PDP διεύθυνση. Το SGSN μπορεί να μην περιμένει την απάντηση από τον κινητό σταθμό, για να στείλει το μήνυμα Delete PDP Context Response.

## 1.6 Mobile IP

### 1.6.1 Εισαγωγή

Στην ενότητα αυτή περιγράφεται ένα νέο κινητό πρωτόκολλο το Mobile IP(MIP), το οποίο είναι συμβατό με το IPv4, και επιτρέπει την μεταφορά πακέτων μεταξύ κινητών χρηστών ή κινητών δικτύων καθώς και fixed χρηστών με διαφανή τρόπο ακολουθώντας σχεδόν τις καλύτερες διαδρομές.

Το MIP εισάγει ένα νέο τρόπο για την κωδικοποίηση IP πληροφορίας δρομολόγησης στα IP πακέτα. Το overhead που δημιουργείται είναι πολύ μικρό ενώ δεν χρειάζονται αλλαγές στα επίπεδα πάνω από το IP.

### 1.6.2 Τρόπος λειτουργίας του mobile IP

Το IP δρομολογεί τα πακέτα από ένα τελικό σημείο σε κάποιο προορισμό επιτρέποντας στους routers να προωθούν τα πακέτα από τα εισερχόμενα network interfaces στα εξερχόμενα network interfaces κάνοντας χρήση των routing tables. Τα tables αυτά περιέχουν πληροφορία δρομολόγησης για το επόμενο hop του πακέτου ανάλογα με την IP διεύθυνση του προορισμού και την διεύθυνση του δικτύου προορισμού που αντλείται με κάποια διαδικασία masking από την IP διεύθυνση προορισμού. Επομένως η IP διεύθυνση μεταφέρει πληροφορία για το σημείο επαφής του κόμβου.

Για να διατηρηθούν οι υπάρχουσες συνδέσεις του επιπέδου μεταφοράς το κινητό τερματικό πρέπει να διατηρεί την ίδια IP διεύθυνση όταν μετακινείται. Όπως γνωρίζουμε στο TCP, οι συνδέσεις αναγνωρίζονται από την τετράδα που περιλαμβάνει τις IP διευθύνσεις και τα ports τα τελικών σημείων. Αλλάζοντας οποιονδήποτε από αυτούς τους αριθμούς θα έχει σαν συνέπεια την απώλεια της σύνδεσης. Από την άλλη πλευρά, η σωστή παραλαβή των πακέτων από το κινητό τερματικό εξαρτάται από τον αριθμό του δικτύου που περιέχεται στην IP διεύθυνση, ο οποίος αλλάζει όταν το κινητό τερματικό μετακινηθεί σε νέο σημείο πρόσβασης. Για την αλλαγή της δρομολόγησης απαιτείται μια νέα IP διεύθυνση που να καθορίζει την νέα θέση του τερματικού.

Το Mobile IP πρωτόκολλο έχει σχεδιαστεί ώστε να λύσει αυτό το πρόβλημα επιτρέποντας στο κινητό τερματικό να έχει δυο IP διευθύνσεις. Αυτές είναι η home address, η οποία είναι στατική και χρησιμοποιείται π.χ. για την αναγνώριση TCP συνδέσεων και η care-of address, η οποία αλλάζει σε κάθε νέο σημείο πρόσβασης και έτσι μπορεί να θεωρηθεί σαν η τοπολογικά σημαντική διεύθυνση του κινητού κόμβου μια και περιλαμβάνει την τρέχουσα διεύθυνση του δικτύου στο οποίο βρίσκεται το τερματικό. Η home address κάνει να φαίνεται ότι το τερματικό είναι ικανό να δέχεται πακέτα στο home δίκτυο, στο οποίο το MIP απαιτεί την ύπαρξη ενός κόμβου που ονομάζεται home agent.

Οποτεδήποτε το τερματικό δεν βρίσκεται στο home δίκτυο(και άρα βρίσκεται σε κάποιο foreign δίκτυο) ο home agent παραλαμβάνει όλα τα πακέτα που προορίζονται για το τερματικό και κανονίζει την μεταφορά τους σε αυτό.

Οποτεδήποτε το κινητό τερματικό μετακινείται, καταγράφει την νέα του care-of address στον δικό του home agent. Για την παραλαβή των πακέτων από το home δίκτυο ο home agent στέλνει το πακέτο στην care-of address. Αυτό επιβάλλει την αλλαγή του πακέτου ώστε να φαίνεται η care-of address σαν η διεύθυνση προορισμού. Αυτή η αλλαγή ονομάζεται redirection. Όταν το πακέτο φθάσει στην care-of address γίνεται η αντίστροφη μετατροπή έτσι ώστε το πακέτο να φαίνεται ότι έχει την home address σαν προορισμό οπότε μπορεί να επεξεργαστεί κανονικά από το TCP ή οποιοδήποτε άλλο πρωτόκολλο υψηλού επιπέδου.

Στο MIP ο home agent κάνει redirection στα πακέτα από το home δίκτυο στην care-of address κατασκευάζοντας ένα νέο IP header που περιέχει την care-of address δηλαδή την διεύθυνση του foreign agent σαν διεύθυνση προορισμού. Αυτό το νέο header προστατεύει ή κάνει encapsulation το αρχικό πακέτο μη επιτρέποντας στην home address να παίζει κάποιο ρόλο στην διαδικασία της δρομολόγησης. Αυτό το είδος encapsulation ονομάζεται tunneling.

Το MIP γίνεται καλύτερα αντιληπτό σαν την συνεργασία τριών ξεχωριστών μηχανισμών

- Ανακάλυψη της care-of address
- Καταχώρηση της care-of address
- Εφαρμογή tunneling στην care-of address

### **1.6.3 Ανακάλυψη της care-of address**

Η διαδικασία αυτή έχει χτιστεί στην κορυφή ενός υπάρχοντος πρωτοκόλλου του Router Advertisement που ορίζεται στο RFC 1256. Το MIP δεν αλλάζει τα πεδία του πρωτοκόλλου απλά τα επεκτείνει. Επομένως, ένα router advertisement μπορεί να μεταφέρει πληροφορίες, όπως και πριν, και επιπλέον πληροφορίες για μια ή περισσότερες care-of addresses. Όταν τα router advertisements επεκτείνονται με αυτό τον τρόπο ονομάζονται agent advertisements. Οι home agents και οι foreign agents κάνουν broadcast agent advertisements σε τακτά χρονικά διαστήματα. Αν ένα κινητό τερματικό χρειάζεται να πάρει μια care-of address και δεν θέλει να περιμένει το περιοδικό advertisement, τότε μπορεί να κάνει broadcast ή multicast ένα solicitation στην οποία θα απαντήσει κάθε foreign agent ή home agent που θα τη λάβει.

Οι home agents χρησιμοποιούν τις agent advertisements για να γνωστοποιήσουν την ύπαρξή τους ακόμα και αν δεν προσφέρουν καμία care-of address.

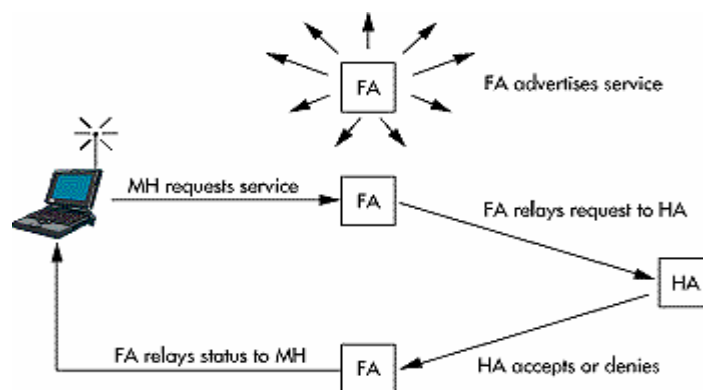
Επομένως μια agent advertisement υλοποιεί τις ακόλουθες λειτουργίες

- Επιτρέπει την ανίχνευση των agents (είτε home agent είτε foreign agent)
- Παραθέτει τις διαθέσιμες care-of addresses
- Πληροφορεί το κινητό τερματικό σχετικά με ειδικά χαρακτηριστικά των foreign agents, για παράδειγμα εναλλακτικές μεθόδους encapsulation
- Επιτρέπει στο κινητό τερματικό να αποφασίσει την διεύθυνση του δικτύου και την κατάσταση της γραμμής στο Internet
- Επιτρέπει στο κινητό τερματικό να ξέρει αν ο agent είναι ο home agent, ένας foreign agent ή και τα δυο.

Τα κινητά τερματικά χρησιμοποιούν router solicitations όπως ορίζονται στο RFC 1256 για να ανιχνεύσουν κάποια αλλαγή στο σετ των agents (foreign και home) που είναι διαθέσιμοι στο τρέχων σημείο πρόσβασης(αυτό ονομάζεται agent solicitation). Αν οι advertisements δεν μπορούν πλέον να ανιχνευθούν από ένα κινητό τερματικό που προηγουμένως είχε πάρει μια care-of address από τον foreign agent, αυτό πρέπει να υποθέσει ότι δεν βρίσκεται πλέον στην ακτίνα δράσης του foreign agent. Σε αυτή την περίπτωση το κινητό τερματικό πρέπει να αναζητήσει μια νέα care-of address ή πιθανώς να χρησιμοποιήσει μια care-of address που του είναι γνωστή από τα advertisements που ακόμα λαμβάνει. Το κινητό τερματικό μπορεί να διαλέξει να περιμένει για άλλο advertisement αν δεν έχει λάβει κάποιο πρόσφατο advertisement, ή μπορεί να στείλει ένα agent solicitation.

### 1.6.4 Καταχώρηση της care-of address

Από την στιγμή που το κινητό τερματικό έχει μια νέα care-of address, ο home agent του πρέπει να μάθει για αυτό.





## Σχήμα:1.19 Διαδικασία καταχώρησης

Το παραπάνω σχήμα δείχνει την διαδικασία καταχώρησης. Η διαδικασία αρχίζει από την στιγμή που το κινητό τερματικό, πιθανών με την βοήθεια του foreign agent, στέλνει μια αίτηση καταχώρησης που περιέχει την care-of address. Όταν ο home agent λάβει την αίτηση, προσθέτει την πληροφορία στο routing table, αποδέχεται την αίτηση και στέλνει απάντηση στην αίτηση του κινητού τερματικού.

### 1.6.5 Πιστοποίηση

Οι αιτήσεις καταχώρησης περιέχουν παραμέτρους και flags που χαρακτηρίζουν το μονοπάτι από το οποίο ο home agent θα στέλνει τα πακέτα στο κινητό τερματικό. Όταν ένας home agent δεχθεί την αίτηση για καταχώρηση αρχίζει να συνδέει την home address του κινητού τερματικού με την care-of address και διατηρεί αυτή την αντιστοιχία μέχρι να λήξει ο registration lifetime. Η τριάδα που περιέχει την home address, την care-of address και το registration lifetime ονομάζεται binding για το κινητό τερματικό. Μια αίτηση καταχώρησης μπορεί να θεωρηθεί σαν binding update που στάλθηκε από τον κινητό κόμβο.

Ένα binding update είναι ένα παράδειγμα μιας remote redirect διότι στέλνεται από μακριά στο home agent για να επηρεάσει το routing table του. Αυτή η οπτική της καταχώρησης κάνει ξεκάθαρη την ανάγκη για πιστοποίηση. Ο home agent πρέπει να είναι σίγουρος ότι η αίτηση προήλθε από το κινητό τερματικό γιατί διαφορετικά το routing table θα περιέχει μη έγκυρη πληροφορία και έτσι το κινητό τερματικό δεν θα μπορεί να προσπελαστεί.

Η ανάγκη για πιστοποίηση διαμόρφωσε σε μεγάλο βαθμό τις σχεδιαστικές παραμέτρους του Mobile IP. Κάθε κινητό τερματικό και home agent πρέπει να μοιράζονται μια σύνδεση ασφαλείας και να είναι ικανοί να χρησιμοποιούν ψηφιακές υπογραφές με κλειδί των 128 bits (RFC 1321) για τις αιτήσεις καταχώρησης.

Για να εξασφαλιστεί η αίτηση καταχώρησης πρέπει κάθε αίτηση να έχει μοναδικά δεδομένα για να αποκλειστεί η περίπτωση κατά την οποία ένας κόμβος ανιχνεύει αιτήσεις καταχώρησης και τις ξαναστέλνει αλλοιώνοντας τα περιεχόμενα του routing table. Για να εξασφαλιστεί ότι κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει το MIP περιέχει στο μήνυμα καταχώρησης ένα πεδίο αναγνώρισης που αλλάζει με κάθε νέα καταχώρηση. Γενικά υπάρχουν δυο βασικοί τρόποι για να είναι το πεδίο αναγνώρισης μοναδικό.

- Να χρησιμοποιηθούν timestamps. Έπειτα κάθε νέα καταχώρηση θα έχει άλλη timestamp και έτσι θα είναι διαφορετική από την προηγούμενη. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγονται τα replay attacks κατά τα οποία κάποιος κακόβουλος κόμβος επαναμεταδίδει μια κλεμμένη αίτηση καταχώρησης.

- Χρησιμοποίηση ψευδοτυχαίων αριθμών. Χρησιμοποιώντας αρκετά bits είναι εξαιρετικά απίθανο να βρεθούν δυο αιτήσεις με τον ίδιο αριθμό.

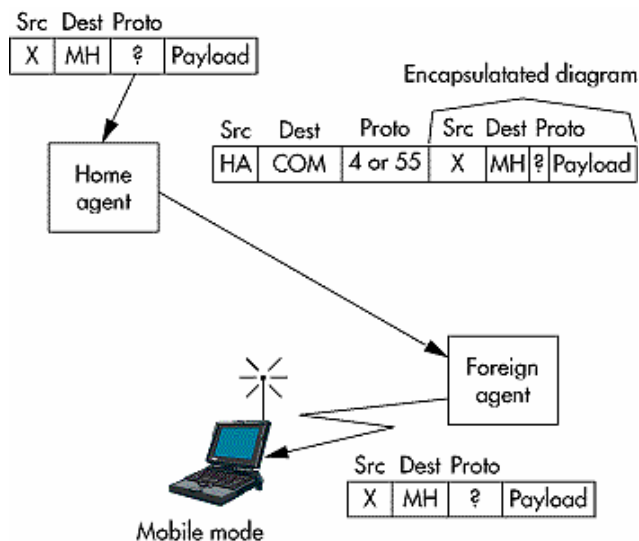
Το πεδίο ταυτότητας χρησιμοποιείται επίσης από τον foreign agent για την αντιστοίχιση των αιτήσεων καταχώρησης σε απαντήσεις καταχώρησης. Επίσης ο foreign agent αποθηκεύει και άλλες πληροφορίες για τις αιτήσεις που δεν έχουν απαντηθεί, συμπεριλαμβανομένης της home address του κινητού τερματικού, την Media Access Address του κινητού τερματικού, τον αριθμό του port από το οποίο προήλθε η αίτηση, το registration lifetime που προτείνεται από το κινητό τερματικό και την διεύθυνση του home agent.

Τέλος όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα οι foreign agents είναι κυρίως παθητικοί και απλά προωθούν τα μηνύματα του home agent και του κινητού τερματικού.

#### *Αυτόματη ανακάλυψη του home agent*

Όταν το κινητό τερματικό δεν μπορεί να επικοινωνήσει με τον home agent, το MIP έχει ένα μηχανισμό που επιτρέπει στο κινητό τερματικό να καταχωρηθεί σε έναν άλλο agent του home δικτύου. Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας μια broadcast IP διεύθυνση αντί της IP διεύθυνσης του home agent σαν προορισμό της αίτησης καταχώρησης. Όταν το broadcast πακέτο φθάσει στο home δίκτυο, οι άλλοι home agents θα στείλουν μήνυμα απόρριψης το οποίο όμως θα περιέχει την διεύθυνσή τους την οποία θα χρησιμοποιήσει το κινητό τερματικό σε μια νέα αίτηση. Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι το broadcast γίνεται μόνο στο home δίκτυο του κινητού τερματικού.

### 1.6.6 Εφαρμογή tunneling στην care-of address



**Σχήμα 1.20: Tunneling λειτουργίες**

Το παραπάνω σχήμα δείχνει τις tunneling λειτουργίες που γίνονται στο MIP. Ο default encapsulation μηχανισμός που χρησιμοποιείται από τους agents ονομάζεται IP-within-IP. Χρησιμοποιώντας αυτό το μηχανισμό ο home agent, tunnel source, εισάγει ένα νέο IP header ή tunnel header μπροστά από τον IP header κάθε datagram που απευθύνεται στην home address του κινητού τερματικού. Η νέα tunnel header χρησιμοποιεί την care-of address σαν την IP διεύθυνση προορισμού ή tunnel destination. Επίσης ο tunnel header χρησιμοποιεί τον αριθμό 4 για να δείξει ότι το επόμενο header πρωτοκόλλου είναι ένα IP header. Έτσι ο foreign agent απλά αφαιρεί τον tunnel header και παραδίδει στο κινητό τερματικό το πακέτο.

Όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα μερικές φορές χρησιμοποιείται ο αριθμός 55 και αυτό γίνεται για να δηλωθεί ότι ο home agent χρησιμοποιεί minimal encapsulation αντί για IP-within-IP. Η επεξεργασία στην περίπτωση αυτή είναι λίγο πιο περίπλοκη αλλά οδηγεί σε μικρότερο overhead.

## **1.6.7 Προβλήματα τα οποία αντιμετωπίζει το Mobile IP**

Παρακάτω παρουσιάζονται τα βασικότερα προβλήματα τα οποία αντιμετωπίζει το MIP

### **1.6.7.1 Θέματα ασφάλειας**

Κατά τον σχεδιασμό του MIP δόθηκε μεγάλη σημασία στην υποστήριξη χαρακτηριστικών ασφαλείας που χρησιμοποιούνται στο Internet. Συγκεκριμένα τα firewalls προκαλούν προβλήματα στο MIP γιατί μπλοκάρουν όλες τις κλάσεις των εισερχομένων πακέτων που δεν πληρούν κάποιες προϋποθέσεις. Τα εμπορικά firewalls είναι προγραμματισμένα να μπλοκάρουν τα πακέτα που προέρχονται από το Internet και φαίνεται ότι προέρχονται από το κλειστό. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να υπάρχουν προβλήματα στην επικοινωνία των κινητών τερματικών που ανήκουν στο κλειστό δίκτυο και αυτό γιατί τα πακέτα που στέλνονται από κάποιο τερματικό θα έχουν σαν προορισμό τον home agent του κινητού τερματικού που απευθύνεται.

### **1.6.7.2 Επιλογή διεύθυνσης**

Το MIP δημιουργεί την εντύπωση ότι το κινητό τερματικό είναι μόνιμα συνδεδεμένο στο home network. Το γεγονός αυτό κάνει εφικτή την πρόσβαση στο τερματικό σε κάποια IP διεύθυνση η οποία μπορεί να συσχετιστεί με το fully qualified domain name(FQDN), δηλαδή το domain name του κόμβου όπως ορίζεται στο DNS. Αν το FQDN είναι συσχετισμένο με μια ή περισσότερες IP

διευθύνσεις, ίσως δυναμικά, τότε αυτές οι διευθύνσεις αξίζουν ίσες ευκαιρίες για να είναι η home address του κινητού τερματικού. Επιπλέον είναι πιθανό μια τέτοια διεύθυνση να έδινε ένα μικρότερο μονοπάτι, αν για παράδειγμα βρίσκονταν κοντά στην care-of address του κινητού τερματικού ή ακόμα η ίδια αποτελούσε την care-of address. Αυτό είναι ένα από τα ζητήματα που αφορούν την επιλογή διεύθυνσης για χρήση από το κινητό τερματικό σε υπάρχουσες συνδέσεις, από του οποίου την λύση βρισκόμαστε πολύ μακριά.

#### *Μικρή αύξηση της αγοράς wireless LAN*

Το MIP σχεδιάστηκε για να δώσει λύση στο location management και την επικοινωνία στα wireless LANs. Ωστόσο η αγορά αυτή αναπτύσσεται με πολύ αργούς ρυθμούς. Ωστόσο, η το μέλλον διαγράφεται μάλλον ευοίωνα εξαιτίας της ανάπτυξης radio και infrared συσκευών που προσφέρουν bandwidth πολλών Mbps.

### **1.6.7.3 Ανταγωνισμός από άλλα πρωτόκολλα**

Το MIP δέχεται ανταγωνισμό από άλλα tunneling πρωτόκολλα όπως το PPTP και το L2TP. Τα πρωτόκολλα αυτά βασίζονται στο PPP και προσφέρουν τουλάχιστο portability στους κινητούς υπολογιστές και αποτελούν μια πολύ ελκυστική λύση. Η περαιτέρω ανάπτυξη των πρωτοκόλλων αυτών πιθανώς να οδηγήσει στην εγκατάλειψη του MIP αλλά και πιθανώς στην περαιτέρω χρησιμοποίησή του μια και ο πολύς κόσμος θα συνηθίσει τους κινητούς υπολογιστές.

### **1.6.7.4 Μη αποδοτική δρομολόγηση**

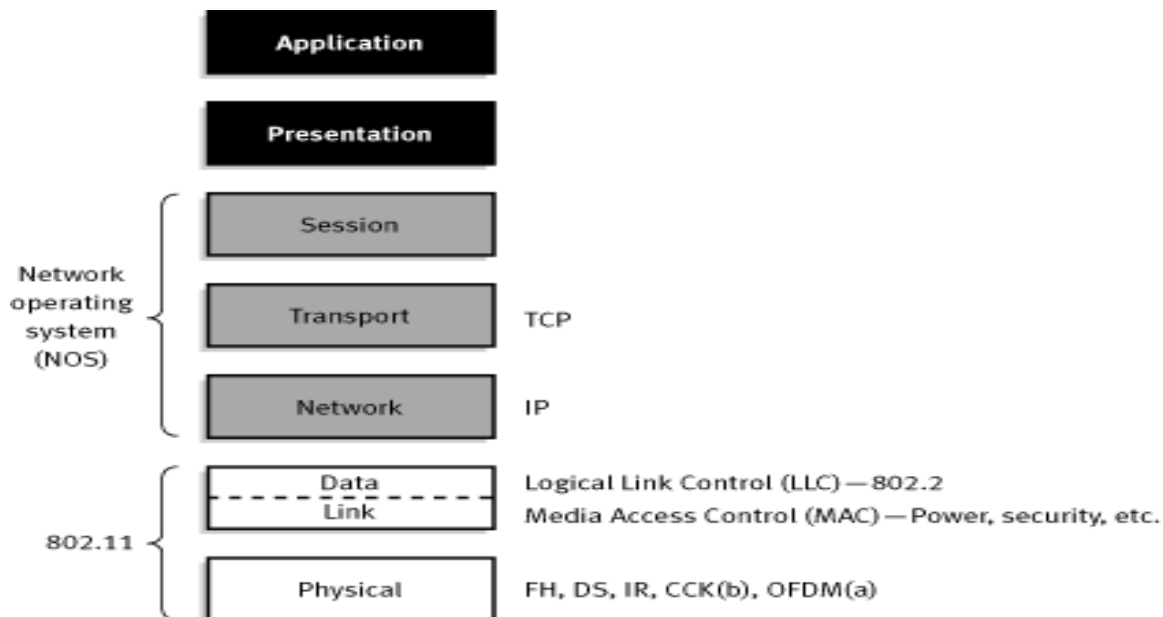
Το MIP παρουσιάζει μια ασυμμετρία στην δρομολόγηση μια και τα πακέτα που απευθύνονται προς το κινητό τερματικό πρέπει να περάσουν από τον home agent ενώ το κινητό τερματικό μπορεί να στείλει απευθείας πακέτα οπουδήποτε επιθυμεί. Αυτή η ασυμμετρία ονομάζεται triangle routing

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

## ΠΡΟΤΥΠΟ 802.11b

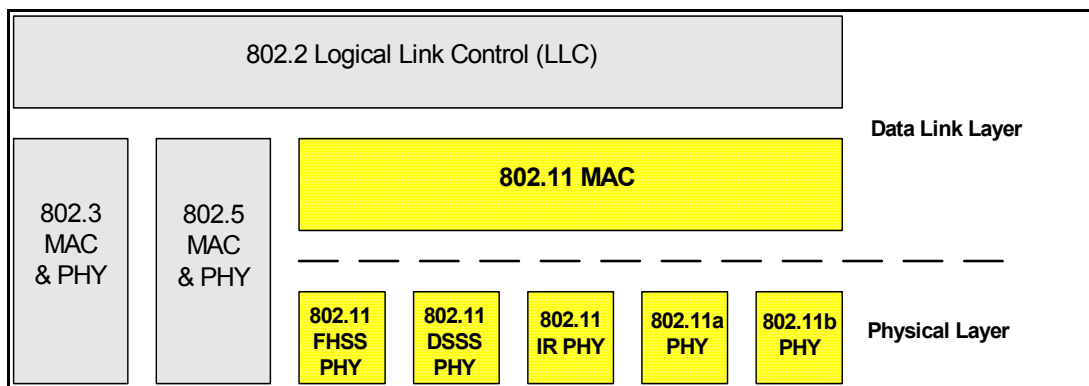
### 2.1 Διαστρωμάτωση

Όπως όλα τα πρότυπα 802 της IEEE, έτσι και το 802.11 επικεντρώνεται στα δύο χαμηλότερα στρώματα του μοντέλου διαστρωμάτωσης OSI (Open System Interconnection), δηλαδή στο φυσικό στρώμα (Physical Layer – PHY) και στο υπόστρωμα MAC (Medium Access Control) του στρώματος ζεύξης δεδομένων (Data Link Layer), όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.1.



**Σχήμα 2.1 : Μοντέλο Αναφοράς OSI**

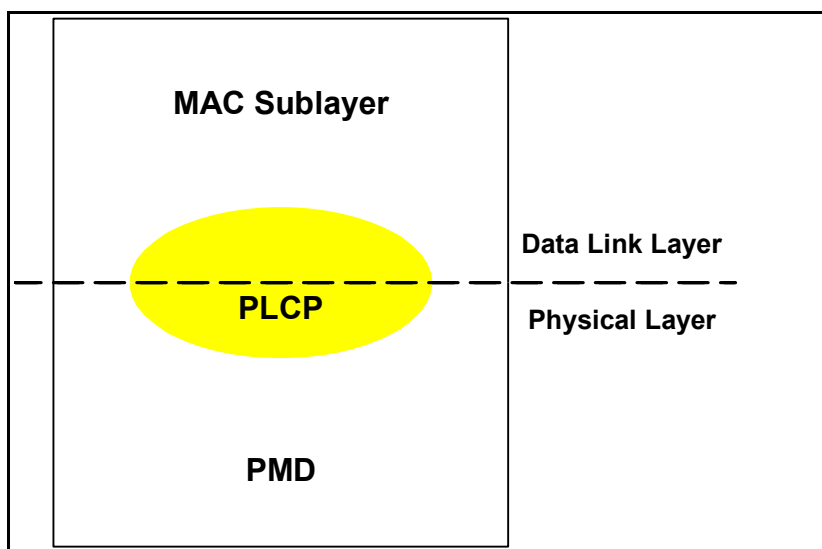
Το άλλο υπόστρωμα του στρώματος ζεύξης δεδομένων, δηλαδή το υπόστρωμα ελέγχου λογικής ζεύξης (Logical Link Control – LLC), είναι αυτό που έχει προτυποποιηθεί ως IEEE 802.2 και χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με όλα τα διαφορετικά MAC της σειράς IEEE 802, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.2.



**Σχήμα 2.2 : Διαστρωμάτωση του προτύπου 802.11**

Η φιλοσοφία που ακολουθεί το πρότυπο 802.11 είναι η ύπαρξη ενός μόνο MAC που όμως υποστηρίζει περισσότερα του ενός φυσικά στρώματα. Κάθε φυσικό στρώμα χωρίζεται σε δύο υποστρώματα, όπως φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα 2.3.

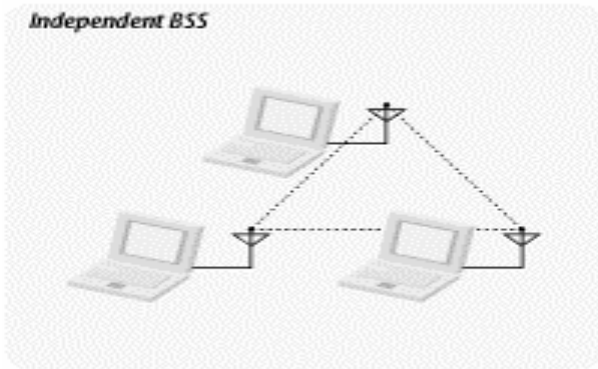
Το υπόστρωμα PLCP (Physical Layer Convergence Procedure) χρησιμεύει στην προσαρμογή των διαφόρων φυσικών στρωμάτων στο κοινό MAC. Το υπόστρωμα PMD (Physical Medium Dependent) περιέχει όλες τις λειτουργίες που απαιτούνται για τη μετάδοση της πληροφορίας από το εκάστοτε φυσικό στρώμα.



**Σχήμα 2.3 : Φυσικό στρώμα του προτύπου 802.11**

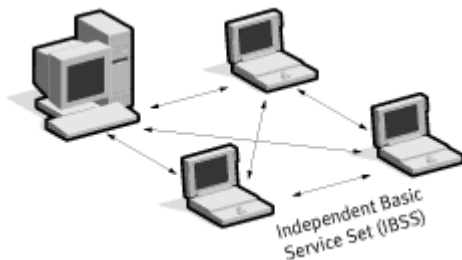
## 2.2 Η Αρχιτεκτονική του 802.11b

Ένα βασικό κομμάτι της αρχιτεκτονικής του 802.11b ονομάζεται Basic Service Set – BSS (Σύνολο Βασικής Εξυπηρέτησης). Ένα Basic Service Set καλύπτει μια περιοχή που περιλαμβάνει δυο ή περισσότερους σταθμούς που επιθυμούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους. Η περιοχή αυτή που καλύπτεται από το BSS είναι ανάλογη με μια κυψέλη στα κυψελοειδή δίκτυα. Στο σχήμα 2.4 απεικονίζεται ένα Basic Service Set που περιλαμβάνει τρεις σταθμούς.



Σχήμα 2.4- Basic Service Set

Το πιο βασικό, όμως, κομμάτι της αρχιτεκτονικής του 802.11b είναι το Independent Service Set –IBSS (Ανεξάρτητο Σύνολο Βασικής Εξυπηρέτησης), το οποίο μπορεί να αποτελείται από μόλις δυο σταθμούς. Σύμφωνα με αυτόν τον τρόπο λειτουργίας, οι σταθμοί μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους άμεσα. Ο σχηματισμός ενός τέτοιου τύπου δικτύου δεν χρειάζεται κανένα προσχεδιασμό και μπορεί να υφίσταται μόνο για όσο χρόνο είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός τοπικού δικτύου. Το δίκτυο αυτό ονομάζεται και ad hoc. Στο σχήμα 2.5 φαίνεται ένα τέτοιο δίκτυο που αποτελείται από τρεις σταθμούς.

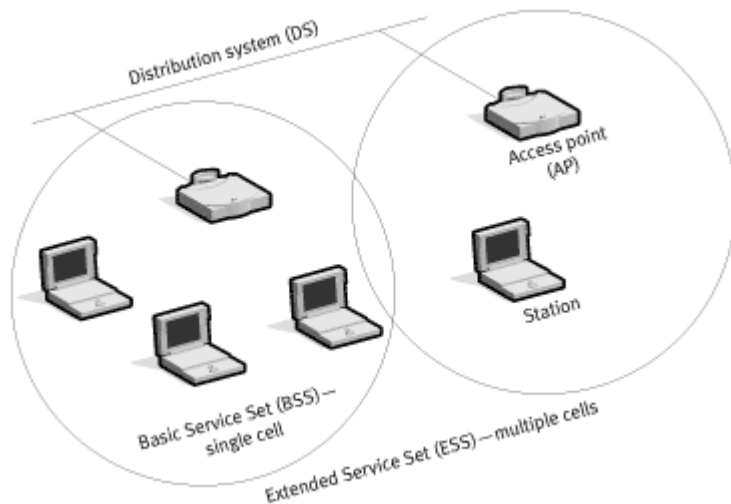


Σχήμα 2.5 - IBSS

Η συσχέτιση ενός σταθμού με το Basic Service Set είναι δυναμική. Για να γίνει ένας σταθμός μέλος ενός BSS πρέπει ο σταθμός να συσχετιστεί (να γίνει ‘Associated’) με μια δυναμική συσχέτιση μέσω των Υπηρεσιών Κατανομημένου Συστήματος (Distributed System Services – DSS). Οι περιορισμοί

που μπαίνουν από το Φυσικό επίπεδο καθορίζουν τη μέγιστη απόσταση που ένας σταθμός μπορεί να μιλήσει με κάποιον άλλο.

Όταν δύο ή περισσότερα Basic Service Set συνδέονται μεταξύ τους τότε έχουμε ένα εκτεταμένο δίκτυο (infrastructure network). Η διασύνδεση μεταξύ των Basic Service Set γίνεται μέσω του Distribution System –DS (Καταναμημένου Συστήματος) και με αυτόν τον τρόπο κάθε Basic Service Set γίνεται μέλος ενός μεγαλύτερου δικτύου (Σχήμα 2.6). Το IEEE 802.11b δεν προδιαγράφει την υλοποίηση του Distribution System. Επομένως το Distribution System μπορεί να είναι ένα IEEE 802.3 Ethernet LAN, IEEE 802.4 token bus LAN, IEEE 802.5 token ring LAN, Fiber Distributed Data Interface (FDDI) Metropolitan Area Network(MAN) ή κάποιο άλλο IEEE 802.11b ασύρματο δίκτυο.



**Σχήμα 2.6 Infrastructure Δίκτυο**

Η είσοδος στο Distribution System επιτυγχάνεται με την χρήση των Access Points (AP) τα οποία είναι ανάλογα με τον σταθμό βάσης σε ένα κυψελοειδές τηλεπικοινωνιακό σύστημα. Το Access Point είναι στη ουσία ένας σταθμός που χρησιμεύει στη μεταφορά δεδομένων μεταξύ του Basic Service Set και του Distribution System.

Η δημιουργία μεγάλων και πολύπλοκων δικτύων χρησιμοποιώντας διαφορετικά Basic Service Set και Distribution System μας οδηγεί στο επόμενο επίπεδο ιεραρχίας το Extended Service Set – ESS (Σύνολο Εκτεταμένης Εξυπηρέτησης) όπου ολόκληρο το δίκτυο φαίνεται σαν ένα Independent Basic Service Set στο επίπεδο Logical Link Control (LLC). Αυτό σημαίνει ότι η επικοινωνία μεταξύ των σταθμών μέσα στο Extended Service Set , καθώς και η μετακίνηση τους μεταξύ διαφορετικών Basic



Service Set του ίδιου Extended Service Set γίνεται με τρόπο διαφανή στο επίπεδο Logical Link Control.

Η σχετική θέση των Basic Service Set δεν περιορίζεται από το 802.11b. Έτσι μπορεί:

- Τα Basic Service Set να επικαλύπτονται μερικώς. Αυτό γίνεται για να έχουμε συνεχή κάλυψη του χώρου.
- Τα Basic Service Set μπορεί να είναι τοπικά ανεξάρτητα.
- Τα Basic Service Set μπορεί να καταλαμβάνουν τον ίδιο χώρο ώστε να παρέχεται πλεονασμός στο κανάλι μετάδοσης.
- Περισσότερο από ένα Basic Service Set ή Extended Service Set μπορεί να συνυπάρχουν ανεξάρτητα μεταξύ τους στον ίδιο χώρο.

Για το ασύρματο Φυσικό επίπεδο, πλήρως καθορισμένα όρια κάλυψης δεν υπάρχουν. Τα χαρακτηριστικά της μετάδοσης αλλάζουν δυναμικά και δεν μπορεί να προβλεφθούν. Μικρές αλλαγές στη θέση ή την διεύθυνση μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα μεγάλες αλλαγές στην ισχύ του σήματος.

Μία από τις απαιτήσεις του IEEE 802.11b είναι ότι οι υλοποιήσεις του πρέπει να μπορούν να επικοινωνούν με τα υπάρχοντα ενσύρματα δίκτυα. Το ζήτημα αυτό αντιμετωπίζεται με τη χρήση μιας πύλης (portal) . Η πύλη αποτελεί τη λογική ολοκλήρωση μεταξύ των ενσύρματων τοπικών δικτύων και του IEEE 802.11b. Επίσης χρησιμοποιείται σαν Access Point στο DS. Όλα τα δεδομένα που προορίζονται από ένα IEEE 802.x ενσύρματο δίκτυο σε ένα IEEE 802.11b ασύρματο δίκτυο πρέπει να περάσουν μέσα από μια πύλη. Επομένως η πύλη λειτουργεί σαν γέφυρα (bridge) μεταξύ ενσύρματου και ασύρματου μέσου παρέχοντας επεκτασιμότητα καθώς και μετατροπή μεταξύ των διαφορετικών μορφών των πακέτων.

Ενώ η υλοποίηση του DS δεν καθορίζεται από το πρότυπο, το IEEE 802.11b καθορίζει τις υπηρεσίες (services) που πρέπει να υποστηρίζονται από το DS. Οι υπηρεσίες χωρίζονται σε δυο ομάδες. Υπηρεσίες του Συστήματος Κατανομής (Distribution System Services – DSS) και Υπηρεσίες του σταθμού (Station Services – SS).

## 2.3 Υπηρεσίες του Συστήματος Κατανομής

Το Distribution System παρέχει πέντε υπηρεσίες : Συσχέτιση (Association), Επανασυσχέτιση (Reassociation) , Αποσυσχέτιση (Disassociation) , Διανομή (Distribution) και Ολοκλήρωση.

Οι πρώτες τρεις σχετίζονται με την κινητικότητα του σταθμού. Εάν ο σταθμός κινείται μέσα στο δικό του Basic Service Set ή δεν κινείται καθόλου, τότε λέμε ότι ο σταθμός βρίσκεται σε κατάσταση μη-μετάβασης (non-transition). Εάν ο σταθμός μετακινείται μεταξύ διαφορετικών Basic Service Set μέσα στο ίδιο Extended Service Set ,τότε η κινητικότητα του χαρακτηρίζεται ως μετάβαση μέσα σε Basic Service Set (BSS-Transition). Εάν, τέλος ο σταθμός κινείται μεταξύ Basic Service Set διαφορετικών Extended Service Set ,τότε πρόκειται για μετάβαση μέσα σε Extended Service Set (ESS transition).

Ένας σταθμός πρέπει να συσχετίσει τον εαυτό του με το Basic Service Set εάν θέλει να χρησιμοποιήσει το ασύρματο τοπικό δίκτυο. Αυτό γίνεται μέσω της υπηρεσίας Συσχέτισης (Association), συσχετίζοντας τον εαυτό του με ένα Access Point . Από τη στιγμή που οι σταθμοί μετακινούνται , ενεργοποιούνται και απενεργοποιούνται, οι συσχετίσεις είναι δυναμικές από την φύση τους. Ένας σταθμός μπορεί να συσχετιστεί μόνο με ένα Access Point. Αυτό διασφαλίζει ότι το Distribution System γνωρίζει πάντα που βρίσκεται ο σταθμός.

Η υπηρεσία Συσχέτιση υποστηρίζει την κατάσταση μη μετάβασης, αλλά δεν αρκεί για να υποστηρίξει την κατάσταση μετάβασης μέσα σε Basic Service Set. Η υπηρεσία Επανασυσχέτισης επιτρέπει στον σταθμό να αλλάξει τη συσχέτιση του από ένα Access Point σε ένα άλλο. Η Συσχέτιση και η Επανασυσχέτιση ξεκινούν με πρωτοβουλία του σταθμού.

Η υπηρεσία Αποσυσχέτιση λαμβάνει χώρα όταν η συσχέτιση μεταξύ ενός σταθμού και ενός Access Point τερματίζεται. Αυτή η διαδικασία μπορεί να ξεκινήσει με πρωτοβουλία οποιασδήποτε από τις δυο πλευρές. Μετά το πέρας της συσχέτισης ο σταθμός δεν μπορεί να στείλει ή να λάβει δεδομένα.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η μετάβαση μέσα σε Extended Service Set δεν υποστηρίζεται από το πρότυπο. Ένας σταθμός μπορεί να μετακινηθεί σε ένα καινούργιο Extended Service Set αλλά θα πρέπει να ξεκινήσει τις διαδικασίες σύνδεσης από την αρχή.

Η υπηρεσία Διανομής περιγράφει απλά τη μεταφορά δεδομένων από τον αποστολέα στον παραλήπτη. Τα δεδομένα στέλνονται στο τοπικό Access Point (Access Point εισόδου) και κατόπιν προωθούνται μέσω του Distribution System στο Access Point (Access Point εξόδου) με το οποίο έχει συσχετιστεί ο παραλήπτης. Εάν ο αποστολέας και ο παραλήπτης βρίσκονται στο ίδιο BSS , το Access Point του Basic Service Set είναι ταυτόχρονα Access Point εισόδου και εξόδου. Επομένως το Distribution

System καλείται να προσφέρει τις υπηρεσίες του άσχετα με το αν τα δεδομένα πρόκειται να περάσουν μέσα από αυτό ή όχι.

Η υπηρεσία Ολοκλήρωσης λαμβάνει χώρα όταν το Access Point εξόδου είναι απλά μια πύλη.

Επομένως τα IEEE 802.x τοπικά δίκτυα ενσωματώνονται στο Distribution System του IEEE 802.11b.

Συνοπτικά οι υπηρεσίες του συστήματος κατανομής φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

<b>Σύστημα Κατανομής (Distribution System)</b>	<b>Υπηρεσίες</b>
	Συσχέτιση
	Επανασυσχέτιση
	Αποσυσχέτιση
	Διανομή
	Ολοκλήρωση

**Πίνακας 3 : Υπηρεσίες του Distribution System**

## 2.4 Υπηρεσίες του Σταθμού

Οι Υπηρεσίες του Σταθμού είναι : η Πιστοποίηση (Authentication), η Αναίρεση Πιστοποίησης (Deauthentication) , η Απομόνωση (Privacy) και η Παράδοση MAC Service Data Units (MSDU Delivery).

Σε ένα τοπικό ασύρματο δίκτυο, οι σταθμοί πρέπει να επιβεβαιώσουν την ταυτότητα τους προκειμένου να επιτύχουν πρόσβαση στο δίκτυο. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω μιας σειράς από τεστ που επιβεβαιώνουν την ταυτότητα του σταθμού. Αν ο σταθμός περάσει με επιτυχία τα τεστ, αναγνωρίζεται από το δίκτυο και του επιτρέπεται να συμμετάσχει σε αυτό. Η διαδικασία επιβεβαίωσης της ταυτότητας ενός σταθμού περιγράφεται από την υπηρεσία Πιστοποίησης.

Από τη στιγμή που ο σταθμός θα αναγνωρισθεί, μπορεί πλέον να συσχετιστεί με το Access Point του Basic Service Set στο οποίο ανήκει. Η αναγνώριση μπορεί να γίνει μεταξύ δυο σταθμών μέσα σε ένα Independent Basic Service Set ή με το Access Point του Basic Service Set. Δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί αναγνώριση εκτός του Basic Service Set.

Υπάρχουν δυο τύποι υπηρεσιών αναγνώρισης που υποστηρίζονται από το IEEE 802.11b. Η πρώτη καλείται Πιστοποίηση Ανοιχτού Συστήματος (Open System Authentication) και παρέχει αναγνώριση σε οποιονδήποτε σταθμό τη ζητήσει.

Ο δεύτερος τύπος καλείται Πιστοποίηση Κοινού Κλειδιού (Shared Key Authentication). Σε αυτή την περίπτωση οι χρήστες , προκειμένου να αναγνωριστούν από το δίκτυο, πρέπει να κατέχουν ένα κοινό μυστικό κλειδί. Αυτό το μυστικό κλειδί δημιουργείται με την βοήθεια του αλγόριθμου ασφαλείας Wired Equivalent Privacy (WEP). Το κλειδί παραδίδεται σε όλους τους σταθμούς προκαταβολικά με κάποια ασφαλή μέθοδο.

Η υπηρεσία Αναίρεση Πιστοποίησης χρησιμοποιείται όταν ο σταθμός ή το Access Point επιθυμεί τον τερματισμό της Πιστοποίησης. Όταν αυτό συμβεί, παύει αυτόματα η συσχέτιση του σταθμού με το Access Point του Basic Service Set.

Η υπηρεσία Απομόνωση είναι ένας αλγόριθμος κωδικοποίησης ο οποίος χρησιμοποιείται έτσι ώστε να μη γίνει υποκλοπή των δεδομένων που κυκλοφορούν στο ασύρματο τοπικό δίκτυο από άλλους IEEE 802.11b χρήστες.

Το IEEE 802.11b καθορίζει τον Wired Equivalent Privacy (WEP) αλγόριθμο ως μια προαιρετική μέθοδο για την πραγματοποίηση των απαιτήσεων της υπηρεσίας Απομόνωσης. Εάν ο Wired Equivalent Privacy αλγόριθμος δε χρησιμοποιείται τότε η κυκλοφορία στο δίκτυο δεν είναι

κωδικοποιημένη. Σε αυτή την περίπτωση τα δεδομένα που μεταδίδονται καλούνται 'plaintext'. Αντιθέτως, τα κωδικοποιημένα δεδομένα καλούνται 'ciphertext'.

Τέλος, η υπηρεσία Παράδοσης MSDU εξασφαλίζει ότι η πληροφορία στο MAC Service Data Unit μεταδίδεται από το ένα Access Point στο άλλο.

<b>Σταθμός (Station)</b>	<b>Υπηρεσίες</b>
	Πιστοποίηση
	Αναίρεση Πιστοποίησης
	Απομόνωση
	Παράδοση MAC Service Data Units

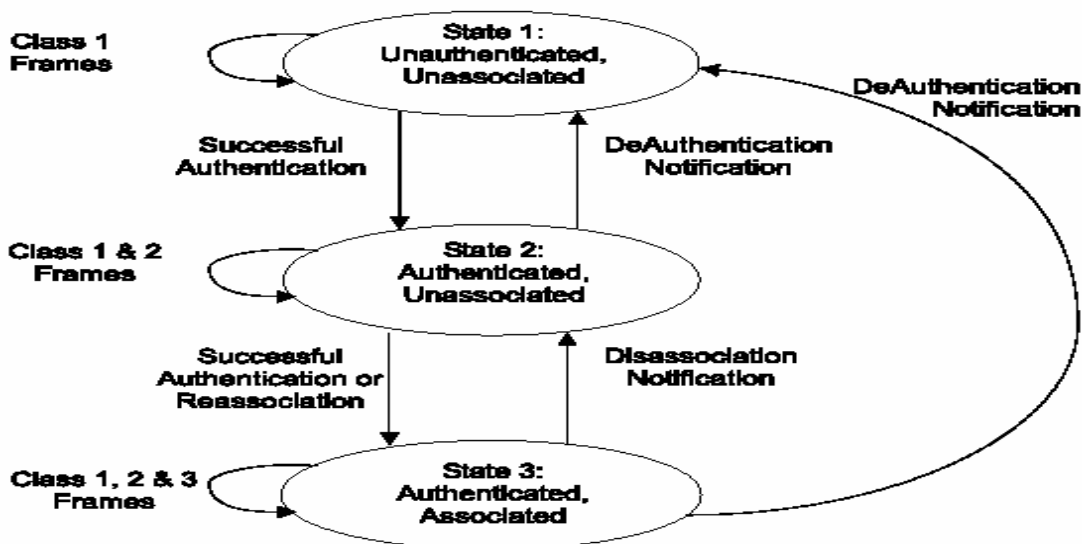
**Πίνακας 4 : Υπηρεσίες του Σταθμού**

## 2.5 Αλληλεπιδράσεις μεταξύ υπηρεσιών

Το πρότυπο 802.11 αναφέρει ότι κάθε σταθμός πρέπει να διατηρεί δύο μεταβλητές που εξαρτώνται από τις υπηρεσίες authentication/deauthentication και association/reassociation/disassociation. Οι δύο αυτές μεταβλητές είναι η authentication κατάσταση και η association κατάσταση. Το πρότυπο καθορίζει ότι το ζευγάρι αυτό των μεταβλητών είναι διαθέσιμο μόνο εσωτερικά σε μια εφαρμογή και οι τιμές που μπορεί να πάρει είναι Boolean (truth-false). Το ζευγάρι των μεταβλητών χρησιμοποιείται σε μια απλή μηχανή καταστάσεων που καθορίζει την σειρά με την οποία επικαλούνται οι υπηρεσίες που υποστηρίζει ο σταθμός και το πότε ο σταθμός βρίσκεται σε θέση να στείλει δεδομένα. Οι μεταβλητές πρέπει να διατηρούνται αρκετές χρονικές στιγμές, έτσι ώστε να επιτρέπουν στο σταθμό να διατηρεί ένα μοναδικό αντίγραφο για κάθε σταθμό που επικοινωνεί. Με βάση το παραπάνω ζευγάρι μεταβλητών δημιουργούνται οι ακόλουθες καταστάσεις για κάθε κόμβο:

4. Κατάσταση 1: Αρχική κατάσταση, απιστοποιήτος (unauthenticated), ασυσχέτιστος (unassociated)
5. Κατάσταση 2: Πιστοποιημένος (authenticated), ασυσχέτιστος (unassociated)
6. Κατάσταση 3: Πιστοποιημένος (authenticated), συσχετισμένος (associated)

Η κατάσταση που περιγράφει την επικοινωνία μεταξύ δύο κόμβων καθορίζει και τον τύπο των πλαισίων που μπορούν να ανταλλάξουν όπως φαίνεται και από το ακόλουθο διάγραμμα καταστάσεων:



Σχήμα 2.7 : Καταστάσεις μεταξύ μεταβλητών κατάστασης και υπηρεσιών



Στην κατάσταση 1 μπορούν να ανταλλαχθούν μόνο πλαισίων κατηγορίας 1, στην κατάσταση 2 μόνο πλαισίων των κατηγοριών 1 ή 2 και στην κατάσταση 3 πλαίσια όλων των κατηγοριών. Οι τύποι των frames που περιλαμβάνει κάθε κατηγορία είναι οι ακόλουθοι:

7. Κατηγορία 1 (επιτρέπονται σε όλες τις καταστάσεις)
  - ο Frames ελέγχου
    - Request To Send (RTS)
    - Clear To Send (CTS)
    - Acknowledgement (ACK)
    - Contention-Free (CF)-End+ACK
    - CF-End
  - ο Frames διαχείρισης
    - Probe request/response
    - Beacon
    - Authentication: επιτυχής πιστοποίηση μεταφέρει το σταθμό στην κατάσταση 2, ενώ ανεπιτυχής τον αφήνει στην ίδια κατάσταση
    - Deauthentication: ο σταθμός μεταφέρεται στην κατάσταση 1
    - Announcement Traffic Indication Message (ATIM)
  - ο Frames δεδομένων
    - Μόνο frames που δεν προέρχονται και δεν πάνε στο DS
8. Κατηγορία 2 (επιτρέπονται στις καταστάσεις 1,2)
  - ο Frames διαχείρισης
    - Association: επιτυχής πιστοποίηση μεταφέρει το σταθμό στην κατάσταση 3, ενώ ανεπιτυχής τον αφήνει στην ίδια κατάσταση
    - Reassociation: επιτυχής πιστοποίηση μεταφέρει το σταθμό στην κατάσταση 3, ενώ ανεπιτυχής τον αφήνει στην ίδια κατάσταση
    - Disassociation: ο σταθμός μεταφέρεται στην κατάσταση 2
9. Κατηγορία 3 (επιτρέπονται στην κατάσταση 3)
  - ο Frames δεδομένων
    - Όλα τα frames δεδομένων που προέρχονται ή/και αποστέλλονται στο DS

- Frames διαχείρισης
  - Deauthentication: ο σταθμός μεταφέρεται στην κατάσταση 1
- Frames ελέγχου
  - PS-Poll

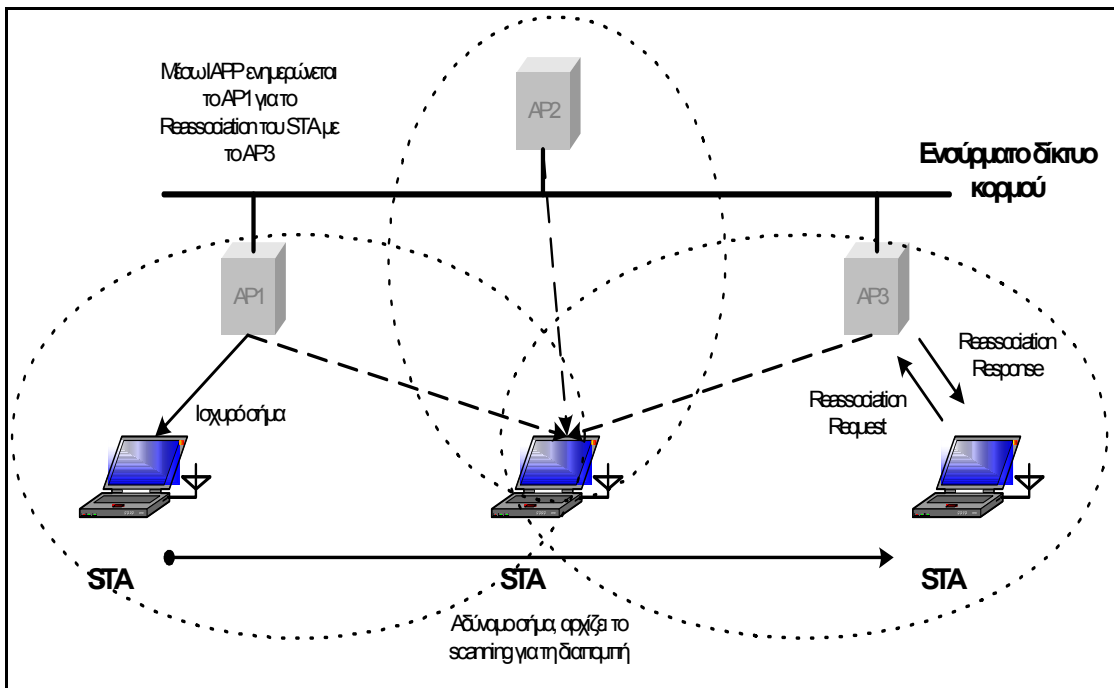
## 2.6 Handover

Ένα γνωστό πρόβλημα το οποίο εμφανίζεται στις κινητές επικοινωνίες προκύπτει κατά τη μετακίνηση ενός χρήστη από ένα AP στο οποίο είναι αρχικά «ασύρματα» συνδεδεμένος στην σύνδεσή του σε ένα άλλο AP. Η διαδικασία αποσύνδεσης ενός ασύρματου χρήστη από ένα AP και η σύνδεση με ένα άλλο ονομάζεται “handover”. Κατά το handover ενός κινητού χρήστη, διακόπτονται οι οποιεσδήποτε ενεργές συνδέσεις του και όσα πακέτα φτάνουν στη συνέχεια στον προηγούμενο AP του χάνονται (η φυσική σύνδεση έχει κοπεί) **Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε..**

Στο πρότυπο 802.11 είναι γνωστό πως υπάρχουν τα παρακάτω δύο διαφορετικά είδη κινητικότητας :

- Roaming (περιπλάνηση) ενός κινητού σταθμού εντός των ορίων του ίδιου ESS (Intra-Network Handover). Η AP διεύθυνση ενός σταθμού παραμένει ίδια κατά την αλλαγή AP.
- Roaming (περιπλάνηση) ενός κινητού σταθμού μεταξύ BSS που ανήκουν σε διαφορετικά ESS (Inter-Network Handover). Η AP διεύθυνση ενός σταθμού μπορεί να αλλάξει κατά την αλλαγή AP.

Στην δεύτερη περίπτωση ο κινητός σταθμός επαναλαμβάνει τη διαδικασία του association με το νέο AP. Η διαδικασία Handover μπορεί να περιγραφεί καλύτερα με τη βοήθεια του ακόλουθου παραδείγματος. Στο Σχήμα 19, τα AP’s ανήκουν στο ίδιο ESS.



**Σχήμα 2.8 : Handover**

Καθώς ο σταθμός (STA) κινείται προς τα όρια της περιοχής κάλυψης του AP1 παρατηρεί την πτώση της ισχύος του σήματος μέσω των πλαισίων Beacon που στέλνει περιοδικά το AP1 και αρχίζει να ψάχνει (με passive ή active scanning) για AP με δυνατότερο σήμα. Στο Σχήμα 19, ο STA θα λάβει πλαίσια (Beacon ή Probe Response, ανάλογα με το είδος του scanning) από το AP2 και το AP3. Υποθέτοντας ότι το σήμα από το AP3 είναι δυνατότερο, ο STA θα ξεκινήσει τη διαδικασία του Reassociation με το AP3.

Ο STA στέλνει στο AP3 πλαίσιο Reassociation Request. Η μόνη διαφορά του πλαισίου αυτού από το πλαίσιο Association Request είναι ότι περιέχει τη διεύθυνση του προηγούμενου AP (AP1). Το AP3 απαντάει με πλαίσιο Reassociation Response. Αν η διαδικασία ολοκληρωθεί χωρίς πρόβλημα το AP3 πρέπει να επικοινωνήσει με το AP1 και να του γνωστοποιήσει ότι ο STA ανήκει πλέον στο δικό του BSS. Η επικοινωνία μεταξύ APs γίνεται μέσω ενός πρωτοκόλλου IAPP (Inter Access Point Protocol), γνωστό και σαν πρότυπο IEEE 802.11f, όπως θα δούμε παρακάτω. Η επικοινωνία αυτή γίνεται μέσω του ενσύρματου δικτύου (Ethernet) στο οποίο είναι συνδεδεμένα τα APs. Σημειώνεται πάντως πως δεν είναι ευθύνη του STA να ειδοποιήσει το παλιό AP για το Handover.

Τελικά μετά το Reassociation το AP1 στέλνει όσα αποθηκευμένα πλαίσια έχει και προορίζονται για το STA στο AP3 και τερματίζει το association με το STA. Πλέον όλα τα πλαίσια από και προς το STA θα επεξεργάζονται από το AP3.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

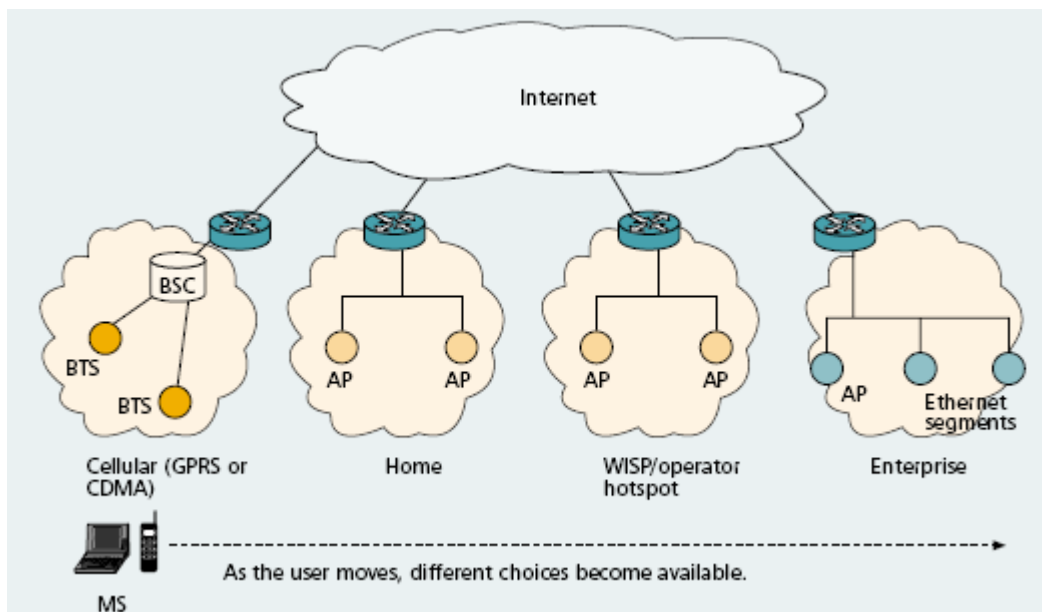
## ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΑΣΑΦΟΥΣ ΖΕΥΞΗΣ

### 3.1 Ενοποιημένα WLAN και κινητά δίκτυα δεδομένων

Ένα κυψελοειδές δίκτυο δεδομένων μπορεί να παρέχει υπηρεσία σχετικά χαμηλής ταχύτητας δεδομένων (έως 100 kb/s ανά χρήστη) σε περιοχή ευρείας κάλυψης. Από την άλλη πλευρά, το WLAN παρέχει υπηρεσία υψηλής ταχύτητας δεδομένων (έως 11 Mb/s με 802.11b και 54 Mb/s με 802.11a) σε μία γεωγραφικά μικρή περιοχή. Ένα ενοποιημένο δίκτυο συνδυάζει τα πλεονεκτήματα και των δύο, έχοντας ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός συστήματος μεγάλου εύρους ικανού να παρέχει στους χρήστες πανταχού παρών υπηρεσίες δεδομένων από χαμηλές έως υψηλές ταχύτητες σε καίριες τοποθεσίες.

#### 3.1.1 Περιαγωγή (Roaming)

Στο Σχήμα 3.1 παρουσιάζεται ένα ενοποιημένο περιβάλλον στο οποίο ο συνδρομητής έχει την δυνατότητα πρόσβασης σε πολλά δίκτυα. Υπάρχουν δύο παραδείγματα διαμορφώσεων τα οποία παρουσιάζονται εδώ και αφορούν την ενοποίηση WLAN και κινητών δικτύων. Σε αυτή την εργασία ασχολούμαστε με την μια από αυτές τις δύο διαμορφώσεις. Αυτές οι διαμορφώσεις διαφέρουν στον τομέα της ιδιοκτησίας /διαχείρισης του WLAN.



**Σχήμα 3.1 : Πολλαπλές επιλογές πρόσβασης σε ένα ενοποιημένο περιβάλλον δεδομένων**

Το πρώτο παράδειγμα αφορά την περίπτωση την οποία ο διαχειριστής του κινητού δικτύου έχει και διαχειρίζεται WLAN . Η δεύτερη περίπτωση είναι αυτή όπου μια ασύρματη υπηρεσία παροχής Internet (WISP) ή μια εταιρεία είναι ο ιδιοκτήτης.

Ας θεωρήσουμε ένα συνδρομητή κινητής τηλεφωνίας ο οποίος περιμένει σε ένα αεροδρόμιο όπου ο διαχειριστής του κινητού δικτύου έχει τοποθετήσει ένα WLAN. Ενώ περιμένει, ο πελάτης μπορεί να χρησιμοποιήσει το πλεονέκτημα του υψηλού εύρους συχνοτήτων και την ασύρματη συνδεσιμότητα του WLAN για να αποκτήσει πρόσβαση στην υπηρεσία δεδομένων που του παρέχει ο διαχειριστής. Αυξάνοντας τα κινητά δίκτυα μαζί με WLAN οι διαχειριστές είναι πλέον ικανοί να επαυξήσουν τις ικανότητες των υπηρεσιών δεδομένων μαζί με υψηλής ταχύτητα συνδεσιμότητα δεδομένων σε στρατηγικές τοποθεσίες όπως είναι τα αεροδρόμια και ξενοδοχεία. Κάνοντας αυτό ο διαχειριστής του δικτύου κινητής τηλεφωνίας κερδίζει ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα προσφέροντας την ικανότητα στους συνδρομητές να κάνουν χρήση της περιαγωγής σε αυτά τα hotspots.

Εάν ο διαχειριστής του WLAN είναι και ιδιοκτήτης τότε έχει το πλεονέκτημα ( σε σχέση με το WISP) μιας εγκατεστημένης βάσης για καταναλωτές στην οποία μπορούν να αγοράζουν τέτοιες δυνατότητες . Επιπροσθέτως , οι διαχειριστές έχουν μηχανισμούς πιστοποίησης και χρέωσης για τους συνδρομητές οι οποίοι μπορούν να δουλεύουν και στο χώρο του WLAN.

Αν και οι μηχανισμοί μπορεί να διαφέρουν ελαφρώς όταν δεν ανήκει στο διαχειριστή δικτύου το WLAN , η ίδια εμπειρία μπορεί να επιτευχθεί σε επίπεδο χρήστη. Μια πολύπλευρη συμφωνία περιαγωγής ανάμεσα σε WISPs και διαχειριστές κινητών δικτύων μπορεί να επιτρέψει στο χρήστη

κινητής τηλεφωνίας να χρησιμοποιήσει ένα WISP διαχειριζόμενο WLAN. Οι υπηρεσίες ταυτοποίησης και χρέωσης δεν θα συνεχίσουν να παρέχονται από τον διαχειριστή του κινητού δικτύου. Ο WISP μπορεί να συμμετάσχει στα έσοδα μοιράζοντας τα με τον διαχειριστή του κινητού δικτύου, βασισμένος σε συγκεκριμένες συμφωνίες περιαγωγής ανάμεσα στις δύο πλευρές.

Σε μία εταιρεία ασύρματου δικτύου, η εταιρεία μπορεί να διαλέξει να έχει τους δικούς της μηχανισμούς για πιστοποίηση και χρέωση. Οι περισσότερες εταιρείες δεν έχουν κανένα σύστημα για χρέωση στις υπηρεσίες δεδομένων και έχουν μόνο περιορισμούς στους μηχανισμούς για πιστοποίηση. Όμως, οι διαχειριστές κινητής τηλεφωνίας και ενσύρματης έχουν σοβαρό ενδιαφέρον στο να παρέχουν στους πελάτες τους υπηρεσίες διαμέσου μιας εταιρείας ασύρματου δικτύου. Μια τέτοια υπηρεσία θα μπορούσε να διευκολυνθεί από μηχανισμούς παρόμοιους με αυτούς που απαιτούνται για ένα WISP-owned WLAN.

### **3.2 Κινητικότητα Συνόδου**

Την κινητικότητα συνόδου μπορούμε να την δούμε σαν ένα επαναστατικό βήμα από την περιαγωγή σε αυτό το ενοποιημένο περιβάλλον. Εδώ όταν λέμε συνόδου ορίζεται σαν μια ροή από IP πακέτα ανάμεσα στον τελικό χρήστη και σε μια εξωτερική οντότητα, για παράδειγμα μια FTP ή μια HTTP διαδικασία. Ας θεωρήσουμε, για παράδειγμα, μια κινητή συσκευή ικανή να συνδέεται σε δίκτυο δεδομένων διαμέσου WLAN και κινητού δικτύου. Αυτός θα μπορούσε να είναι, για παράδειγμα, ένας φορητός υπολογιστής (laptop) με μια κάρτα ενοποιημένου WLAN-GPRS, ή θα μπορούσε να είναι ένα PDA συνδεδεμένο με μια κάρτα διπλής πρόσβασης. Ο χρήστης συνδέεται στο δίκτυο δεδομένων και είναι σε μια ροή συνόδου, στο WLAN για παράδειγμα. Καθώς ο χρήστης κινείται εκτός της εμβέλειας του WLAN δικτύου, η συσκευή ανιχνεύει την πτώση της κάλυψης του WLAN δικτύου και χωρίς απώλειες στρέφεται η ροή σε αυτή ενός GPRS δικτύου. Τυπικά, δεν χρειάζεται παρέμβαση του χρήστη για την πραγματοποίηση της αλλαγής από WLAN σε GPRS. Επιπροσθέτως, ο χρήστης δεν αντιλαμβάνεται αυτή την μεταγωγή. Όταν ένας χρήστης επιστρέφει στην περιοχή κάλυψης ενός WLAN συστήματος, η ροή επιστρέφει στο WLAN δίκτυο.

Η λειτουργία της κινητικότητας διακρίνεται από την περιήγηση όσον αφορά το γεγονός ότι η ευκινησία δεν απαιτεί την παρέμβαση κάποιου χρήστη και διατηρεί κάθε IP βασισμένο session κατά τη διάρκεια μεταβάσεων μεταξύ δεδομένων κυψελοειδούς δικτύου και WLAN. Με την περιήγηση, η εναλλαγή μεταξύ WLAN και δεδομένων κυψελοειδούς δικτύου απαιτεί σαφή παρέμβαση του χρήστη

και στις περισσότερες περιπτώσεις θα μπορούσε να καταλήξει σε κατάρρευση των υπάρχοντων session.

### 3.3 Αναβαθμισμένες κινητές εφαρμογές

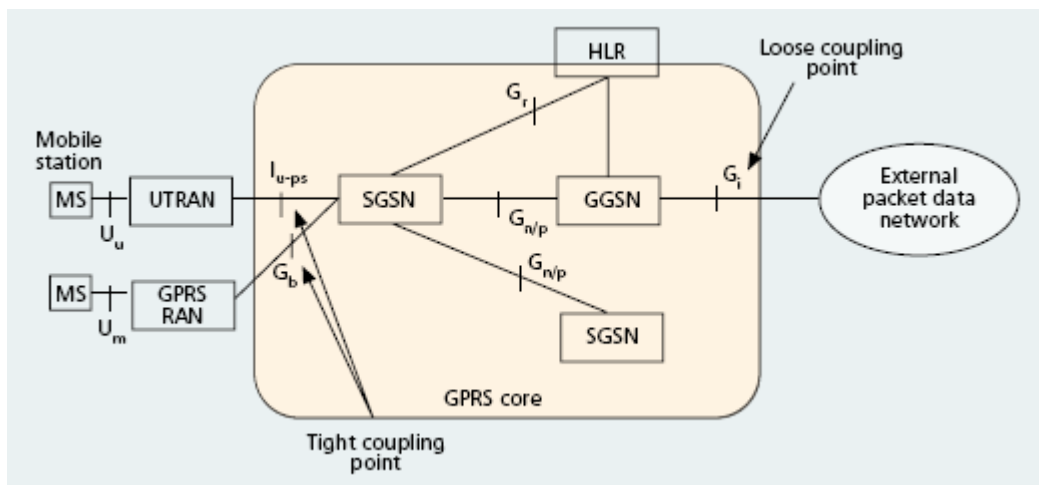
Δίνοντας την δυνατότητα στους συνδρομητές κινητής τηλεφωνίας να είναι συνδεδεμένοι σε διαφορετικής πρόσβασης δίκτυα , WLAN και GPRS , ένας μεγάλος αριθμός αναβαθμισμένων εφαρμογών μπορεί να ενεργοποιηθεί. Οι εφαρμογές αυτές μπορούν να εκμεταλλευτούν το γεγονός ότι ο χρήστης είναι πάντα συνδεδεμένος διαμέσου ενός κινητού δικτύου χαμηλής ταχύτητας και μερικές φορές συνδέεται σε WLAN υψηλής ταχύτητας. Ένα παράδειγμα αποτελεί η εφαρμογή του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (email) στο κινητό η οποία προβλέπει την παράδοση συνημμένων ή μεγάλων αρχείων όταν το κινητό είναι συνδεδεμένο στο δίκτυο του WLAN , και προβλέπει μια συνοπτική επισκόπηση των email όταν είναι συνδεδεμένο στο GPRS δίκτυο.

### 3.4 Ενοποιημένες Αρχιτεκτονικές

Διάφορες προσεγγίσεις έχουν προταθεί για την διασύνδεση ανάμεσα σε WLAN και σε κινητά δίκτυα. Το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο για τα Τηλεπικοινωνιακά Στανταρ (ETSI) καθορίζει δυο γενικές προσεγγίσεις για την διασύνδεση: την χαλαρή ζεύξη διασύνδεση (loose coupling) με την οποία θα ασχοληθούμε στη εργασία αυτή και την διασύνδεση συμπαγούς ζεύξης (tight coupling). Με την αρχιτεκτονική χαλαρής διασύνδεσης το ασύρματο δίκτυο είναι τοποθετημένο σαν ένα δίκτυο σύνδεσης συμπληρωματικό του GPRS δικτύου. Σε αυτή την περίπτωση το WLAN αξιοποιεί τις βάσεις δεδομένων των συνδρομητών του GPRS δικτύου αλλά δεν χρησιμοποιεί στοιχεία του πυρήνα του GPRS. Θεωρώντας το απλοποιημένο διάγραμμα για το GPRS στο παρακάτω Σχήμα 3.2 μπορούμε να δούμε ότι η αρχιτεκτονική χαλαρής διασύνδεσης μεταξύ του GPRS και του WLAN πραγματοποιείται στην διεπαφή Gi. Αυτό σημαίνει ότι με την ασαφή διασύνδεση το ασύρματο δίκτυο παρακάμπει το GPRS δίκτυο και παρέχει απευθείας σύνδεση δεδομένων στο εξωτερικό δίκτυο για πακέτα δεδομένων (PDNs). Από την άλλη μεριά, με την αρχιτεκτονική συμπαγούς ζεύξης το ασύρματο δίκτυο είναι συνδεδεμένο με τον πυρήνα του GPRS δικτύου με τον ίδιο τρόπο όπως κάθε άλλο ασύρματο δίκτυο (RAN) όπως είναι το GPRS RAN. Σε αυτή την περίπτωση τα δεδομένα του WLAN περνάνε μέσα από τον πυρήνα του GPRS δικτύου πριν φτάσουν στα εξωτερικά (PDNs).. Όπως φαίνεται στο παρακάτω

Σχήμα 3.2 με την αρχιτεκτονική συμπαγούς ζεύξης το WLAN συνδέεται είτε με την διεπαφή Gb ή στο Iu-ps σημείο αναφοράς.

Την τωρινή εποχή, ο όρος τάση (trend) τείνει να χρησιμοποιηθεί για την προσέγγιση χαλαρής σύζευξης και να κάνει χρήση αναγνώρισης χρήστη και χρέωσης λογαριασμού που είναι (U)SIM βασιζόμενα. Με αυτή την προσέγγιση, ένας συνδρομητής μπορεί να ξαναχρησιμοποιήσει την Subscriber Identity Module (SIM) κάρτα του ή την User Services Identity Module (USIM) κάρτα του για να αποκτήσει πρόσβαση σε μία ομάδα ασύρματων υπηρεσιών δεδομένων ενός WLAN. Ωστόσο, όπως αναφέρεται παρακάτω, η προαναφερθείσα προσέγγιση χαρακτηρίζεται από περιορισμένες δυνατότητες ευκινησίας του session σε σύγκριση με τη σφικτή σύζευξη. Τυπικά, οι GSM συνδρομητές είναι εξοπλισμένοι με μία SIM κάρτα και οι GPRS συνδρομητές διαθέτουν μία USIM κάρτα.



Σχήμα 3.2 : Διάγραμμα του GPRS με τα σημεία σύζευξης για το WLAN δίκτυο.

### 3.5 Δραστηριότητες Τυποποιημένες

Εκτός από τις δραστηριότητες τυποποίησης στο ETSI, που συνοψίζονται στην τεχνική έκθεση TR 101 957 [2], άλλοι οργανισμοί τυποποίησης έχουν συμμετάσχει πρόσφατα στην ολοκλήρωση WLANs και των κυψελοειδών δικτύων τηλεπικοινωνιών. Οι περισσότερες από αυτές τις δραστηριότητες προωθούνται από τους κυψελοειδείς χειριστές, οι οποίοι θέλουν να ωφεληθούν από τη γρήγορα εξελιγμένη τεχνολογία WLAN και προσφέρουν τις προηγμένες μεγάλες υπηρεσίες δεδομένων στους συνδρομητές τους με μια συνδρομή, ένα λογαριασμό, ένα σύνολο υπηρεσιών, και ούτω καθεξής. Ο στόχος των δραστηριοτήτων τυποποίησης είναι να καθοριστούν οι τυποποιημένες ενοποιημένες διεπαφές και να εξασφαλιστεί η αλληλεπίδραση στους εξοπλισμούς πολυ-υποκατασκευαστών και σε διάφορους τύπους WLANs και κυψελοειδών δικτύων. Οι εντονότερες δραστηριότητες τυποποίησης



πραγματοποιούνται στο πρόγραμμα συνεργασίας τρίτης γενιάς (3GPP), ένα σώμα τυποποίησης που διατηρεί και εξελίσσει τις προδιαγραφές GSM και GPRS. Το 3GPP έχει εγκρίνει πρόσφατα ένα ενοποιημένο θέμα εργασίας WLAN/Κυψελοειδές, το οποίο στοχεύει να διευκρινίσει μια ή περισσότερες τεχνικές μεταξύ WLANs και των GPRS δικτύων. Αυτή η εργασία τυποποίησης έχει αρχίσει πρόσφατα και είναι

σχεδιασμένη για την ολοκλήρωση στις αρχές του 2003. Στα πλαίσια αυτής της εργασίας, διάφορες ενοποιημένες απαιτήσεις έχουν διευκρινιστεί και έχουν ταξινομηθεί σε έξι ενοποιημένα σενάρια [8].

**Σενάριο 1** - κοινή προσοχή τιμολόγησης και πελατών:

Αυτή είναι η απλούστερη μορφή αλληλεπίδρασης, η οποία παρέχει μόνο ένα κοινό ως προς τους λογαριασμούς και τους πελάτες στο συνδρομητή αλλά ειδάλλως δεν χαρακτηρίζει καμία πραγματική αλληλεπίδραση μεταξύ του δικτύου WLAN και GPRS. Για αυτόν τον λόγο, αυτό το σενάριο δεν απαιτεί οποιεσδήποτε ιδιαίτερες δραστηριότητες τυποποίησης..

**Σενάριο 2** - 3GPP βασισμένο στη μελέτη των συστημάτων έλεγχου προσπέλασης και χρέωσης:

Αυτό το σενάριο απαιτεί την επικύρωση, έγκριση, και λογιστική (AAA) για τους συνδρομητές στο WLAN που βασίζεται στις ίδιες AAA διαδικασίες που χρησιμοποιούνται στο σύστημα GPRS.

Παραδείγματος χάριν, ένας συνδρομητής σε ένα WLAN μπορεί να χρησιμοποιήσει την κάρτα SIM του για την επικύρωση, δεδομένου ότι αυτός κανονικά

κάνει σε ένα περιβάλλον GPRS. Επίσης, η έγκριση παρέχεται από το ίδιο το GPRS σύστημα βασισμένο στα στοιχεία συνδρομής. Αυτό το σενάριο επιτρέπει βασικά τη συνδετικότητα IP μέσω WLAN για τους συνδρομητές GPRS.

Διαπιστώνεται ότι καμία απαίτηση δεν τίθεται στο σύνολο υπηρεσιών που προσφέρονται στο WLAN.

**Σενάριο 3** – πρόσβαση στο 3GPP στις GPRS-βασικές υπηρεσίες:

Ο στόχος αυτού του σεναρίου είναι να επιτραπεί ο κυψελοειδής χειριστής για να επεκτείνει την πρόσβαση στις βασικές υπηρεσίες του GPRS στους συνδρομητές σε ένα περιβάλλον WLAN.

Παραδείγματος χάριν, εάν ένας χειριστής διατηρεί μια ασύρματη πύλη πρωτοκόλλου εφαρμογής (WAP) για την παροχή των υπηρεσιών WAP στους συνδρομητές του, κάτω από το αλληλεπιδρώμενο σενάριο 3, αυτή η υπηρεσία WAP πρέπει επίσης να είναι προσιτή στους συνδρομητές σε ένα περιβάλλον WLAN. Γενικά, οι GPRS-βασικές υπηρεσίες περιλαμβάνουν οποιαδήποτε υπηρεσία που παρέχεται πέρα από το Δίκτυο GPRS όπως οι υπηρεσίες πολυμέσων IP, η location-based στις υπηρεσίες, το στιγμιαίο μήνυμα, και οι presence-based υπηρεσίες. Επιπλέον αν και στο χρήστη προσφέρεται η πρόσβαση στις ίδιες GPRS- based υπηρεσίες και για τα δίκτυα της πρόσβασης GPRS και WLAN, καμία συνοχή υπηρεσιών σε αυτά τα δίκτυα πρόσβασης δεν απαιτείται στο σενάριο 3.

**Σενάριο 4** - συνοχή υπηρεσιών:

Ο στόχος αυτού του σεναρίου είναι να επιτραπεί η πρόσβαση στις GPRS-based υπηρεσίες όπως απαιτείται από το σενάριο 3, και επιπλέον για να διατηρήσουν τη συνοχή υπηρεσιών στα συστήματα GPRS και WLAN. Παραδείγματος χάριν, μια έναρξη χρηστών για να χρησιμοποιήσει την υπηρεσία WAP από το GPRS ραδιοφωνικό δίκτυο πρέπει να είναι σε θέση να συνεχίσει στην υπηρεσία WAP αφότου κινείται προς ένα σύστημα WLAN και αντίστροφα.

Αν και απαιτείται συνοχή υπηρεσιών από το σενάριο 4, οι απαιτήσεις συνοχής υπηρεσιών δεν είναι πολύ αυστηρές. Αυτό σημαίνει ότι κάτω από το ενοποιημένο σενάριο 4, μερικές υπηρεσίες μπορούν να μην είναι σε θέση να συνεχίσουν μετά από μια κάθετη παράδοση από/προς το WLAN (π.χ., λόγω των ποικίλων ικανοτήτων και των χαρακτηριστικών από τις τεχνολογίες πρόσβασης). Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα θα μπορούσε να είναι, για παράδειγμα, η GPRS-based υπηρεσία που απαιτεί τη σφιχτή απόδοση καθυστέρησης, η οποία δεν μπορεί να συναντηθεί σε ένα σύστημα WLAN. . Σε αυτήν την περίπτωση, η υπηρεσία πιθανότατα ολοκληρώνεται μετά από τις κινήσεις χρηστών προς ένα σύστημα WLAN. Επίσης, εκτός από το σενάριο 4, η αλλαγή στην ποιότητα υπηρεσιών είναι δυνατή και μπορεί να είναι μια συνέπεια της παράδοσης μεταξύ των τεχνολογιών πρόσβασης WLAN και GPRS.

#### **Σενάριο 5 – Seamless υπηρεσίες:**

Αυτό το σενάριο είναι ένα βήμα περαιτέρω από το σενάριο 4. Ο στόχος του είναι να παράσχει την seamless συνοχή υπηρεσιών μεταξύ GPRS και WLAN. Δηλαδή οι GPRS-based υπηρεσίες πρέπει να χρησιμοποιηθούν πέρα από το GPRS και τις Τεχνολογίες πρόσβασης WLAN κατά τρόπο seamless (χωρίς το χρήστη παρατηρούνται οποιεσδήποτε σημαντικές διαφορές).

#### **Σενάριο 6 - πρόσβαση 3GPP στις circuit-switched υπηρεσίες:**

Ο στόχος αυτού του σεναρίου είναι να επιτρέπεται στον χειριστή να προσφέρει την πρόσβαση στις circuit-switched υπηρεσίες (π.χ., κανονικές φωνητικές κλήσεις) από το σύστημα WLAN. Η seamless κινητικότητα για αυτές τις υπηρεσίες πρέπει να παρασχεθεί.

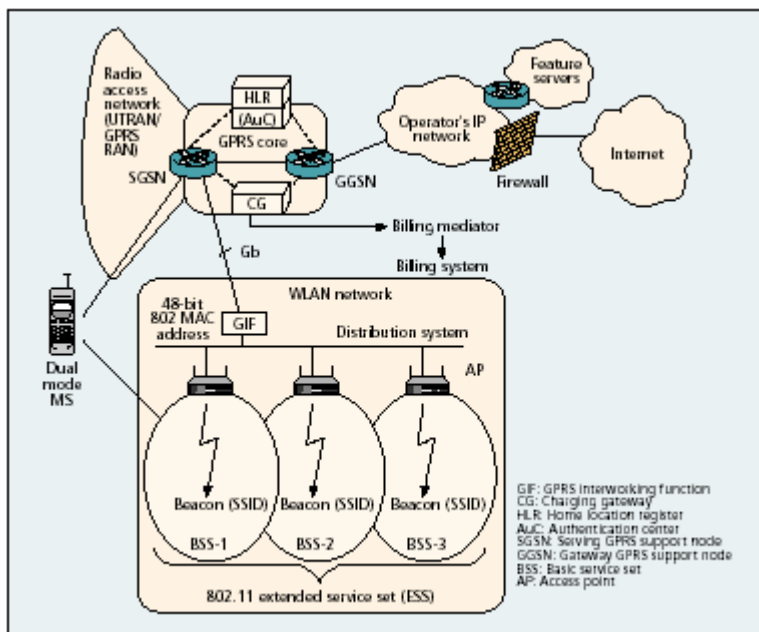
Μετά από το να αναθεωρήσει τις σημαντικότερες δραστηριότητες τυποποίησης για την αλληλεπίδραση μεταξύ WLANs και κυψελοειδή δικτύων , παρουσιάζονται στις δύο αρχιτεκτονικές για την ολοκλήρωση WLAN-GPRS.

### **3.6 Μια Σφιχτή Αρχιτεκτονική Συζεύξεων**

Γενικά, η προτεινόμενη σφιχτή αρχιτεκτονική συζεύξεων παρέχει μια νέα λύση για την αλληλεπίδραση μεταξύ 802.11 WLANs<sup>3</sup> και GPRS, και χαρακτηρίζεται πολλά οφέλη, όπως:

- Οι συνεχείς seamless υπηρεσιών πέρα από WLAN και GPRS.
- Οι χρήστες είναι σε θέση να διατηρήσουν τις συνόδους στοιχείων τους καθώς κινούνται από WLAN προς GPRS και αντίστροφα. Για τις υπηρεσίες με τις σφιχτές απαιτήσεις QoS, οι συνεχείς seamless υπηρεσίες υπόκεινται στις ικανότητες WLAN QoS.
- Επαναχρησιμοποίηση του GPRS AAA.
  - Επαναχρησιμοποίηση της υποδομής GPRS (π.χ., πόροι κεντρικών δικτύων, βάσεις δεδομένων συνδρομητών, συστήματα τιμολόγησης) και προστασία της επένδυσης του κυψελοειδούς χειριστή.
  - Υποστήριξη της νόμιμης παρεμπόδισης για τους συνδρομητές WLAN.
  - Αυξανόμενη ασφάλεια, δεδομένου ότι η επικύρωση GPRS και ο λογαριασμός μπορούν να εφαρμοστούν πάνω από το λογαριασμό WLAN.
  - Κοινή προσοχή παροχής και πελατών.
  - Πρόσβαση στις υπηρεσίες πυρήνων GPRS όπως η σύντομη υπηρεσία μηνυμάτων (SMS), οι location-based υπηρεσίες, και την υπηρεσία μηνυμάτων πολυμέσων (MMS).

### 3.7 Περιγραφή Συστημάτων



Σχήμα 3.3: Wlan-GPRS ολοκλήρωση με τη σφιχτή σύζευξη: διαμόρφωση συστημάτων.

Το σχήμα επεξηγεί την προτεινόμενη αρχιτεκτονική συστημάτων. Ένα δίκτυο WLAN επεκτείνεται με ένα ή περισσότερα off-the-shelf σημεία πρόσβασης (APs), τα οποία συνδέονται με τη βοήθεια ενός συστήματος διανομής (DS). Στο σύστημά μας, το DS είναι το τοπικό LAN, χαρακτηριστικά υποχωρητικό με IEEE 802.3. Το WLAN είναι επεκταμένο σε μια διαμόρφωση υποδομής, δηλ., η APs συμπεριφέρεται όπως τους σταθμούς βάσης, και τα κινητά στοιχεία ανταλλαγής μόνο με APs. Η περιοχή υπηρεσιών ενός μόνου AP καλείται ένα σύνολο βασικής υπηρεσίας (BSS). Κάθε WLAN αποτελείται χαρακτηριστικά από πολλά BSSs, το οποίο όλοι διαμορφώνουν μαζί με ένα εκτεταμένο σύνολο υπηρεσιών (ESS) . Το δίκτυο WLAN επεκτείνεται όπως μια εναλλακτική λύση RAN και συνδέεται με το κεντρικό GPRS δίκτυο

μέσω της τυποποιημένης διεπαφής MB. Από την άποψη κεντρικών δικτύων, το WLAN εξετάζεται όπως οποιαδήποτε άλλη περιοχή δρομολόγησης GPRS (RA) στο σύστημα. Με άλλα λόγια, το κεντρικό GPRS δίκτυο δεν προσδιορίζει πραγματικά τη διαφορά μεταξύ ενός RA με τη ραδιοφωνική τεχνολογία WLAN και ενός με τη ραδιοφωνική τεχνολογία GPRS.

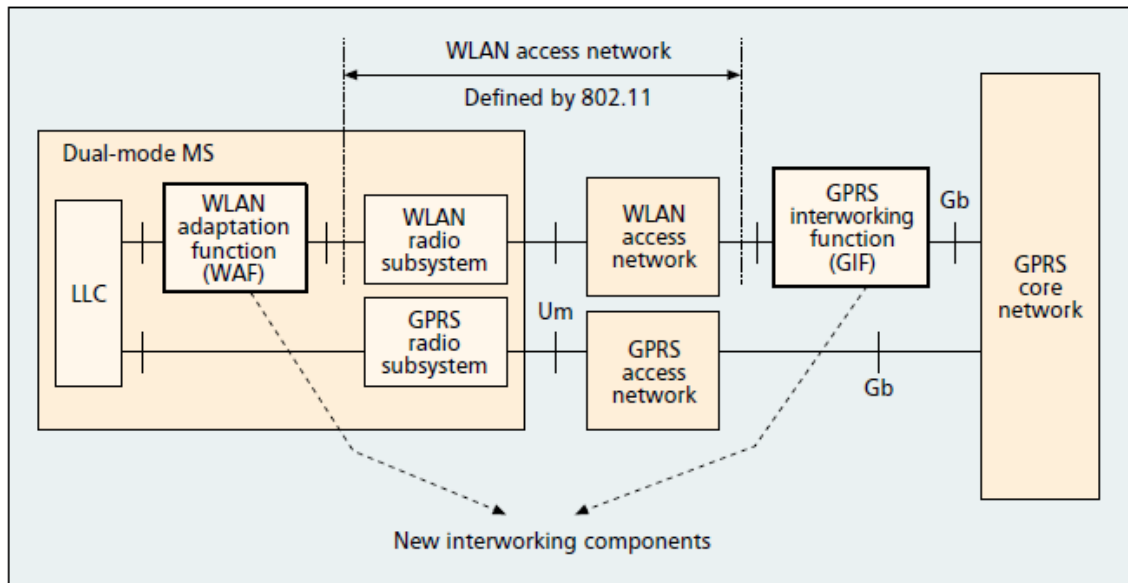
Το βασικό λειτουργικό στοιχείο στο σύστημα είναι η αλληλεπιδρώμενη λειτουργία GPRS (GIF), η οποία συνδέεται με ένα DS και με έναν εξυπηρετητή κόμβο υποστήριξης GPRS (SGSN) μέσω της τυποποιημένης διεπαφής GB. Η κύρια λειτουργία του GIF είναι να παρασχεθεί μια τυποποιημένη διεπαφή στο κεντρικό GPRS δίκτυο και να κρυφτούν ουσιαστικά οι ιδιαιτερότητες WLAN. Το GIF είναι η λειτουργία που κάνει το SGSN να θεωρήσει το WLAN ένα χαρακτηριστικό RA (που αποτελείται από μόνο ένα κύτταρο).

Όπως συζητείται κατωτέρω, τα υπάρχοντα πρωτόκολλα GPRS στο κινητό επαναχρησιμοποιούνται πλήρως. Στην πραγματικότητα, ο λογικός έλεγχος συνδέσεων (LLC), το εξαρτώμενο πρωτόκολλο σύγκλισης υποδικτύων (SNDCP), η διαχείριση κινητικότητας GPRS (GMM), και η διαχείριση συνόδου (SM) χρησιμοποιούνται σε ένα τυποποιημένο κύτταρο GPRS και σε μια περιοχή WLAN.

Επομένως, το WLAN παρέχει μόνο μια νέα ραδιοφωνική μεταφορά για αυτά τα πρωτόκολλα. Όταν ένας κινητός σταθμός (MS) είναι έξω από την περιοχή WLAN, η διεπαφή WLAN της είναι στον παθητικό τρόπο ανίχνευσης, δηλ., ανιχνεύει μια συγκεκριμένη ζώνη και τις αναζητήσεις συχνότητας ενός σήματος αναγνωριστικών σημάτων. Όσον αφορά το SSID , χρησιμεύει ως ένα προσδιοριστικό WLAN και μπορεί να βοηθήσει κινητά τη σύνδεση στο «σωστό» WLAN. Παραδείγματος χάριν, ένας χειριστής θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει ένα μοναδικό SSID και να ζητήσει να διαμορφώσουν οι συνδρομητές του τα κινητά τους για να θεωρήσουν μόνο αυτό το SSID έγκυρο. Όταν ένα MS ανιχνεύει ένα έγκυρο SSID, εκτελεί τις χαρακτηριστικές διαδικασίες επικύρωσης και ένωσης .Επιτρέπει έπειτα τη διεπαφή WLAN του, και την περαιτέρω σηματοδότηση GPRS ,που μεταφέρεται σε αυτήν την διεπαφή. Το MSs είναι με διπλό σύστημα λειτουργίας, δηλ., υποστηρίζει και την

πρόσβαση GPRS και WLAN σε μια seamless μόδα. Η seamless κινητικότητα επιτυγχάνεται με τη βοήθεια της διαδικασίας αναπροσαρμογών RA (RAU), η οποία είναι η διοικητική διαδικασία κινητικότητας πυρήνων σε GPRS . Χαρακτηριστικά, όταν εισάγει ένας κινητός μια περιοχή WLAN, μια διαδικασία RAU πραγματοποιείται, και τα επόμενα GPRS που κάνουν σήμα και η μετάδοση στοιχείων χρηστών μεταφέρονται στη διεπαφή WLAN. Ομοίως, στις κινητές έξοδοι μιας WLAN περιοχής, τότε μια άλλη διαδικασία RAU πραγματοποιείται, και η διεπαφή GPRS επιτρέπεται και χρησιμοποιείται για να φέρει τα περαιτέρω στοιχεία και την σηματοδότηση στην κυκλοφορία.

Από την άποψη κεντρικών δικτύων, η παράδοση μεταξύ WLAN και GPRS θεωρείται παράδοση μεταξύ δύο μεμονωμένων κυττάρων. Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι σε ένα 802.11 WLAN, τα κινητά τερματικά χρησιμοποιούν 48 bits του IEEE 802 διευθύνσεις ως μέσες διευθύνσεις ελέγχου προσπέλασης (MAC), οι οποίες είναι hard-coded στις κάρτες δικτύων των διεπαφών . Τέτοιες διευθύνσεις χρησιμοποιούνται επίσης για την εξέταση στο DS . Επομένως, τα τερματικά σε DS (π.χ., GIF) και τα τερματικά WLAN μοιράζονται το ίδιο διάστημα διευθύνσεων. . Στη διαμόρφωση που παρουσιάζεται στο σχήμα , το MSs στο WLAN στέλνει uplink GPRS κυκλοφορία στη διεύθυνση της MAC του GIF . Ομοίως, η κυκλοφορία downlink συνδέσεων GPRS στέλνονται από το GIF στις διευθύνσεις της MAC MSs. Ο τρόπος που το MSs ανακαλύπτει τη διεύθυνση της MAC του GIF καθώς επίσης και η ταυτότητα του RA που αντιστοιχεί στο WLAN εξηγείται κατωτέρω.



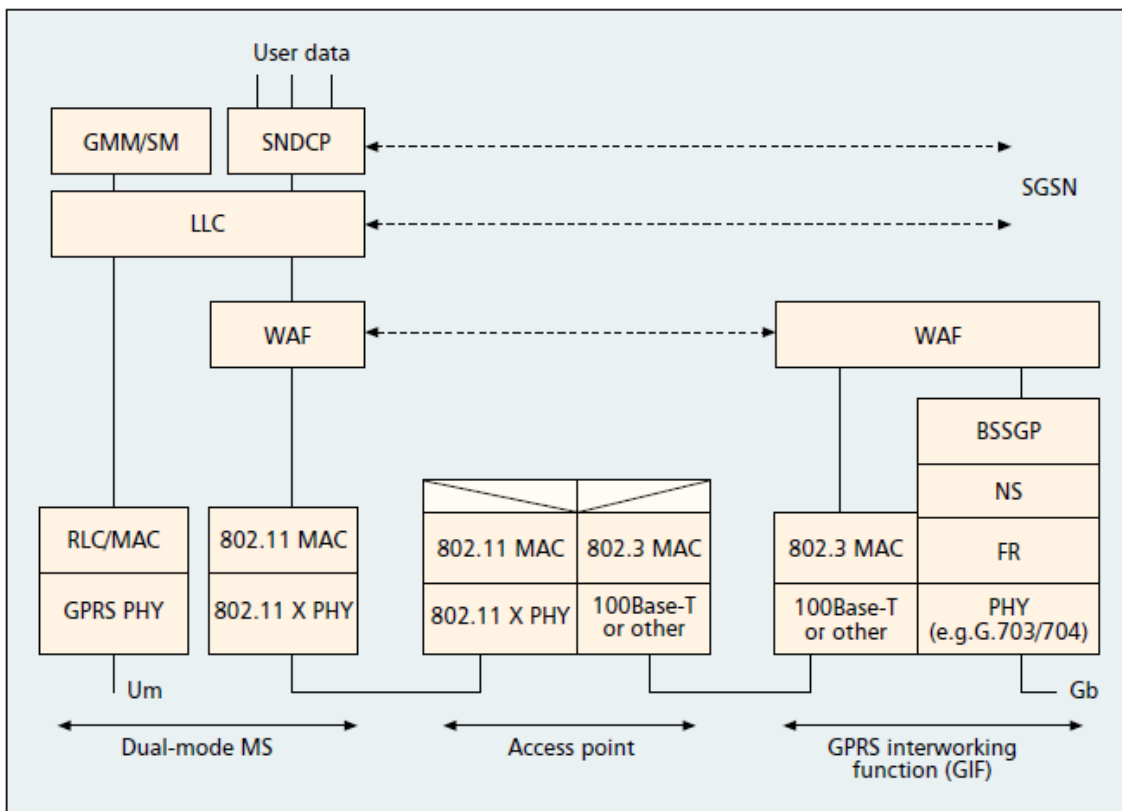
**Σχήμα 3.4. Σφιχτή σύζευξη άνω του MB: ένα διάγραμμα αναφοράς.**

Το διάγραμμα αναφοράς της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής είναι διευκρινισμένο στο σχήμα. Το MS έχει δύο ραδιοφωνικά υποσυστήματα, ένα για την πρόσβαση GPRS και άλλο για την πρόσβαση

WLAN. Η προσαρμογή WLAN λειτουργίας(WAF) προσδιορίζεται όταν επιτρέπεται το ραδιοφωνικό υποσύστημα WLAN (δηλ., όταν το MS συνεργάζεται με ένα έγκυρο AP) και ενημερώνει το στρώμα LLC, το οποίο επαναπροσανατολίζει στη συνέχεια την κυκλοφορία σηματοδότησης και στοιχείων στο WLAN.

### 3.8 Αρχιτεκτονική Πρωτοκόλλου

Η αρχιτεκτονική πρωτοκόλλου είναι διευκρινισμένη στο σχήμα 3.5



Σχήμα 3.5. Σφιχτή σύζευξη άνω του MB: αρχιτεκτονική πρωτοκόλλου.

Όπως παρουσιάζεται, το MS υποστηρίζει δύο ραδιοφωνικά υποσυστήματα (ή διεπαφές) για τη μεταφορά της σηματοδότησης GPRS των στοιχείων χρηστών. Η πρώτη διεπαφή εφαρμόζεται με το GPRS-based ραδιοφωνικό έλεγχο συνδέσεων (RLC) /MAC και τα φυσικά στρώματα, ενώ ο δεύτερος εφαρμόζεται με τη συγκεκριμένη MAC 802.11 και τα φυσικά στρώματα.. Αυτές οι δύο διεπαφές παρέχουν δύο εναλλακτικά μέσα για τη μεταφορά των είναι μονάδων στοιχείων πακέτων LLC (PDUs). Χαρακτηριστικά, όταν το MS είναι έξω από μια περιοχή WLAN, LLC PDUs διαβιβάζεται πέρα από τη διεπαφή GPRS (Um). Εντούτοις, όταν εισάγει ο κινητός μια περιοχή WLAN,

LLC,PDU's διαβιβάζεται πέρα από τη διεπαφή WLAN. Αυτή η μετατροπή εκτελείται με την ενίσχυση WAF και θα μπορούσε να είναι απολύτως διαφανής στο χρήστη και στα ανώτερα στρώματα GPRS.

Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, η WAF λειτουργεί και στο MS και στο GIF. Παρέχει μια λειτουργία προσαρμογής για την αλληλεπίδραση μεταξύ του LLC και της MAC 802.11 (στον κινητό) και μεταξύ της MAC 802.3 και του BSSGP (στο GIF). Εκτός από τη WAF, επίσης το GIF εφαρμόζει τα πρωτόκολλα GPRS που διευκρινίζονται στη διεπαφή Gb:τα frame relay (FR),την υπηρεσία δικτύου (NS), και τα πρωτόκολλα υποσυστημάτων GPRS σταθμών βάσης (BSSGP)

Το σημείο πρόσβασης (AP) εφαρμόζει τα 802.11 και 802.3 πρωτόκολλα και μια απλή ενοποιημένη λειτουργία που παρέχει το γεφύρωμα μεταξύ τους. Τέτοιο APs είναι ήδη διαθέσιμο στην αγορά.

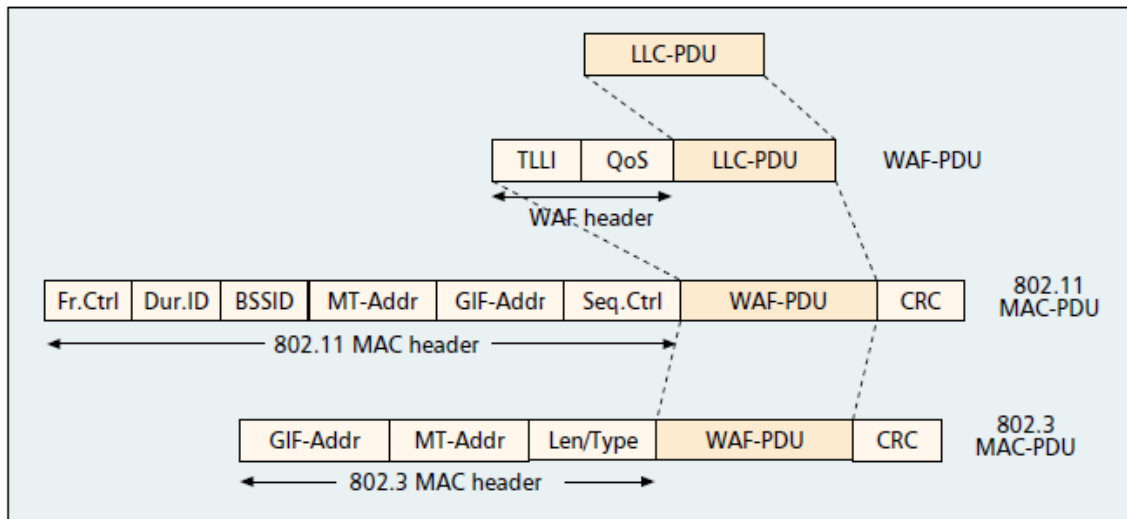
### **3.9 Λειτουργία Προσαρμογής WLAN**

Το κύριο συστατικό στο προτεινόμενο σφιχτό σύστημα συζεύξεων είναι το WAF, το οποίο εφαρμόζεται σε κάθε διπλό σύστημα λειτουργίας MS και στο GIF, και υποστηρίζει την κατάλληλη ενοποιημένη λειτουργία. Με την ενίσχυση WAF γίνεται εφικτή η μεταφορά της σηματοδότησης και των στοιχείων GPRS άνω των 802.11 WLANs.

Η WAF παρέχει τις ακόλουθες λειτουργίες:

- Επισημαίνει την ενεργοποίηση της διεπαφής WLAN όταν εισάγει ο κινητός μια περιοχή WLAN. Επισημαίνει επίσης την αλλαγή του RA σε GMM όταν εισάγει ένας κινητός μια περιοχή WLAN και παίρνει συνδεδεμένος με ένα AP.
- Υποστηρίζει τη διαδικασία ανακαλύψεων GIF/RAI (συζητημένος κατωτέρω), όπου αρχίζει από MSs προκειμένου να ανακαλυφθούν η διεύθυνση της MAC του GIF και η ταυτότητα RA (RAI) του WLAN.
- Υποστηρίζει τη διαδικασία σελιδοποίησης στο Gb, χρησιμοποιούμενη όταν το SGSN πρέπει να σελιδοποιήσει ένα MS. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, η WAF στέλνει ένα κατάλληλο με σηματοδοσία μήνυμα στο MS προκειμένου να το προειδοποιήσει και να αποκριθεί στη σελίδα.
- Μεταφέρει uplink LLC PDUs από το MS στο GIF με τη χρησιμοποίηση των υπηρεσιών μεταφορών που παρέχονται από τη MAC 802.11. Μεταφέρει επίσης την downlink LLC PDUs από το GIF στους κινητούς.
- Υποστηρίζει QoS με την εφαρμογή της μετάδοσης σχεδιάζοντας στο GIF και στο MS.

- Μεταφέρει το προσωρινό λογικό προσδιοριστικό συνδέσεων (TLLI) και τις πληροφορίες QoS στην επιγραφή WAF. Το TLLI είναι ένα προσωρινό προσδιοριστικό MS που χρησιμοποιείται από το LLC στρώμα για την εξέταση των σκοπών



**Σχήμα 3.6: Το σχέδιο ενθυλάκωσης.**

Το σχέδιο ενθυλάκωσης που χρησιμοποιείται στην uplink κατεύθυνση καθώς επίσης και το σχήμα ενός WAF PDU είναι διευκρινισμένα στο παραπάνω σχήμα. Κάθε LLC PDU είναι τοποθετημένο ανάμεσα σε ένα WAF PDU, το οποίο περιλαμβάνει TLLI και QoS στην επιγραφή. Το TLLI χρησιμοποιείται από το GIF για να ενημερώσει έναν εσωτερικό πίνακα χαρτογράφησης που συσχετίζει το TLLIs με 802 διευθύνσεις της MAC. .

. Προκειμένου να υποστηριχθεί η διαδικασία σελιδοποίησης, το GIF πρέπει να συσχετίσει το IMSIs με 802 διευθύνσεις της MAC.

Ο συσχετισμός μεταξύ TLLIs και 802 διευθύνσεων της MAC χρησιμοποιείται για την αποστολή της downlink LLC PDUs που παραλαμβάνεται στη διεπαφή MB στο

σωστό κινητό στο WLAN. Επιπλέον το SGSN χρησιμοποιεί TLLI στο MB ως πληροφορίες διευθύνσεων, ενώ το WLAN χρησιμοποιεί 802 διευθύνσεις της MAC. Στην uplink κατεύθυνση, το QoS περιέχει τις ακόλουθες ιδιότητες:

- Μέγιστη ρυθμοαπόδοση
- Ραδιοφωνική προτεραιότητα
- Τρόπο RLC

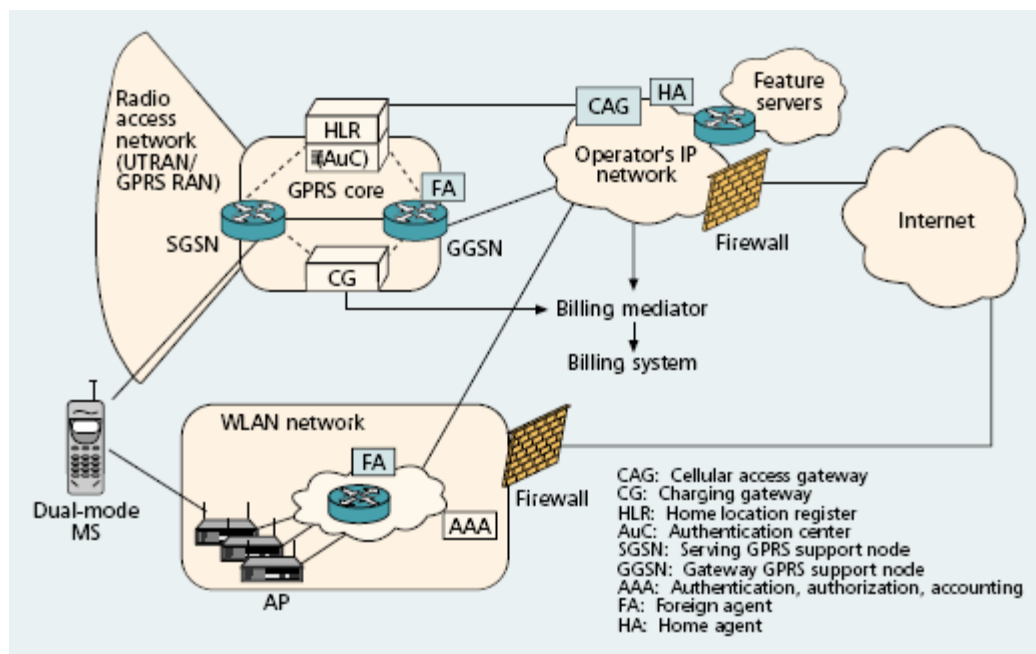


Αυτές οι ιδιότητες QoS χρησιμοποιούνται πρώτιστως για το σχεδιασμό του MS και του GIF. Στην κατεύθυνση downlink, το QoS μπορεί να είναι κενό, δεδομένου ότι δεν υπάρχει καμία ανάγκη να μεταφερθούν οποιεσδήποτε παράμετροι QoS στον κινητό.

Οι 802.11 και 802.3 επιγραφές της MAC που παρουσιάζονται είναι οι τυποποιημένες επιγραφές που διευκρινίζονται από τα 802.11 και 802.3 πρότυπα, αντίστοιχα.

### 3.10 Αρχιτεκτονική Χαλαρής Σύζευξης

Όπως αναφέρθηκε πριν, η χαλαρή διασύνδεση είναι μια άλλη μέθοδος η οποία παρέχει την ενοποίηση του WLAN και του GPRS στην διεπαφή Gi. Στο Σχήμα 3.3 που ακολουθεί απεικονίζεται η προτεινόμενη αρχιτεκτονική χαλαρής διασύνδεσης.



Σχήμα 3.7 : Ενοποίηση WLAN και GPRS με την χαλαρή ζεύξη

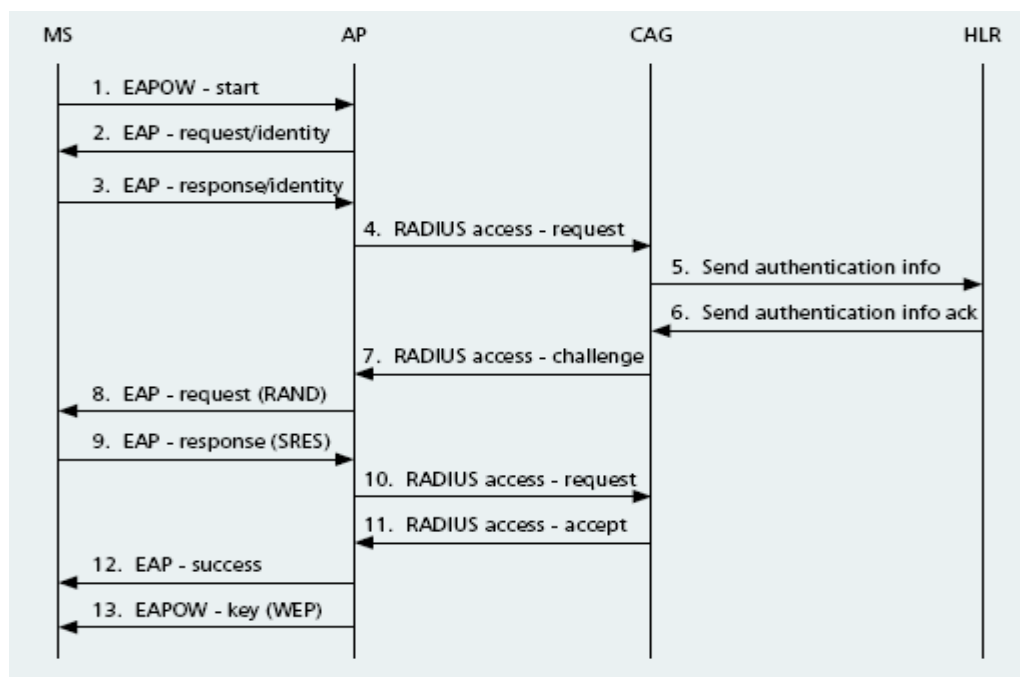
Όπως μπορούμε να δούμε το WLAN είναι συνδεδεμένο με το GPRS δίκτυο στο IP δίκτυο του διαχειριστή. Να σημειώσουμε εδώ ότι σε αντίθεση με την διασύνδεση συμπαγούς σύζευξης τα δεδομένα του WLAN δεν περνάνε διαμέσου του κεντρικού μέρους του GPRS δικτύου αλλά πηγαίνουν κατευθείαν στο IP δίκτυο του διαχειριστή. Σε αυτή την αρχιτεκτονική η πιστοποίηση που γίνεται βασισμένη στην κάρτα SIM μπορεί να υποστηρίζεται και από τα GPRS και τα WLAN δίκτυα για την

πρόσβαση στις υπηρεσίες του διαχειριστή. Επίσης αυτή η αρχιτεκτονική υποστηρίζει ενοποιημένη χρέωση μέσω του μεσολαβητή χρέωσης , σε ένα κοινό σύστημα χρέωσης . Το WLAN μπορεί να ανήκει σε μια 3<sup>η</sup> εταιρεία μαζί με ενεργοποιημένη την περιαγωγή/κινητικότητα μέσω μιας αποκλειστικής σύνδεσης ανάμεσα στον διαχειριστή και στο WLAN ή μέσω ενός είδη υπάρχοντος δημοσίου δικτύου , όπως είναι το Internet (αν και μόνο μια μέθοδος περιαγωγής απαιτείται).

Η αρχιτεκτονική χαλαρής ζεύξης χρησιμοποιεί τα πρότυπα βασισμένα στα πρωτόκολλα IETF για πιστοποίηση, χρέωση και κινητικότητα. Επομένως δεν είναι απαραίτητο να εισάγουμε κυψελοειδής τεχνολογία στο WLAN δίκτυο, όπως συμβαίνει στην συμπαγή διασύνδεση. Η περιαγωγή μπορεί να ενεργοποιηθεί διαμέσου όλων των τύπων των εφαρμογών του WLAN ασχέτως από το σε ποιόν ανήκει το WLAN ,αποκλειστικά μέσω συμφωνιών περιαγωγής.

### **3.10.1 Πιστοποίηση**

Μια πιστοποίηση παρόμοια με αυτήν του GPRS μπορεί να προκύψει διαμέσου του WLAN δικτύου, εξαρτώμενη από την εκάστοτε υλοποίηση . Όταν στο διαχειριστή του GPRS ανήκει και το WLAN ,είναι πιο συνηθισμένο ο διαχειριστής να θέλει να επαναχρησιμοποιήσει πιστοποίηση βάσει της κάρτας SIM ( ή βάσει της κάρτας USIM για συνδρομητές GPRS δικτύου) μέσω WLAN περιβάλλοντος. Παρομοίως , για να έχει πρόσβαση ένας συνδρομητής σε υπηρεσίες οι οποίες παρέχονται από ένα διαχειριστή GPRS διαμέσου κάθε πρόσβασης WLAN δικτύου, ασχέτως από το εάν το WLAN ανήκει στον διαχειριστή του GPRS ,τότε πιστοποίηση βασισμένη στην κάρτα SIM μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Η αρχιτεκτονική που προτείνεται εδώ παρουσιάζεται στο Σχήμα που ακολουθεί και υποστηρίζει και πιστοποίηση με βάσει την (U)SIM κάρτα με τον ίδιο τρόπο όπως το GPRS. Η κινητή πύλη εισόδου (CAG) ενεργεί σαν ένας πιστοποιητής για τους χρήστες του WLAN.

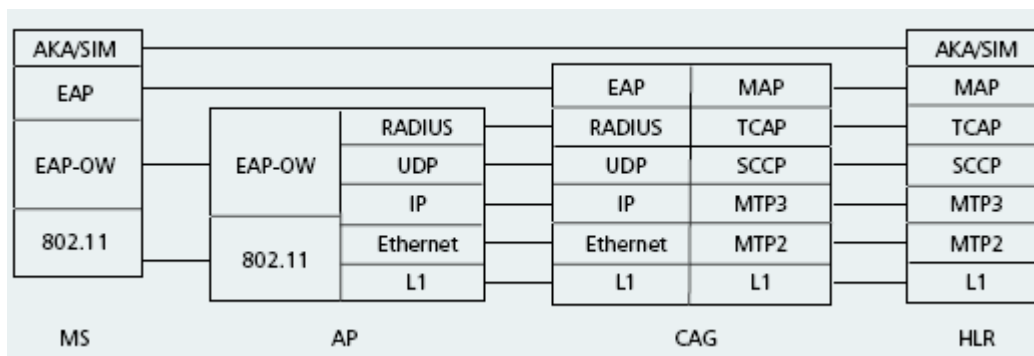


**Σχήμα 3.8 : Πιστοποίηση χρηστών WLAN με βάση την κάρτα SIM**

Η διαδικασία της πιστοποίησης που δείχνεται στο παραπάνω σχήμα 3.4 βασίζεται στην ανάπτυξη του IEEE 802.1X μαζί με το 802.11. Σε αυτή την αρχιτεκτονική, η CAG παρέχει την AAA λειτουργία στον πυρήνα του IP του κινητού του χρήστη. Η CAG αλληλεπιδρά με την βάση δεδομένων HLR για να λάβει τα πιστοποιητικά πιστοποίησης τα οποία χρησιμοποιούνται για την δημιουργία της πρόκλησης πιστοποίησης για τον κινητό σταθμό και εγκρίνει την ανταπόκριση στην πρόκληση. Για να γίνει αυτό, η CAG πρέπει να συνεργαστεί με την HLR με τον ίδιο τρόπο όπως στην διαδικασία πιστοποίησης για το GPRS. Το έκτατο πρωτόκολλο πιστοποίησης (EAP) χρησιμοποιείται από το WLAN για την διεξαγωγή πιστοποίησης του κινητού σταθμού, περνώντας την ταυτότητα του συνδρομητή, βασισμένο σε δεδομένα πιστοποίησης με βάση την SIM κάρτα, και επίσης χρησιμοποιούνται κρυπτογραφημένοι αλγόριθμοι (session keys) για την κρυπτογράφηση της διαδικασίας συνόδου. Όπου είναι ανεπιθύμητη η χρήση πιστοποίησης με βάση την SIM κάρτα σύστημα του WLAN, στάνταρ διαδικασίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν, όπως: όνομα χρήστη / κωδικός.

Το διάγραμμα του σήματος στο Σχήμα συμβαδίζει με τους κανόνες του 802.1X και την GSM/AKA πιστοποίηση όπως αυτή καθορίζεται. Η ροή της ταυτοποίησης ξεκινά αμέσως μετά που ο κινητός σταθμός έχει προσκολληθεί σε ένα σημείο πρόσβασης AP. Τότε στέλνει προς το AP ένα μήνυμα για την έναρξη της διαδικασίας πιστοποίησης μέσω μηνυμάτων Εκτεταμένου Πρωτοκόλλου Πιστοποίησης (Extensible Authentication Protocol, EAP) και EAP-over-WLAN (EAP-OW). Το AP επικοινωνεί με

μια πύλη κυτταρικής πρόσβασης (Cellular Access Gateway, CAG) μέσω μηνυμάτων απομακρυσμένης πιστοποίησης για την παροχή υπηρεσίας στον χρήστη (Remote Authentication Dial In User Services, RADIUS), στέλνοντας προς την CAG τον μοναδικό αριθμό αναγνώρισης χρήστη IMSI. Με βάση αυτόν τον αριθμό, η CAG μπορεί να επικοινωνήσει με τη μητρική βάση καταχώρησης HLR, όπου είναι καταχωρημένα τα στοιχεία εγγραφής του συγκεκριμένου τερματικού, και αποκτά μια συγκεκριμένη τιμή για την πιστοποίηση. Αυτή η τιμή αποστέλλεται πίσω στο τερματικό, όπου στην κάρτα SIM υπολογίζεται βάσει κάποιου αλγορίθμου μια νέα τιμή πιστοποίησης. Η νέα τιμή στέλνεται πίσω προς την CAG, η οποία ελέγχει αν αυτές οι τιμές πιστοποίησης είναι ίδιες, για να δώσει έτσι την έγκριση στο τερματικό να κάνει χρήση του WLAN. Από τα παραπάνω είναι προφανές ότι, για να γίνει η πιστοποίηση και η εξουσιοδότηση στο WLAN, πρέπει να γίνει χρήση της HLR του δικτύου GPRS. Όπως βλέπουμε στο Σχήμα , το οποίο απεικονίζει την αρχιτεκτονική των πρωτοκόλλων για την προαναφερθείσα πιστοποίηση , ο κινητός σταθμός εν τέλει πιστοποιείται από την HLR χρησιμοποιώντας είτε GSM AKA ή GPRS AKA διαδικασίες.



Σχήμα 3.9 : Πλάνο ελέγχου WLAN χαλαρής ζεύξης για πιστοποίηση

### 3.10.2 Κρυπτογράφηση

Μια συνήθως θεωρημένη αδυναμία των προτύπων 802.11 WLAN είναι στην τεχνολογία κρυπτογράφησης της.

Η συνδεμένη με καλώδιο ισοδύναμη μυστικότητα (WEP) έχει αποδειχθεί για να είναι ένα σχετικά ανεπαρκές σχέδιο κρυπτογράφησης, εάν χρησιμοποιείται όπως είναι ως η μόνη μορφή κρυπτογράφησης. Με τη χρήση EAP, WEP μπορεί να ενισχυθεί. Χαρακτηριστικά, ένα κρυπτογραφημένο WEP κανάλι μπορεί να συμβιβαστεί σε ένα θέμα ωρών λόγω του αδύνατου αλγορίθμου κρυπτογράφησης του και τη συνήθη πρακτική ενός καθολικού κλειδιού, κοινή σε όλους τους χρήστες του δικτύου WLAN. Με την εφαρμογή 802.1X, η διανομή των κλειδιών δεν είναι πλέον απαραίτητη, δεδομένου ότι ένα νέο κλειδί παράγεται σε μια βάση ανά-συνόδου ανά-χρηστών. Ακόμα

κι αν η διάρκεια συνόδου υπερβαίνει το χρονικό διάστημα για έναν breach να εμφανιστεί, ο επιτιθέμενος μπορεί μόνο να χρησιμοποιήσει το κλειδί για να αποκρυπτογραφήσει τα στοιχεία της συνόδου, στην οποία το κλειδί ανήκει, και μόνο κατά την υπόλοιπη διάρκεια εκείνης της συνόδου, ενώ όλες οι άλλες σύνοδοι παραμένουν ασφαλείς. Για να ενισχύσει περαιτέρω την ασφάλεια, το σύστημα WLAN μπορεί να υποστηρίξει τα πιο προηγμένα σχέδια κρυπτογράφησης .

### **3.10.3 Χρέωση**

Όσον αφορά τη χρέωση, στην αρχιτεκτονική χαλαρής σύζευξης αυτή πραγματοποιείται μέσω μιας συνάρτησης μεσολαβητή χρέωσης. Το AP σε ένα δίκτυο WLAN κάνει αναφορές προς την CAG για τα λογιστικά στοιχεία χρέωσης, μέσω τυποποιημένων διαδικασιών AAA (π.χ. RADIUS accounting). Τα στοιχεία αυτά, κατόπιν, προωθούνται προς τον μεσολαβητή χρέωσης. Με την ίδια διαδικασία, το GPRS στέλνει μέσω του δικτύου πυρήνα (κόμβοι SGSN, GGSN) τα δικά του στοιχεία χρέωσης. Ο ρόλος του μεσολαβητή χρέωσης είναι να συλλέξει τα στοιχεία εισαγωγής από τα διάφορα δίκτυα και να τα μετατρέψει σε μια ενιαία μορφή, προσαρμοσμένη σε αυτή που χρησιμοποιεί το σύστημα χρέωσης του παροχέα (π.χ. ένα κοινό σύστημα χρέωσης δικτύου GPRS ή ενός κοινού δικτύου IP, που χρησιμοποιεί ένας παροχέας IP).

### **3.10.4 Κινητικότητα συνόδου**

Η κινητικότητα συνόδου πραγματοποιείται μέσω του Mobile IP. Οι βασικές αρχές λειτουργίας του Mobile IP έχουν ήδη περιγραφεί παραπάνω (κεφάλαιο 1). Το πρόβλημα, όμως, που ανακύπτει από την εφαρμογή του Mobile IP για τη διαλειτουργικότητα του WLAN με ένα οποιοδήποτε ιδιωτικό δίκτυο, είναι ο τρόπος αναγνώρισης μιας ιδιωτικής διεύθυνσης IP (όπως αυτές που χρησιμοποιεί το GPRS) μέσα στο διαδίκτυο. Προς την κατεύθυνση αυτή έχουν γίνει πολλές μελέτες, οι οποίες έχουν οδηγήσει στη διατύπωση μιας τυποποίησης από τον IETF σχετικά με τη λειτουργία της τροποποιημένης μετάφρασης των διευθύνσεων δικτύου (Network Access Translator NAT traversal), το οποίο περιγράφεται παρακάτω.

### **3.10.5 Network Address Translator (NAT) traversal**

Σε κάθε δίκτυο, που πρέπει να συνδεθεί με το διαδίκτυο, διατίθεται από τον Internet Assigned Numbers Authority (IANA) ένας αριθμός από διευθύνσεις IP, τις οποίες μπορεί να αποδώσει στους χρήστες του για την παροχή υπηρεσιών IP. Η τεχνολογία NAT προσφέρει αυξημένες δυνατότητες απόδοσης διευθύνσεων IP σε έναν παροχέα δικτύου, γιατί χρησιμοποιεί μηχανισμούς αντιστοίχισης

μιας κοινής διεύθυνσης IP σε πολλές ιδιωτικές, εικονικές διευθύνσεις IP. Έτσι, κάθε παροχέας, ανεξάρτητα από τη δικτυακή υποδομή που υποστηρίζει (WLAN, GPRS, κλπ.) μπορεί να χρησιμοποιήσει τις επίσημα δεσμευμένες ιδιωτικές διευθύνσεις της IANA 10.0.0.0/8, 172.16.0.0/12 και 192.168.0.0/16. Με αυτόν τον τρόπο, κάθε φορά που κάποιος χρήστης δικτύου θέλει να πραγματοποιήσει μια κλήση προς το διαδίκτυο, ο αντίστοιχος κόμβος δικτύου που πραγματοποιεί τη λειτουργία NAT αναλαμβάνει να μεταφράσει την ιδιωτική διεύθυνση IP, που έχει αποδοθεί στον χρήστη, σε μια κοινή διεύθυνση IP, από αυτές που διαθέτει. Έτσι, ο παροχέας διαδικτύου αναγνωρίζει σαν πηγή της κλήσης την πύλη του συγκεκριμένου ιδιωτικού δικτύου με το διαδίκτυο, και χρησιμοποιεί αυτήν την κοινή διεύθυνση IP για να απαντήσει. Όταν η πύλη του δικτύου λάβει την απάντηση από το διαδίκτυο, μεταφράζει την κοινή διεύθυνση IP στην αντίστοιχη ιδιωτική διεύθυνση, με βάση τα στοιχεία δεσμεύσεων που έχει καταχωρήσει. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι, ο πίνακας δεσμεύσεων που χρησιμοποιεί η τεχνολογία NAT έχει συγκεκριμένη διάρκεια ζωής, που αρχίζει με την αποστολή ενός πακέτου προς το διαδίκτυο και τελειώνει όταν αναγνωρίζεται μια μεγάλη χρονική παύση των δραστηριοτήτων της συγκεκριμένης συνόδου, στην οποία ανήκει το αρχικό πακέτο. Άρα, ένας χρήστης που ανήκει σε ένα δίκτυο, το οποίο χρησιμοποιεί το NAT για την επικοινωνία με το διαδίκτυο, δεν είναι ορατός από τα εξωτερικά δίκτυα, μέχρις ότου αρχίσει μια επικοινωνία με κάποιον εξωτερικό χρήστη. Σε σχέση με τα χρησιμοποιούμενα πρωτόκολλα έχει παρατηρηθεί ότι, όσον αφορά τις δεσμεύσεις, το NAT συμπεριφέρεται καλά με τα TCP, UDP και ICMP, αλλά παρουσιάζει πρόβλημα κατά την ενθυλάκωση πακέτων IP σε IP και τη μεταφορά τους μέσα από tunnel, όπως γίνεται στο Mobile IP. Αυτό συμβαίνει διότι μπορεί να ανατεθεί η ίδια διεύθυνση care-of, η οποία είναι ιδιωτική διεύθυνση, σε δύο χρήστες που ανήκουν σε διαφορετικά ιδιωτικά δίκτυα. Η λύση στο πρόβλημα αυτό προτείνει την ενθυλάκωση των πακέτων IP σε UDP. Έτσι, ο κινητός κόμβος εντοπίζεται πάλι από τη διεύθυνση IP της πηγής και την αντίστοιχη πόρτα επικοινωνίας, με μια όμως προσθήκη στα μηνύματα εγγραφής, που ενημερώνει για την ικανότητα να περάσει η πληροφορία UDP μέσα από το tunnel. Βέβαια, αν μια αίτηση εγγραφής προς τον μητρικό πράκτορα περιέχει μια προέκταση για χρήση tunnel μέσω UDP, θα πρέπει κάτι τέτοιο να εμπεριέχεται και στην απάντηση. Το πρόβλημα με το NAT traversal είναι ότι η διάρκεια ζωής της δέσμευσης είναι περιορισμένη και για το λόγο αυτό θα πρέπει ο κόμβος να στέλνει περιοδικά αιτήσεις εγγραφής, ώστε να κρατά τη δέσμευση ενεργή.

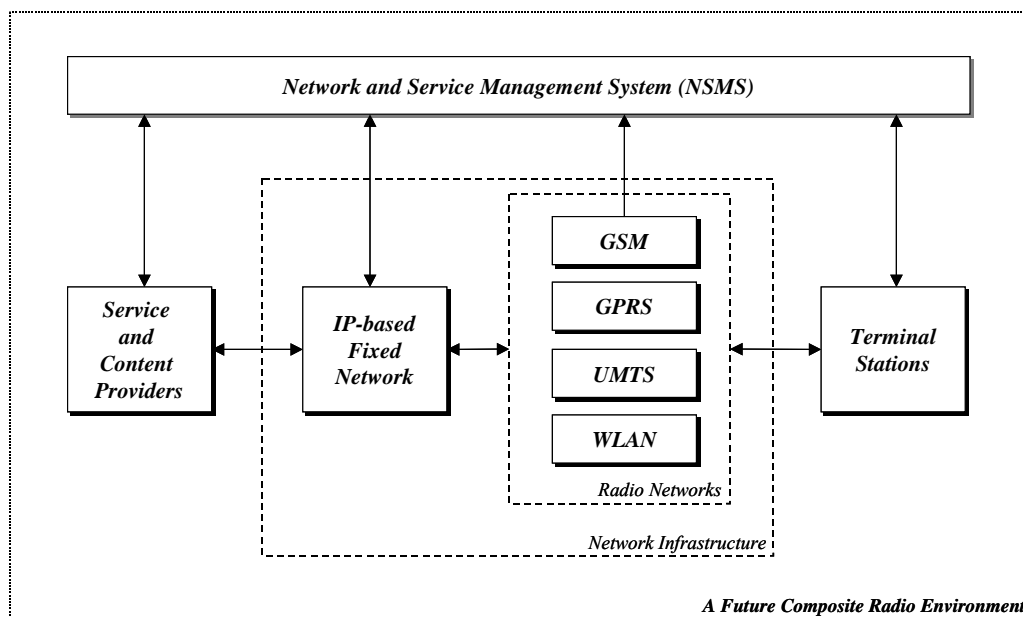
## 3.11 Ένα παράδειγμα αρχιτεκτονικής χαλαρής σύζευξης

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται ένα παράδειγμα χαλαρής σύζευξης μεταξύ ετερογενών ασύρματων συστημάτων. Η παρουσίαση εντοπίζεται στα δίκτυα GSM, GPRS και WLAN, αλλά θα μπορούσε να επεκταθεί για οποιοδήποτε άλλο (ασύρματο) δίκτυο.

### 3.11.1 Εισαγωγή

Σε ένα σύνθετο ασύρματο περιβάλλον συνεργαζόμενων ετερογενών συστημάτων, για την παράδοση υπηρεσίας με βελτιστοποιημένο τρόπο είναι απαραίτητα τα ακόλουθα (Σχήμα 3.3.6):

- Η υποστήριξη της τεχνολογίας Mobile IP, για την εξασφάλιση της κινητικότητας των χρηστών μεταξύ των ασύρματων δικτύων (για παράδειγμα GSM, GPRS, και WLAN), που συμμετέχουν στη σύνθετη υποδομή.
- Τερματικοί σταθμοί πολλαπλής λειτουργίας (που να έχουν δηλαδή τη δυνατότητα να λειτουργήσουν στα παραπάνω δίκτυα), οι οποίοι περιλαμβάνουν λειτουργικότητα διαχείρισης και σχετικές στοίβες πρωτοκόλλων (σε ασύρματο επίπεδο, επίπεδα δικτύου και υπηρεσίας) για τη λειτουργία τους σε σύνθετα ασύρματα περιβάλλοντα, αλλά και για την εκμετάλλευση των δυνατοτήτων που προσφέρουν τέτοιου είδους περιβάλλοντα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω ενός Συστήματος Διαχείρισης Τερματικών Σταθμών (Terminal Stations Management System, TSMS).
- Ένα εξελιγμένο Σύστημα Διαχείρισης Δικτύων και Υπηρεσιών (Network and Service Management System, NSMS), το οποίο επιτρέπει στους διάφορους χειριστές (δικτύων) να βελτιστοποιήσουν την παροχή υπηρεσίας μέσω των ετερογενών ασύρματων συστημάτων (τους).



### **Σχήμα 3.10: Συνιστώσες σε ένα μελλοντικό σύνθετο ασύρματο περιβάλλον**

Το κατάλληλο TSMS επιτρέπει στα τερματικά να έχουν, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, τη δυνατότητα να λειτουργούν σε ένα σύνθετο ασύρματο περιβάλλον, να υποστηρίζουν υπηρεσίες φωνής, αλλά και διαδικτύου, και τέλος να μπορούν να πραγματοποιούν μεταγωγές μεταξύ των διάφορων τεχνολογιών, διατηρώντας τη σύνδεση σε επίπεδο IP. Το TSMS μπορεί επίσης να παρέχει στα τερματικά την απαραίτητη λειτουργικότητα, ώστε να μπορούν να πραγματοποιούν ή να λαμβάνουν μέρος σε αποφάσεις, σχετικά με το ποιες είναι οι πιο κατάλληλες ασύρματες τεχνολογίες μέσω των οποίων μπορούν να ληφθούν αποδοτικά, από πλευράς κόστους και παρεχόμενης ποιότητας, οι υπηρεσίες. Το TSMS φροντίζει για την ικανοποίηση των απαιτήσεων των εφαρμογών και του χρήστη, ενώ παράλληλα αφαιρεί από τον τελευταίο την πολυπλοκότητα που πηγάζει από την ανομοιογένεια των απαιτήσεων αυτών, καθώς και από το σύνθετο ασύρματο περιβάλλον.

Το NSMS θα πρέπει να είναι ικανό για τα ακόλουθα:

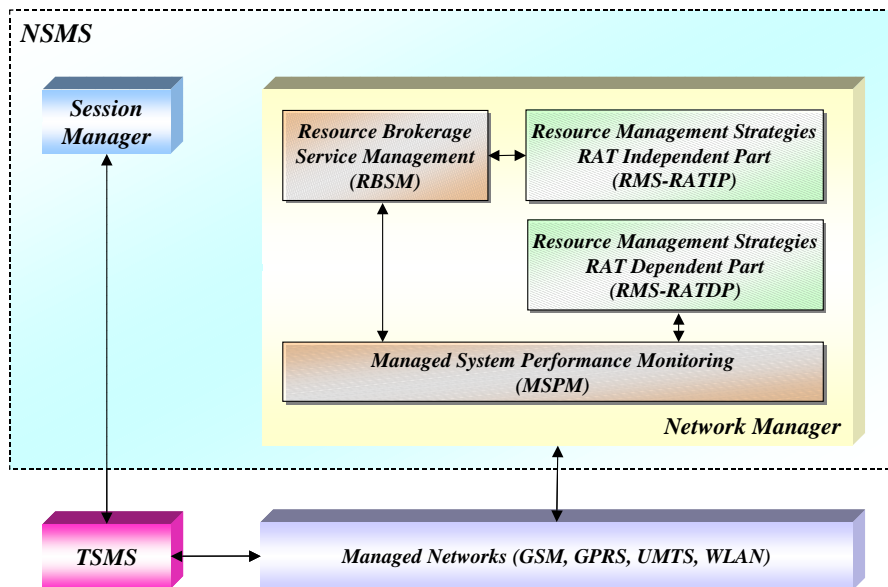
- ⇒ Να αναγνωρίζει τις νέες συνθήκες στην περιοχή εξυπηρέτησης (για παράδειγμα, νέα σχήματα ζήτησης), με την αποδοτική παρακολούθηση του εκάστοτε ασύρματου συστήματος (το οποίο αποτελεί συνιστώσα σε μια υποδομή σύνθετου ασύρματου περιβάλλοντος).
- ⇒ Να χειρίζεται αιτήσεις σχετικά με τη διαχείριση υπηρεσιών. Δηλαδή, να προσδιορίζει τα κατάλληλα επίπεδα ποιότητας υπηρεσίας και δίκτυα (της υποδομής του σύνθετου ασύρματου περιβάλλοντος) για την παροχή (νέων ή μη) υπηρεσιών, σε ένα σύνολο υπο-περιοχών εξυπηρέτησης και χρονικών ζωνών.
- ⇒ Να καθορίζει τις απαραίτητες αναδιατάξεις, οι οποίες θα επιτρέπουν στο σύστημα να χειρίζεται τις νέες συνθήκες στην περιοχή εξυπηρέτησης ή τις αιτήσεις διαχείρισης υπηρεσιών, μέσα στα πλαίσια της ευρύτερης υποδομής του σύνθετου ασύρματου περιβάλλοντος.
- ⇒ Να συνεργάζεται με το TSMS. Το NSMS ανακατανέμει συγκεκριμένα τμήματα του φορτίου κίνησης σε εναλλακτικά ασύρματα συστήματα πρόσβασης, έτσι ώστε να βελτιώσει την παρεχόμενη ποιότητα υπηρεσίας, την πρόσβαση και τη διαθεσιμότητα. Αυτό πραγματοποιείται σε συνεργασία με το TSMS, το οποίο υποστηρίζει, καθοδηγεί, και αποδέχεται ή απορρίπτει το αποτέλεσμα της επεξεργασίας του NSMS.

Στη συνέχεια δίδονται περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με την αρχιτεκτονική και τις γενικές αρχές λειτουργίας του προαναφερθέντος συστήματος διαχείρισης δικτύων και υπηρεσιών, NSMS, καθώς και της λειτουργικότητας διαχείρισης που πρέπει να περιλαμβάνουν τα τερματικά (σύστημα διαχείρισης τερματικών σταθμών, TSMS).



### 3.11.2 Σύστημα Διαχείρισης Δικτύων και Υπηρεσιών

Ο κύριος στόχος του NSMS είναι η βελτιστοποίηση της παροχής υπηρεσιών και της κατανομής της κίνησης σε σύνθετα ασύρματα περιβάλλοντα. Το Σχήμα 3.11 παρουσιάζει τη γενική αρχιτεκτονική του NSMS. Στο σχήμα αυτό απεικονίζονται οι βασικές συνιστώσες μιας οντότητας NSMS, καθώς και οι μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις. Κάθε ασύρματο δίκτυο που λειτουργεί σε ένα σύνθετο ασύρματο περιβάλλον, θα πρέπει να λειτουργεί υπό τη διαχείριση ενός NSMS (τοπική οντότητα NSMS).



Σχήμα 3.11 : Βασικές συνιστώσες του NSMS και αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους

Στο Σχήμα 3.7 παρατηρείται ότι η τοπική οντότητα NSMS αποτελείται από δύο κύριες συνιστώσες, τον Session Manager (Διαχειριστής Συνόδων) και τον Network Manager (Διαχειριστής Δικτύων):

- Ο Session Manager υλοποιεί τη διεπαφή του NSMS με το τερματικό. Επίσης, παρέχει υποδείξεις στο τερματικό σχετικά με το καλύτερο δίκτυο και επίπεδο παρεχόμενης ποιότητας υπηρεσίας. Οι υποδείξεις αυτές βασίζονται σε διαδικασίες αναζήτησης και/ή σε «ελαφρά» προβλήματα βελτιστοποίησης.
- Γενικά, ο Network Manager είναι υπεύθυνος για την παρακολούθηση της διαχειριζόμενης δικτυακής υποδομής. Επίσης, εκτιμά τις σχετικές επιδόσεις σε επίπεδο δικτύου και υπηρεσίας, και βρίσκει και θέτει δυναμικά την απαραίτητη κατανομή της κίνησης, μέσω της οποίας οι αιτήσεις διαχείρισης υπηρεσιών, και/ή οι (νέες) συνθήκες στην περιοχή εξυπηρέτησης, διαχειρίζονται με τον πιο αποδοτικό τρόπο από πλευράς κόστους. Όπως φαίνεται στο σχήμα, ο Network Manager αποτελείται από τις ακόλουθες οντότητες: Resource Brokerage Service Management (RBSM), Management System Performance Monitoring (MSPM), Resource Management System Radio

Technology Independent Part (RMS-RATIP), και Resource Management System Radio Technology Dependent Part (RMS-RATDP).

Στη συνέχεια πραγματοποιείται μια εισαγωγή στη λειτουργικότητα του NSMS.

### 3.11.3 Λειτουργία του NSMS

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζεται ένας ενδεικτικός τρόπος λειτουργίας του NSMS (Σχήμα), δηλαδή ένα σενάριο ως παράδειγμα των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των διάφορων συνιστωσών του. Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι, η έναρξη του σεναρίου πραγματοποιείται από το δίκτυο GPRS ενδεικτικά. Το σενάριο θα ήταν παρόμοιο εάν ξεκινούσε από το δίκτυο WLAN, το GSM ή το UMTS. Οι Network Manager θεωρείται ότι διαχειρίζονται τόσο τα ασύρματα όσο και τα ενσύρματα τμήματα του δικτύου. Στο σενάριο αναγνωρίζονται τα ακόλουθα βήματα:

⇒ Το MSPM του GPRS αναγνωρίζει νέες συνθήκες στο περιβάλλον (για παράδειγμα, υποβάθμιση της παρεχόμενης ποιότητας υπηρεσίας ή αυξημένο φορτίο κίνησης), που μπορεί να απαιτούν (ανα)κατανομή του φορτίου κίνησης στα ασύρματα συστήματα (βήμα 1). Το MSPM καλεί τη λειτουργικότητα του RBSM (Alarm Request).

⇒ Το RBSM προωθεί την αίτηση αυτή στον Session Manager, έτσι ώστε να λάβει την τρέχουσα κατάσταση των χρηστών (ανά υπηρεσία και κλάση χρηστών) στην επηρεαζόμενη περιοχή εξυπηρέτησης.

⇒ Ο Session Manager συλλέγει πληροφορίες (βήμα 2) και καλεί τη λειτουργικότητα του GPRS Network Manager (Distribution Request).

⇒ Λαμβάνει χώρα η απόκτηση της κατάστασης του δικτύου GPRS (βήμα 3), δηλαδή λαμβάνεται η κατάσταση του δικτύου (για παράδειγμα, κίνηση που φέρουν οι κυψέλες) στην επηρεαζόμενη περιοχή εξυπηρέτησης. Σημειώνεται ότι η πληροφορία αυτή μπορεί να είναι ήδη διαθέσιμη από τη λειτουργία της παρακολούθησης του δικτύου.

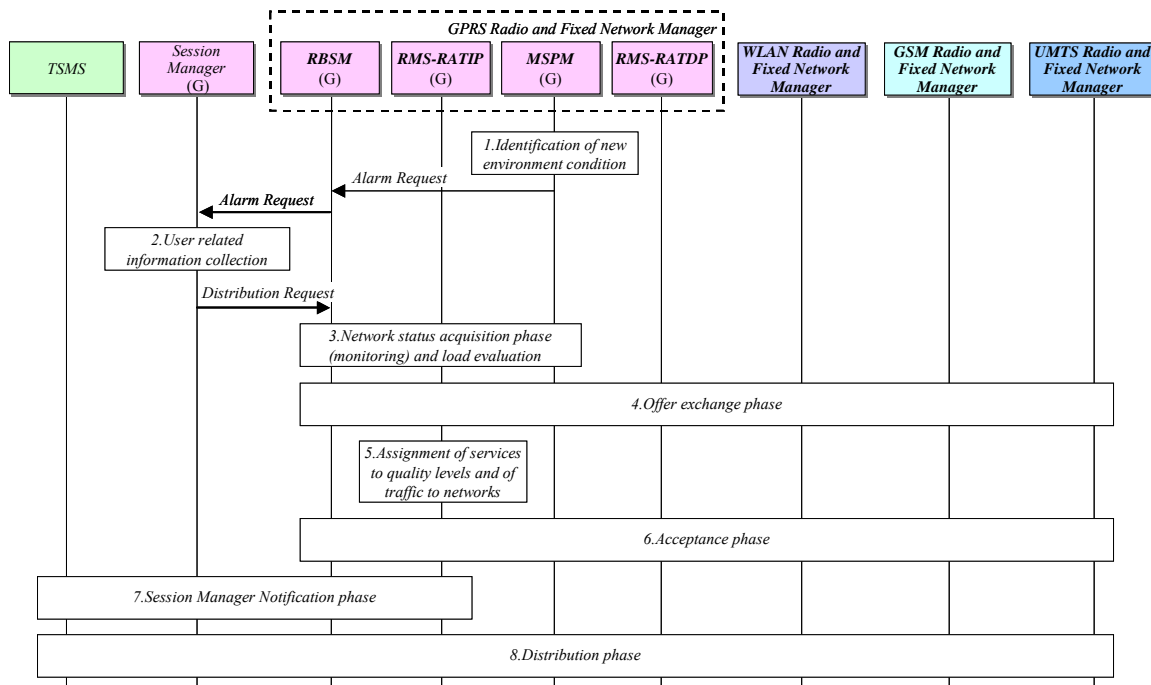
⇒ Λαμβάνει χώρα η φάση ανταλλαγής προσφορών (βήμα 4). Ο Network Manager του GPRS αιτεί για προσφορές από τα συνεργαζόμενα δίκτυα (WLAN, GSM και GPRS) για το χειρισμό των νέων συνθηκών. Οι προσφορές αυτές θα πρέπει να περιλαμβάνουν πληροφορία σχετική με κόστος και δυναμικότητα.

⇒ Βασιζόμενη στην κατάσταση δικτύου του GPRS και τις προσφορές από τα δίκτυα WLAN, GSM και GPRS, η συνιστώσα RMS-RATIP του GPRS αποφασίζει την ανάθεση των υπηρεσιών σε επίπεδα ποιότητας και της κίνησης σε δίκτυα (βήμα 5).

⇒ Λαμβάνει χώρα η φάση της αποδοχής (βήμα 6). Κατά τη διάρκεια της φάσης αυτής, οι Network Manager των τεσσάρων συνεργαζόμενων δικτύων αποδέχονται τη λύση που προτάθηκε από το RMS-RATIP του GPRS, στο Βήμα 5.

⇒ Ο Session Manager και το TSMS ειδοποιούνται σχετικά με την απόφαση του Network Manager του GPRS (βήμα 7).

⇒ Λαμβάνει χώρα η φάση της (ανα-)κατανομής (βήμα 8).



**Σχήμα 3.12 : Ενδεικτικός τρόπος λειτουργίας του NSMS**

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται με περισσότερη λεπτομέρεια οι οντότητες Session και Network Manager.

### 3.11.4 Session Manager

Σε αυτή την παράγραφο δίνονται κάποια στοιχεία σχετικά με τη διεπαφή του Session Manager με το TSMS, καθώς και τη λειτουργικότητα του Session Manager γενικότερα.

Ο Session Manager είναι η μονάδα που ευθύνεται για όλες τις λειτουργίες που αφορούν την επικοινωνία του NSMS με το TSMS. Παραδίδει μηνύματα από τις οντότητες του TSMS στις μονάδες του NSMS, για περαιτέρω επεξεργασία, και μορφοποιεί κατάλληλα τα μηνύματα που προέρχονται και από τα δύο μέρη, σύμφωνα με το πρωτόκολλο επικοινωνίας που υπάρχει μεταξύ τους. Επίσης, πραγματοποιεί τον έλεγχο πιστοποίησης, επιτρέποντας με αυτό τον τρόπο στο TSMS (και συνεπώς στο τερματικό) να χρησιμοποιήσει τις παρεχόμενες υπηρεσίες.

Ο Session Manager διατηρεί πληροφορίες σχετικά με τα ενεργά TSMS (ανά υπηρεσία και κλάση χρήστη), που εξυπηρετούνται από το δίκτυό του, καθώς επίσης και το επίπεδο ποιότητας που έχει ανατεθεί στους χρήστες αυτούς. Όπως ήδη αναφέρθηκε στο παραπάνω σενάριο, αυτή η πληροφορία είναι απαραίτητη για την έναρξη της αίτησης (ανα-)κατανομής (re-distribution request). Ο Session Manager μπορεί επίσης να προκαλέσει αυτή την αίτηση σε παρόμοιες περιπτώσεις, χωρίς να περιμένει την έκτακτη ειδοποίηση (Alarm Request) του MSPM.

Ο Session Manager παρέχει κάποιες υποδείξεις στο τερματικό (TSMS) σχετικά με το καλύτερο δίκτυο και ποιότητα υπηρεσίας για την εξυπηρέτησή του, λαμβάνοντας υπόψη του διάφορα στοιχεία, όπως το κόστος, η χρησιμότητα, που προέρχεται από την ανάθεση της ζήτησης του χρήστη σε υψηλά επίπεδα ποιότητας, και άλλα. Πρόκειται για ένα βραχυπρόθεσμο πρόβλημα βελτιστοποίησης, που στοχεύει στην κατανομή των αιτούμενων εφαρμογών σε επίπεδα ποιότητας και δίκτυα εξυπηρέτησης. Με άλλα λόγια, ο Session Manager καθιστά δυνατή μια πολύπλευρη επιλογή της κατάλληλης ασύρματης τεχνολογίας, για ένα συγκεκριμένο χρήστη, μέσω της οποίας οι υπηρεσίες μπορούν να ληφθούν αποδοτικά από πλευράς κόστους και ποιότητας, σε σχεδόν πραγματικό χρόνο.

Η προαναφερθείσα κατανομή θα πρέπει να βελτιστοποιεί μια αντικειμενική συνάρτηση, η οποία σχετίζεται με τα επίπεδα ποιότητας με τα οποία παρέχεται κάθε εφαρμογή, και τη χρησιμότητα, όπως ορίστηκε παραπάνω. Οι περιορισμοί που θα πρέπει να ικανοποιούνται εντάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Κάθε εφαρμογή θα πρέπει να ανατίθεται σε ένα αποδεκτό επίπεδο ποιότητας.
- Θα πρέπει να γίνονται σεβαστές οι τεχνολογικές δυνατότητες του τερματικού του χρήστη και της περιοχής κάλυψης στην οποία βρίσκεται ο χρήστης.
- Θα πρέπει να υπάρχει ένα ανώτερο όριο στη συνολική τιμή που είναι διαθέσιμος ο χρήστης να πληρώσει κατά τη χρήση του συστήματος.
- Παρομοίως, μπορεί να υπάρχει ένα κατώτερο όριο της ικανοποίησης του χρήστη συνολικά.

### **3.11.5 Network Manager**

Ο Network Manager είναι η κύρια συνιστώσα του NSMS. Προσφέρει τα ακόλουθα:

⇒ Παρακολουθεί και αναλύει τη στατιστική απόδοση και τα επίπεδα ποιότητας υπηρεσίας που παρέχονται από τα στοιχεία (τομείς) του δικτύου της διαχειριζόμενης υποδομής, και τις σχετιζόμενες απαιτήσεις που προέρχονται από την περιοχή εξυπηρέτησης (συνθήκες περιβάλλοντος, π.χ. φορτίο κίνησης, επίπεδα κινητικότητας κλπ.).

⇒ Βοηθά στην τήρηση των Συμφωνιών Επιπέδου Ποιότητας (Service Level Agreements, SLAs), των απαιτήσεων σε ποιότητα υπηρεσίας, και των περιορισμών σε δυναμικότητα.

⇒ Έχει τις κατάλληλες διεπαφές για την επικοινωνία με τους τομείς των υφιστάμενων δικτύων και την ανάκτηση των παραμέτρων λειτουργίας τους.

⇒ Με τη χρήση στρατηγικών διαχείρισης των πόρων, βελτιστοποιεί την εκμετάλλευση της υφιστάμενης σύνθετης ασύρματης υποδομής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, όχι μόνο την αποδοτική από πλευράς κόστους χρήση των πόρων, αλλά επίσης οδηγεί σε μια καλύτερης ποιότητας παροχή υπηρεσίας.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται εν συντομία: οι οντότητες RBSM και RMS-RATIP, οι οποίες έχουν μια κοινή υλοποίηση για όλα τα συνεργαζόμενα δίκτυα, και οι οντότητες MSPM και RMS-RATDP, που εξαρτώνται από την υποκείμενη τεχνολογία δικτύου.

□ *RBSM*. Η βασική λειτουργία της οντότητας RBSM είναι ο συντονισμός όλων των άλλων οντοτήτων του NSMS, έτσι ώστε να αντιμετωπιστούν διάφορες συνθήκες, όπως για παράδειγμα η συμφόρηση. Το RBSM φροντίζει για τη μεταφορά της απαραίτητης πληροφορίας μεταξύ των διαφόρων οντοτήτων (εντός του ίδιου NSMS). Επίσης υποστηρίζει την ανταλλαγή και διαπραγμάτευση προσφορών μεταξύ των παροχέων δικτύου της σύνθετης ασύρματης υποδομής (δηλαδή μεταξύ διαφορετικών NSMS).

□ *RMS-RATIP*. Ο τρόπος λειτουργίας της οντότητας RMS-RATIP είναι παρόμοια με τη λειτουργικότητα του Session Manager. Η διαφορά μεταξύ των αλγορίθμων της κάθε οντότητας είναι ότι το RMS-RATIP παρέχει μια απόφαση σχετικά με την αναδιανομή των χρηστών στην περιοχή εξυπηρέτησης, λόγω συμφόρησης, και όχι μια απλή υπόδειξη σε ένα μόνο TSMS, σχετικά με την επιλογή του καταλληλότερου δικτύου και επιπέδου παρεχόμενης ποιότητας ανά υπηρεσία.

□ *MSPM*. Ο σκοπός της οντότητας MSPM είναι να παρέχει επίγνωση της κατάστασης των δικτύων (από πλευράς παρεχόμενου φορτίου και επίδοσης), καθώς επίσης και να πραγματοποιεί τη βελτιστοποιημένη διαμόρφωση των διαχειριζόμενων τομέων του δικτύου, σύμφωνα με τις αποφάσεις της οντότητας RMS-RATDP. Η συλλογή πληροφορίας βασίζεται σε αλληλεπιδράσεις με τα συστήματα διαχείρισης των δικτύων, οι οποίες είτε βασίζονται σε ερωτήσεις είτε καθοδηγούνται από συμβάντα. Επεξεργάζεται τις πρωτογενείς παραμέτρους του εκάστοτε δικτύου, τις συγκρίνει με τα αντίστοιχα όρια (κατώφλια) που έχουν τεθεί, και εάν κάποια από αυτά έχουν παραβιαστεί, για ένα συνεχόμενο αριθμό ενημερώσεων, είναι υπεύθυνο να προκαλέσει μια αίτηση αναδιανομής προς το RBSM, έτσι ώστε να αντιμετωπιστούν οι κακές συνθήκες του δικτύου. Με αυτό τον τρόπο ξεκινά το σενάριο που απεικονίστηκε στο Σχήμα.

□ *RMS-RATDP*. Αυτό το τμήμα της οντότητας RMS βοηθά την εκμετάλλευση των αρχών που προσφέρονται από τις τεχνολογίες για την επίτευξη των ζητούμενων τιμών χωρητικότητας. Το RMS-RATDP αποτελείται από συνιστώσες που μπορούν να εκμεταλλευτούν τις ικανότητες των τεχνολογιών

της σύνθετης ασύρματης υποδομής. Ο γενικός σκοπός αυτής της οντότητας είναι να διαμορφώσει τους διαχειριζόμενους τομείς του δικτύου έτσι, ώστε να υποστηρίξουν τη ζήτηση που τους έχει ανατεθεί από το RMS-RATIP. Το αποτέλεσμα των αλγορίθμων του RMS-RATDP είναι νέες τιμές για κάποιες διαμορφώσιμες παραμέτρους δικτύου. Αυτές οι νέες τιμές εφαρμόζονται στις οντότητες του δικτύου μέσω του MSPM, όπως ήδη αναφέρθηκε παραπάνω. Προφανώς, τα αποτελέσματα του RMS-RATDP εξαρτώνται από τις τρέχουσες συνθήκες του δικτύου και η επιβολή τους είναι πραγματικού χρόνου και προσωρινή.

### 3.11.6 Σύστημα Διαχείρισης Τερματικών Σταθμών

Για να μπορέσουν τα τερματικά να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις του σύνθετου ασύρματου περιβάλλοντος, όπως αυτές παρουσιάστηκαν παραπάνω, θα πρέπει να αναπτυχθούν οι κατάλληλες αρχιτεκτονικές υλικού και λογισμικού (Σχήμα), περιλαμβάνοντας τα παρακάτω:

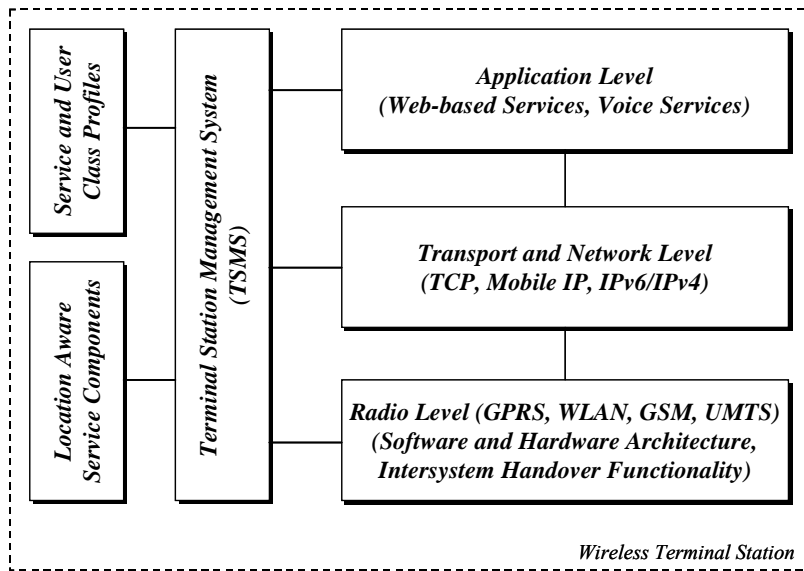
⇒ Υλικό και αρχιτεκτονική πρωτοκόλλων που επιτρέπουν τη χρήση διαφορετικών συστημάτων ασύρματης πρόσβασης (π.χ. GSM, GPRS, WLAN), καθώς και πρόσβαση σε υπηρεσίες διαδικτύου και φωνής μέσω του σύνθετου ασύρματου περιβάλλοντος. Επίσης, μπορεί να απαιτείται προσαρμογή και ολοκλήρωση νέων πρωτοκόλλων για την πραγματοποίηση μορφών επικοινωνίας πολλαπλών ροών (για παράδειγμα, για τη μεταβίβαση διάφορων ροών μιας εφαρμογής μέσα από διαφορετικά ασύρματα συστήματα).

⇒ Τα τερματικά θα πρέπει να περιλαμβάνουν την απαραίτητη λειτουργικότητα για την κατάλληλη επιλογή του δικτύου (χρησιμοποιώντας ένα συνδυασμό κριτηρίων, καλύτερης ποιότητας και χαμηλότερου κόστους). Ένα TSMS, ικανό για συνεργασία με το NSMS, αποτελεί τον μεσάζοντα για την ικανοποίηση τόσο των απαιτήσεων του χρήστη, όσο και των υπηρεσιών, αφαιρώντας από τον χρήστη την πολυπλοκότητα που προκύπτει τόσο από την ανομοιότητα αυτών των απαιτήσεων, όσο και από το σύνθετο ασύρματο περιβάλλον. Έτσι, το TSMS βοηθά, ώστε η διαδικασία επιλογής του δικτύου να είναι είτε άορατη στο χρήστη είτε να περιλαμβάνει απλές, φιλικές προς το χρήστη ερωτήσεις (για παράδειγμα, σε περίπτωση που είναι πιθανές διάφορες «παρόμοιες» επιλογές).

⇒ Λειτουργικότητα για τη διενέργεια μεταγωγών μεταξύ συστημάτων, με τρόπο που δε θα επηρεάζει το επίπεδο εφαρμογής. Το τμήμα αυτό της λειτουργίας του τερματικού θα καθοδηγείται από το TSMS.

⇒ Λειτουργικότητα για επίγνωση της θέσης. Η γνώση της θέσης μπορεί να βοηθήσει τις μεταγωγές μεταξύ διαφορετικών συστημάτων. Οι μεταγωγές αυτές θα πρέπει να γίνονται με τρόπο που θα διατηρείται η σύνδεση σε επίπεδο IP (π.χ. με χρήση Mobile IP). Επίσης, η πληροφορία θέσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απόκτηση ακριβούς πληροφορίας σχετικά με τις δυνατότητες των εξυπηρετούντων δικτύων, στο τμήμα της περιοχής εξυπηρέτησης στο οποίο βρίσκεται το τερματικό.

⇒ Διεπαφές μεταξύ του TSMS και της αρχιτεκτονικής πρωτοκόλλων, καθώς και μεταξύ της λειτουργικότητας μεταγωγών (για διαφορετικά συστήματα) και των υπηρεσιών βάσει θέσης.



**Σχήμα 3.13 : Υψηλού επιπέδου αρχιτεκτονική τερματικού**

Η αρχιτεκτονική του TSMS περιλαμβάνει τέσσερα στοιχεία:

- τον *Επιλογέα Δικτύου (Network Selector)*, που είναι ο κορμός της αρχιτεκτονικής του TSMS. Λαμβάνει δεδομένα εισόδου από τις άλλες μονάδες, καθώς και από τις προδιαγραφές των εφαρμογών και αποφασίζει για το καταλληλότερο δίκτυο την κάθε στιγμή. Το αποτέλεσμα του αλγορίθμου επιλογής μεταφέρεται στον Handover Middleware, ο οποίος πραγματοποιεί τη μεταγωγή στο δίκτυο.
- τον *Μεσάζοντα Μεταγωγών (Handover Middleware)*, που είναι υπεύθυνος για τη ρύθμιση του τερματικού ανάλογα με το δίκτυο. Διαχειρίζεται τη διαμόρφωση της στοίβας TCP/IP και των δικτυακών διεπαφών. Ο Handover Middleware είναι επίσης υπεύθυνος για την εφαρμογή του Mobile IP. Για να πραγματοποιήσει τη ρύθμιση των παραμέτρων του στρώματος ζεύξης, θα πρέπει να υπάρχει μια μονάδα Handover Middleware ανά υποστηριζόμενη δικτυακή διεπαφή.
- τη *μονάδα Αλληλεπίδρασης με τον Session Manager (Session Manager Interaction module)*, που υλοποιεί το πρωτόκολλο επικοινωνίας μεταξύ TSMS και Session Manager. Όταν καταφθάνει ένα νέο μήνυμα από τον Session Manager, το αναλύει και το μεταβιβάζει στον Network Selector. Όταν ο Network Selector πρέπει να στείλει πληροφορία στον Session Manager, η μονάδα αυτή δημιουργεί το αντίστοιχο μήνυμα και το στέλνει στον Session Manager.
- τον *Παρατηρητή Ποιότητας (Quality Monitor)*, που ελέγχει διαρκώς την κατάσταση του τερματικού. Παρατηρεί την κατάσταση των εφαρμογών και των διεπαφών με τα δίκτυα, καθώς και τη συνολική απόδοση. Η πληροφορία αποστέλλεται στον Network Selector, ο οποίος τη μεταβιβάζει στον

Session Manager. Χρησιμοποιείται για να αποφασίσει σχετικά με την αλλαγή του δικτύου, όποτε αυτό είναι απαραίτητο.



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

## ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

## ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΘΕΤΗΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ ΣΤΟ ΕΤΕΡΟΓΕΝΕΣ ΑΣΥΡΜΑΤΟ ΔΙΚΤΥΟ

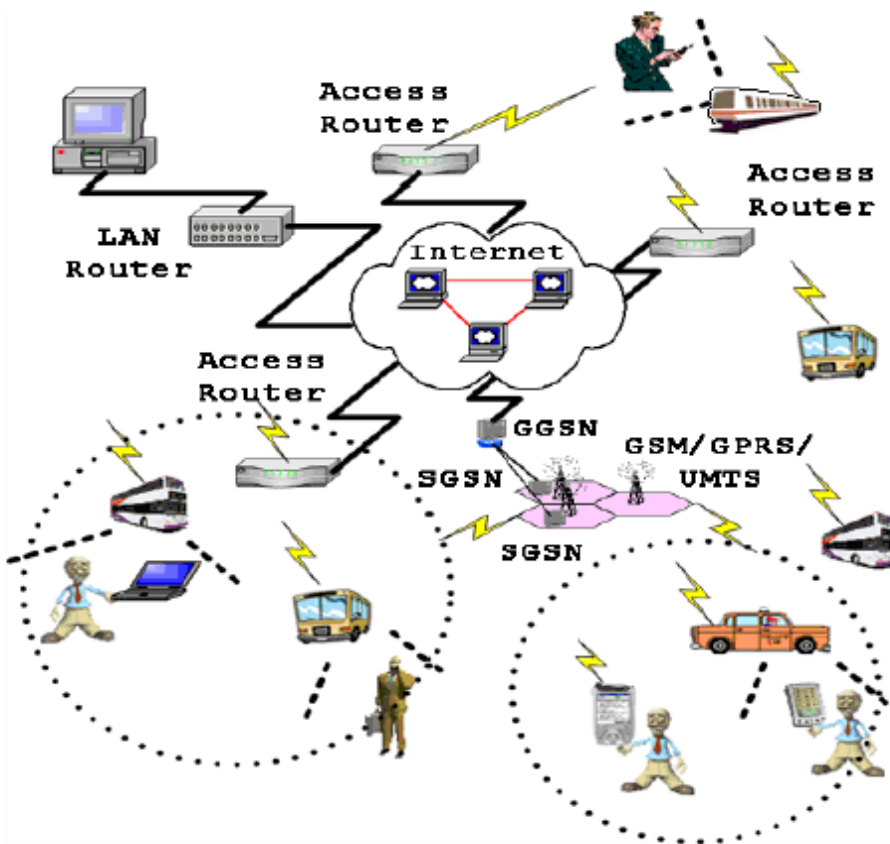
### 4.1 Περίληψη

Σήμερα πολλοί διαφορετικοί τύποι δικτύων επικοινωνούν μεταξύ τους με τα ετερογενή δίκτυα μορφής. Οι κάθετες παραδόσεις μεταξύ τους απαιτούνται για να παρέχουν τη συνεχή πρόσβαση Διαδικτύου στους κινητούς χρήστες που κινούνται από ένα σύστημα πρόσβασης προς άλλο. Οι διοικητικοί μηχανισμοί κινητικότητας απαιτούνται για να ελαχιστοποιήσουν το χρόνο μετάβασης μεταξύ των συστημάτων και να χειριστούν αποτελεσματικά τους λιγοστούς ραδιοπόρους για να εγγυηθούν τη συγκεκριμένη ποιότητα εξυπηρέτησης (QoS). Αυτό το έγγραφο αναθεωρεί τα πληροφοριακά έντυπα που συσχετίζονται με την ελαχιστοποίηση της κάθετης παράδοσης στα ετερογενή ασύρματα δίκτυα. Αυτή η αναθεώρηση ερεύνησε τις διάφορες διοικητικές λύσεις παράδοσης για την επίτευξη της ομαλής κινητικότητας στις διαφορετικές τεχνολογίες πρόσβασης όπως κυψελοειδής (GPRS), και WI-FI. Οι περισσότερες από αυτές τις λύσεις χρησιμοποίησαν το πρωτόκολλο μετάδοσης ελέγχου ρευμάτων (SCTP), το πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης (TCP), την κινητή IP (MIP) και το πρωτόκολλο έναρξης συνόδου (SIP) για να υποστηρίξουν την ολοκλήρωση μεταξύ του WLAN και του GPRS. Από την αναφορά αυτή καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το SCTP είναι πιά γερό ενάντια στην απώλεια και την καθυστέρηση πακέτων του TCP, του SIP και του MIP. Αυτό το γεγονός κάνει το SCTP ένα πιθανό σχέδιο για τα ετερογενή ασύρματα δίκτυα.

Λέξεις κλειδιά: Κάθετη παράδοση, 3G δίκτυο, διαχείριση κινητικότητας, και ενσωμάτωση WLAN/GPRS.

## 4.2 Εισαγωγή

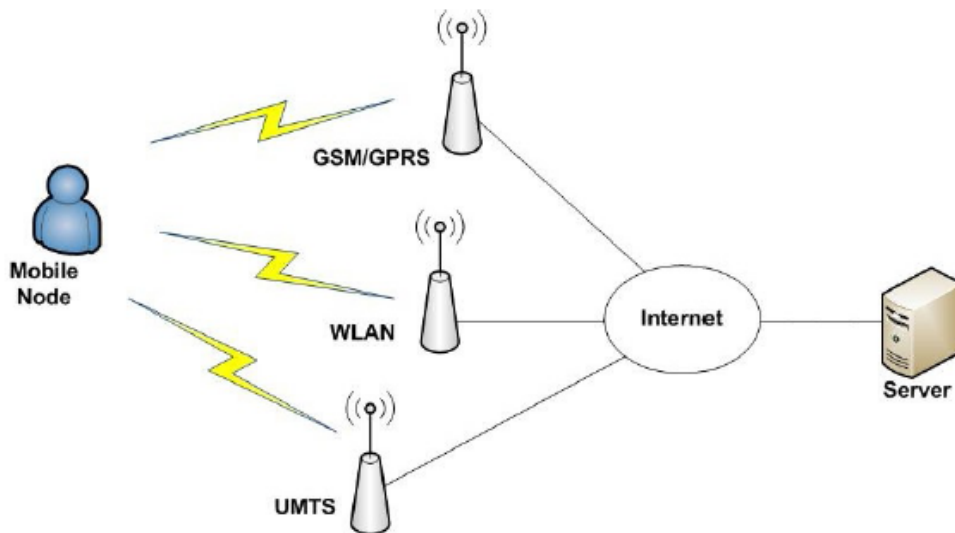
Τα ετερογενή ασύρματα δίκτυα (HWN) είναι ένας συνδεδεμένος υπολογιστής δικτύων και άλλες συσκευές με διαφορετικά λειτουργικά συστήματα και τα πρωτόκολλα. Το HWN αποτελείται από ένα σύνολο διαφορετικών ασύρματων δικτύων πρόσβασης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από έναν κινητό κόμβο για να έχουν πρόσβαση στο κινητό Διαδίκτυο. Ένα ετερογενές δίκτυο που αποτελείται από τα ραδιοφωνικά, δορυφορικά και καλωδιακά μέρη παρουσιάζεται στο σχήμα 4.1. Τα μέρη των δικτύων μπορούν να ρυθμιστούν από τους διαφορετικούς φορείς παροχής υπηρεσιών που μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα διαφορετικά μέσα μετάδοσης όπως το καλώδιο, το δορυφόρο, το ραδιόφωνο και μπορούν να εφαρμόσουν τα διαφορετικά πρωτόκολλα .



Σχήμα 4.1: Αρχιτεκτονική του ετερογενούς ασύρματου δικτύου.

Τα συμπληρωματικά χαρακτηριστικά των κυψελοειδών δικτύων τρίτης-γενιάς (3G) όπως τα ασύρματα δίκτυα τοπικής περιοχής (WLANs) και το καθολικό κινητό σύστημα τηλεπικοινωνιών (GPRS) καθιστούν πιθανό να ενσωματώσουν αυτές τις δύο τεχνολογίες. Ενώ το WLANs παρέχει πολύ υψηλότερα ποσοστά στοιχείων στους κινητούς κόμβους με τη χαμηλή κινητικότητα και τη χαμηλή επικοινωνία κοστίζουν πέρα από μια γεωγραφικά μικρή περιοχή, τα δίκτυα GPRS παρέχουν πάντα σε ευρεία περιοχή συνδετικότητα εκτενών ζωνών με τα σχετικά χαμηλά ποσοστά στοιχείων, και την υψηλή επικοινωνία κόστους στους κινητούς κόμβους με την υψηλή κινητικότητα .

Φυσικά, η ενσωμάτωση WLAN και το GPRS θα προσφέρουν υπηρεσία με χαμηλό κόστος επικοινωνίας σε εκείνους τους κινητούς κόμβους που χρειάζονται και την ασύρματη πρόσβαση υψηλής ταχύτητας και οποτεδήποτε και οπουδήποτε την κινητή συνδετικότητα. Κατά αυτόν τον τρόπο, το μελλοντικό κινητό δίκτυο θα είναι ένα ετερογενές ασύρματο περιβάλλον, το οποίο αποτελείται από τις διαφορετικές ασύρματες τεχνολογίες συμπεριλαμβανομένου του δικτύου WLAN και GPRS όπως φαίνεται στο σχήμα 4.2.

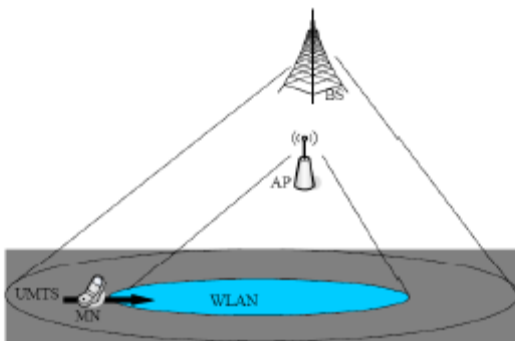


**Σχήμα 4.2: Διαφορετικές ασύρματες τεχνολογίες.**

Για να επιτύχουν τη διαφανή κινητικότητα στα δίκτυα GPRS /WLAN, οι κινητοί κόμβοι αλλάζουν μηχανικά μια διαθέσιμη ασύρματη διεπαφή βασισμένη στο ποσοστό στοιχείων μετάδοσης, την προτίμηση χρηστών, το ποσοστό bits λάθους, τη λαμβανόμενη δύναμη σημάτων και σε άλλους παράγοντες αποφεύγοντας την υποβάθμιση απόδοσης επικοινωνίας.

Επιπλέον, ο τύπος παράδοσης μεταξύ των δικτύων GPRS /WLAN αναφέρεται ως κάθετες παραδόσεις.

Οι κάθετες παραδόσεις είναι να παρασχεθεί η συνεχής πρόσβαση Διαδικτύου στους κινητούς χρήστες που κινούνται από ένα σύστημα πρόσβασης προς άλλο όπως φαίνεται στο σχήμα 4.3. Προς αυτό το τέλος, νέοι διοικητικοί μηχανισμοί κινητικότητας απαιτούνται για να ελαχιστοποιήσουν το χρόνο μετάβασης μεταξύ των συστημάτων και να χειριστούν αποτελεσματικά τους λιγοστούς ραδιοπόρους για να εγγυηθούν την παράδοση των στοιχείων μεταξύ δύο σημείων τέλους. Κατά συνέπεια οι κάθετες παραδόσεις εφαρμόζονται στα διάφορα συστήματα πρόσβασης, που διαφέρουν σε πολλές πτυχές όπως το κόστος επικοινωνίας, το εύρος ζώνης, το ποσοστό στοιχείων, και τη συχνότητα της λειτουργίας.



**Σχήμα 4.3: Κάθετη παράδοση.**

Πολλοί ερευνητές προτείνουν την αύξηση στους μηχανισμούς επιλογής κατά τη διάρκεια VHO για να επιτρέψουν τη σφαιρική περιπλάνηση μεταξύ των διαφορετικών δικτύων πρόσβασης. Yilmaz *et al.* μελετούν πέντε διαφορετικούς αλγόριθμους επιλογής δικτύων βασισμένους στις διαφορετικές παραμέτρους εισαγωγής. Οι αλγόριθμοι αξιολογούνται και συγκρίνονται από την άποψη του πραγματοποιημένου ποσοστού δυαδικών ψηφίων μετάδοσης και τα αποτελέσματα δείχνουν ότι σε μερικά σενάρια η απλή αρχή επιλογής πρόσβασης WLAN εάν η ολική κάλυψη δίνει αρκετά καλά αποτελέσματα όπως το χαμηλό λάθος bits, τη μικρή απώλεια πακέτων, και την υψηλή ρυθμοαπόδοση.

Ormond *et al.* προτείνουν ένα πλεόνασμα βασισμένο στον αλγόριθμο για την επιλογή δικτύων πρόσβασης που επιλέγει το καλύτερο διαθέσιμο δίκτυο για τη μεταφορά των στοιχείων σε μη πραγματικό χρόνο, με το χρήστη διευκρινισμένο στους χρονικούς περιορισμούς. Η βασική υπόθεση είναι ότι η προθυμία των χρηστών να πληρώσουν εξαρτάται από τον απαραίτητο χρόνο ολοκλήρωσης

μεταφοράς. Το προτεινόμενο σχέδιο επιλογής δικτύων πρόσβασης αξιολογείται μέσω των προσομοιώσεων σε NS-2 ενάντια σε μια πάντα φτηνότερη στρατηγική επιλογής δικτύων.

Ylitalo *et al.* χρησιμοποίησαν έναν μηχανισμό επιλογής διεπαφών για πολλαπές χρήσεις στο σπίτι, των κινητών κόμβων. Οι κινητοί κόμβοι καθορισμένων κανόνων καθορίζουν ποια ασύρματη διεπαφή να χρησιμοποιήσουν για μια συγκεκριμένη ροή. Οι αποφάσεις εξαρτώνται από τη διαθεσιμότητα και τα χαρακτηριστικά των διάφορων ασύρματων διεπαφών οποιαδήποτε στιγμή παίρνοντας τα στοιχεία σύνδεσης στρώματος, το στρώμα δικτύων, και τις πληροφορίες στρώματος εφαρμογής στον απολογισμό. Επίσης, το δίκτυο δημιούργησε τις πληροφορίες εξέτασης.

Buddhikot *et al.* παρουσιάζουν την ασύρματη τεχνική επιλογής διεπαφών που χρησιμοποιεί δύο παράγοντες για να εκτελέσει την επιλογή ασύρματων διεπαφών. Αυτές περιλαμβάνουν την τρέχουσα λαμβανόμενη δύναμη σημάτων και την προτεραιότητα της επιλογής ασύρματων διεπαφών. Η λαμβανόμενη δύναμη σημάτων και η προτεραιότητα της ασύρματης επιλογής διεπαφών μπορούν μετά βίας να εφαρμοστούν για να καλύψουν τις απαιτήσεις QoS ή τη δύναμη του κινητού χρήστη ή των ενεργών εφαρμογών.

## **4.3. Επισκίπηση WLAN και 3G Δίκτυα**

### **4.3.1 Πρότυπα WLAN**

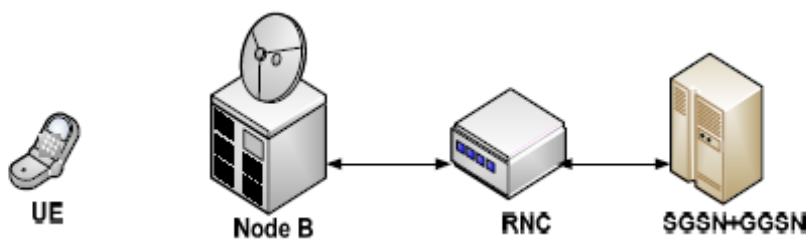
Το IEEE 802.11 WLAN έχει επεκταθεί ευρέως στα γραφεία, τα σπίτια, την πανεπιστημιούπολη, τους αερολιμένες, και τα ξενοδοχεία δεδομένου του χαμηλού κόστους επικοινωνίας, του υψηλού ποσοστού στοιχείων (11Mbits/s), και της ευκολίας πολλαπλασιασμού του. Εντούτοις, ένα σοβαρό μειονέκτημα του 802.11 είναι η μικρή περιοχή κάλυψης (μέχρι 300 μέτρα), και η χαμηλή κινητικότητα. Τα πιο γνωστά πρότυπα ανήκουν στη IEEE 802.11 οικογένεια, η οποία περιλαμβάνει το δημοφιλές 802.11b, το 802.11a και το 802.11g όπως φαίνεται στον πίνακα 5. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών, το WLANs έχει κερδίσει την ισχυρή δημοτικότητα σε πολλές από τις ακαδημαϊκές περιοχές, συμπεριλαμβανομένης της υγειονομικής περίθαλψης, της βιομηχανοποίησης, και των κάθετων αγορών. Σήμερα το WLANs γίνεται ευρύτερα αναγνωρισμένο ως γενικής χρήσης εναλλακτική λύση συνδετικότητας για μια ευρεία σειρά των πελατών επιχείρησης. Πολλά πρότυπα ασύρματων δικτύων έχουν εμφανιστεί μέχρι τώρα .

<b>802.11</b>	<b>Release date</b>	<b>Frequency band</b>	<b>Throughput (typical)</b>	<b>Net bit rate</b>	<b>Range (Indoor)</b>
<b>802.11b</b>	<b>October 1999</b>	<b>2.4 GHz</b>	<b>~5 Mbit/s</b>	<b>11 Mbit/s</b>	<b>~38 m</b>
<b>802.11a</b>	<b>October 1999</b>	<b>5 GHz</b>	<b>27 Mbit/s</b>	<b>54 Mbit/s</b>	<b>~35 m</b>
<b>802.11g</b>	<b>June 2003</b>	<b>2.4 GHz</b>	<b>~22 Mbit/s</b>	<b>54 Mbit/s</b>	<b>~up to 100 m</b>

Πίνακας 5: IEEE 802.11 οικογένειες

### 4.3.2 Δίκτυα Τρίτης Γενιάς (3G)

Οποιαδήποτε συσκευή , η οποία μπορεί να διαβιβάσει ή να λάβει τα στοιχεία σε 144Kbps ή καλύτερα ,καλείται 3G. Η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU) καθορίζει 3G δεδομένου ότι οι συσκευές μπορούν να μεταφέρουν τα στοιχεία μέχρι 384 Kbps. Σαν σύγκριση, το Σφαιρικό Σύστημα για το Εύρος Ζώνης Κινητής Επικοινωνίας (GSM) είναι μέχρι 14.4 Kbps και η Γενική Υπηρεσία Ραδιοφωνικών Πακέτων (GPRS) είναι περίπου 53.6 Kbps που χρησιμοποιούνται 2G και 2.5G αντίστοιχα .Το GPRS είναι ένα ασύρματο πρωτόκολλο τρίτης γενιάς που είναι μέρος της Διεθνούς Ένωσης Τηλεπικοινωνιών. Το GPRS αναμένεται για να παραδώσει τη χαμηλού κόστους, μεγάλης χωρητικότητας κινητή επικοινωνία, που προσφέρει ποσοστά στοιχείων μέχρι 2Mbps. Το ραδιοδίκτυο πρόσβασης για το GPRS περιέχει τον Εξοπλισμό Χρηστών (UE), που περιλαμβάνει τον Τερματικό Εξοπλισμό (TE) και το Κινητό Τερματικό (MT), και το Επίγειο Ραδιοδίκτυο Πρόσβασης GPRS (UTRAN), που περιλαμβάνει τον ελεγκτή του Κόμβου-B και των Ραδιοφωνικών Δικτύων (RNC) . Το κεντρικό δίκτυο περιοχών πακέτων περιλαμβάνει δύο κόμβους δικτύων: τον εξυπηρετούμενο κόμβο υποστήριξης GPRS (SGSN) και την πύλη GPRS που υποστηρίζει τον κόμβο (GGSN) όπως φαίνεται στο σχήμα 4.4.



**Σχήμα 4.4: Επισκόπηση του Καθολικού Κινητού Συστήματος Τηλεπικοινωνιών (GPRS)**

Το GGSN είναι η πύλη στα εξωτερικά δίκτυα δεδομένων. Παρέχει τον έλεγχο σηματοδοσίας προς τα εξωτερικά δίκτυα IP για την επικύρωση και την κατανομή IP-διευθύνσεων, και την κινητικότητα μέσα στο κινητό δίκτυο. Το GGSN υποστηρίζει τις λειτουργίες για την αποστολή και το χειρισμό των πληροφοριών των χρηστών (πακέτα IP) από και προς το εξωτερικό πακέτο - μεταστρεφόμενων δικτύων (Διαδίκτυο) .Το SGSN υποστηρίζει διαχείριση συνόδου στοιχείων και ενεργεί ως ένα σημείο σταθερότητας για τον κινητό κόμβο, δηλ. μηχανισμοί για την καθιέρωση, τη συντήρηση και

την απελευθέρωση συντήρηση και απελευθέρωση του τελικού χρήστη πακέτων Πρωτοκόλλου πακέτων δεδομένων (PDP) Παρέχει επίσης διαχείριση κινητικότητας και υποστηρίζει την κάθετη παράδοση μεταξύ των κινητών δικτύων. Το SGSN παρακολουθεί επίσης τη θέση των μεμονωμένων εξοπλισμών χρηστών .

### **4.3.3. GPRS/WLAN Κάθετη Παράδοση**

Η κάθετη παράδοση είναι μια τεχνική που επιτρέπει σε έναν Κινητό Κόμβο (MN) για να περιπλανηθεί μεταξύ διαφορετικών δικτύων και τεχνολογιών πρόσβασης, με έναν τρόπο που είναι διαφανής στις εφαρμογές και τους χρήστες, χωρίς να αναστατώνει τη συνδετικότητα. Τα διαφορετικά χαρακτηριστικά των σχετικών δικτύων κάνουν την εφαρμογή της κάθετης παράδοσης πιο ελκυστική ως προς τη σύγκριση με την οριζόντια παράδοση . Η κάθετη διαδικασία παράδοσης μπορεί να διαιρεθεί σε τρεις φάσεις :Ανακάλυψη Δικτύων, Απόφαση Παράδοσης, και Εφαρμογή Παράδοσης. Η ανακάλυψη δικτύων είναι η διαδικασία όπου ένας Κινητός Κόμβος (MN) ανακαλύπτει το προσιτό γειτονικό ασύρματο δίκτυο. Ένα MN πρέπει να ενεργοποιήσει τις πολλαπλάσιες διεπαφές ταυτόχρονα για να λάβει τις διαφημίσεις υπηρεσιών, οι οποίες μεταδίδονται ραδιοφωνικά από τις διαφορετικές ασύρματες τεχνολογίες. Για να επιτύχει ασφαλή προεπικύρωση με το γειτονικό ασύρματο δίκτυο, ένα MN χρειάζεται να λάβει μια διεύθυνση IP του κεντρικού υπολογιστή επικύρωσης από το γειτονικό ασύρματο δίκτυο όταν είναι ακόμα ο κινητός έξω από το γειτονικό ασύρματο δίκτυο και έπειτα να καθιερώσει έναν σύνδεσμο ασφάλειας με τον πράκτορα επικύρωσης στο γειτονικό ασύρματο δίκτυο. Ο απλούστερος τρόπος για την αναζήτηση του προσιτού γειτονικού ασύρματου δικτύου είναι η συντήρηση όλων των διεπαφών καθόλο το χρόνο. Εντούτοις, σώζοντας μια διεπαφή καθ' όλη την ώρα μπορεί να ανακαλύψει το προσιτό γειτονικό δίκτυο γρήγορα αλλά η μπαταρία της μπορεί να αποφορτιστεί πολύ σύντομα ακόμη και χωρίς τη λήψη/αποστολή οποιωνδήποτε πακέτων όπως φαίνεται στον πίνακα 6 .



Technology	Transmit Mode	Receive Mode	Idle Mode
3G: CDMA 1X Wireless Modem	2.8 W	495 mW	82 mW
IEEE 802.11b	1.3 W	900 mW	740 mW

Πίνακας 6: Κατανάλωση ισχύος από 3G και WLAN

Η δεύτερη φάση, η απόφαση παράδοσης, είναι η δυνατότητα να αποφασιστεί ποιο δίκτυο πρέπει να χρησιμοποιηθεί για να προκαλέσει την παράδοση. Μια απόφαση για την κάθετη παράδοση μπορεί να εξαρτηθεί από πολλούς παράγοντες (όπως το εύρος ζώνης δικτύων, φορτίο, κάλυψη, κόστος, ασφάλεια, και QoS) σε σχέση με το δίκτυο στο οποίο ο κινητός κόμβος συνδέεται ήδη και με έναν ότι πηγαίνει στην παράδοση. Η τελευταία είναι η εφαρμογή παράδοσης, αυτή χρειάζεται την πραγματική ανταλλαγή των πακέτων στοιχείων σε μια νέα ασύρματη σύνδεση προκειμένου επαναδρομολογηθεί και να επιτρέψει στον κινητό κόμβο για να κινηθεί μέσω των διαφορετικών ασύρματων δικτύων, καθώς διατηρείται αυτό τα στοιχεία των πακέτων ρέουν. Ο επιθυμητός στόχος από την ανταλλαγή των πακέτων στοιχείων από έναν κινητό κόμβο στο νέο δίκτυο είναι να ελαχιστοποιήσει την καθυστέρηση στην επανεγκαθίδρυση των κυκλοφοριακών ροών του κινητού κόμβου.

Πολλές προσεγγίσεις χρησιμοποιούνται για να λύσουν το κάθετο πρόβλημα παράδοσης, αυτές οι προσεγγίσεις έχουν προταθεί από πολλούς ερευνητές. *Stemm et al.* παρουσιάζουν έναν Προσωπικό Ψηφιακό Βοηθό (PDA) για να καθορίσει την κατανάλωση ισχύος πάνω στις διεπαφές δικτύων. Η εργασία τους δείχνει ότι οι διεπαφές δικτύων καταναλώνουν ένα σημαντικό μέρος της συνολικής δύναμης σε ένα PDA, και ότι η ενέργεια που καταναλώνεται όταν η διεπαφή είναι ανοικτή και μη απασχολημένη είναι περισσότερη από το κόστος των πακέτων των στοιχείων. Διαπίστωσαν ότι ο κρίσιμος παράγοντας δεν είναι ο αριθμός πακέτων στοιχείων που στέλνονται/λαμβάνονται αλλά το χρονικό διάστημα ότι η διεπαφή δικτύων είναι σε μία ενεργή αλλά μη απασχολημένη κατάσταση.

*Bargh et al.* πρότειναν τις διαφορετικές διεπαφές δικτύων σε έναν πολλαπλών χρήσεων στο σπίτι κινητό κόμβο για να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας. Οι μελέτες τους έδειξαν ότι κατά τη διάρκεια της μη απασχολημένης συνδετικότητας IP, η διεπαφή δικτύων GPRS καταναλώνει λιγότερο ή συγκρίσιμο ποσό ενέργειας σε σχέση με μία από WiFi. Προκειμένου να είναι προσιτό στο IP επίπεδο, ένας κινητός κόμβος απαιτεί ακριβώς να έχει τη μη απασχολημένη συνδετικότητα IP. Κατά συνέπεια, η διεπαφή GPRS είναι σχετικά περισσότερο ενεργειακά αποδοτική για την επίτευξη του κινητού κόμβου στο IP επίπεδο.

*Jukka et al.* παρουσίασαν μια νέα τεχνική για να λυθεί το πρόβλημα απόφασης της παράδοσης χρησιμοποιώντας την πολιτική-βασισμένη σε μηχανισμό παράδοσης για τους κινητούς πολλαπλών χρήσεων στο σπίτι οικοδεσπότες. Η απόφαση παράδοσης είναι βασισμένη στις ρητές καθορισμένες

από το χρήστη πολιτικές, και εξετάζει τα διαφορετικά κριτήρια στην περίπτωση του χρήστη, της καθορισμένης προτεραιότητας.

Εντούτοις, αυτή η προσέγγιση δεν εξετάζει την ανταλλαγή μεταξύ των κριτηρίων.

Chen *et al.* πρότειναν ένα «έξυπνο πρότυπο απόφασης» για τις κάθετες παραδόσεις. Μια λειτουργία αποτελέσματος ορίζεται ως το σταθμισμένο ποσό των ομαλοποιημένων παραμέτρων. Το πρότυπο εφαρμόζεται πάνω σε μια προηγούμενη προτεινόμενη αρχιτεκτονική παράδοσης δημιουργώντας μια πλήρη αδιάκοπη διοικητική λύση κινητικότητας, όπου το ίδιο το πρότυπο περιέχει έναν εκτελεστή παράδοσης, ένα έξυπνο τμήμα απόφασης, ένα όργανο ελέγχου συσκευών για κάθε διεπαφή, και ένα σε όλο το σύστημα όργανο ελέγχου.

Shun *et al.* πρότειναν έναν αλγόριθμο απόφασης παράδοσης χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες MIH στο Wi-Fi και στα δίκτυα WiMAX. Οι μελέτες τους δείχνουν ότι οι χρήστες μπορούν να βελτιώσουν το να αντιληφθούν το QOS τους με τη χρησιμοποίηση της τελικά ελεγχόμενης απόφασης παράδοσης σε μια ενιαία συσκευή που εξοπλίζεται με τις πολλαπλάσιες ραδιοδιεπαφές. Τα αποτελέσματα προσομοίωσης δείχνουν ότι ο προτεινόμενος αλγόριθμος απόφασης παράδοσης παρέχει τη χαμηλή λανθάνουσα κατάσταση παράδοσης και το χαμηλότερο μειωμένο ποσοστό από τις βασικές κάθετες μεθόδους παράδοσης.

#### 4.3.4. Διαχείριση Κινητικότητας

Όταν ένας κινητός σταθμός μεταφέρει τη σύνοδο ενός χρήστη από ένα δίκτυο σε άλλο, η διεύθυνση IP θα αλλάξει. Προκειμένου να επιτραπεί στον αντίστοιχο κόμβο

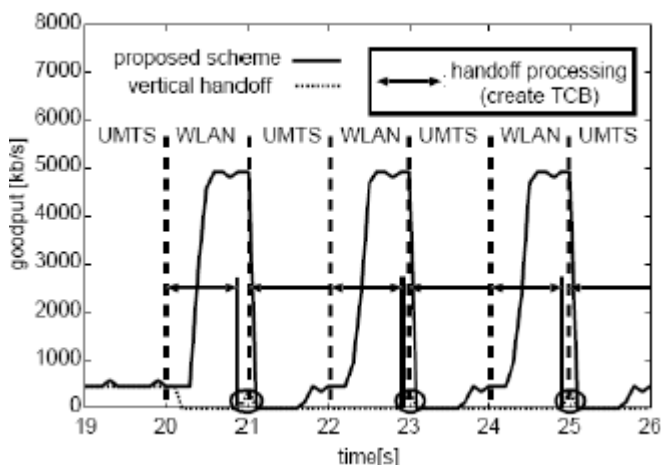
Με τον οποίο το MS επικοινωνεί για να το βρεί σωστά και να επιτρέψει στη σύνοδο στοιχείων να συνεχιστεί, χρησιμοποιείται η διαχείριση κινητικότητας. Το διοικητικό πρόβλημα κινητικότητας έχει λυθεί στα διαφορετικά στρώματα, όπως το στρώμα Εφαρμογής, το στρώμα Πρωτοκόλλου Ελέγχου Μετάδοσης (TCP), και το στρώμα Διαδικτύου Protocol. Η πιο κοινή μέθοδος είναι να χρησιμοποιηθεί το TCP, το Πρωτόκολλο Έναρξης Συνόδου (SIP), το Πρωτόκολλο Μετάδοσης Ελέγχου Ρευμάτων (SCTP), και η Κινητή IP (MIP).

- Το TCP είναι ένα πρωτόκολλο στρώματος μεταφορών που παρέχει την αξιόπιστη υπηρεσία μεταφορών στις περισσότερες από τις εφαρμογές Διαδικτύου συμπεριλαμβανομένου του FTP, του

HTTP, Telnet, της μακρινής σύνδεσης και του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Υποστηρίζει τη μεταφορά πάνω από 90 τοις εκατό όλης της κυκλοφορίας στο διαδίκτυο σήμερα .

Το TCP είναι ένα πρωτόκολλο στρώματος μεταφορών που τίθεται σε στρώσεις μεταξύ της IP και του στρώματος εφαρμογής. Είναι ένα προσανατολισμένο προς τη σύνδεση πρωτόκολλο στρώματος, το οποίο είναι αρμόδιο για τη end-to-end αξιόπιστη μεταφορά των στοιχείων από την κινητή εφαρμογή κόμβων στην αντίστοιχη εφαρμογή κόμβων πέρα από ένα αναξιόπιστο δίκτυο. Το πρωτόκολλο μεταφορών που ανακτεί τα πακέτα που χάνονται κατά τη διάρκεια των παραδόσεων και των ελέγχων μετάδοσης ταχύτητας για να επιτύχουν την αποδοτική επικοινωνία .

Kazuya *et al.* παρουσίασαν το Πρωτόκολλο Ελέγχου Μετάδοσης (TCP) στο στρώμα μεταφορών για να υποστηρίξει την κινητικότητα των οικοδεσποτών στα διαφορετικά ασύρματα δίκτυα πρόσβασης, και να λειτουργήσει στα διάφορα στρώματα της δικτυακής αρχιτεκτονικής. Τα πειραματικά αποτελέσματα του TCP δείχνουν ότι μπορεί να χειριστεί τις πολλαπλάσιες συνδέσεις ταυτόχρονα, να επιτύχει την αδιάκοπη απόδοση καλά τοποθετημένη στην κάθετη παράδοση, την αποδοτική επικοινωνία κατά τη διάρκεια των παραδόσεων WLAN/ GPRS, και είναι ικανό να διαβιβάσει τα πακέτα στα πολλαπλάσια χωριστά στοιχεία διεπαφών συνδέσεων, δηλ., Μετάδοση και ελέγχοντας τα buses (TCB) μπορούν να διατηρηθούν όπως φαίνεται στο σχήμα 4.5.



**Σχήμα 4.5:** Απόδοση καλά τοποθετημένη στην κάθετη παράδοση όταν αλλάζει η ασύρματη δύναμη σημάτων πέντε φορές σε διαστήματα 1-s.

Dong *et al.* παρουσίασαν το ταυτόχρονο TCP (cTCP) που είναι μια επέκταση του τρέχοντος TCP πρωτόκολλο ,που χρησιμοποιήθηκε για να βελτιστοποιήσει από άκρη σε άκρη τη σύνδεση, τη ρυθμοαπόδοση,το ποσοστό απώλειας πακέτων, και να ενισχύσει από άκρη σε άκρη την ανοχή ελαττωμάτων σύνδεσης στο ετερογενές δίκτυο. Το προτεινόμενο πρωτόκολλο υποστηρίζει την ταυτόχρονη μεταφορά δεδομένων (CDT) μέσω των πολλαπλάσιων διεπαφών που δεσμεύονται σε μια σύνδεση.

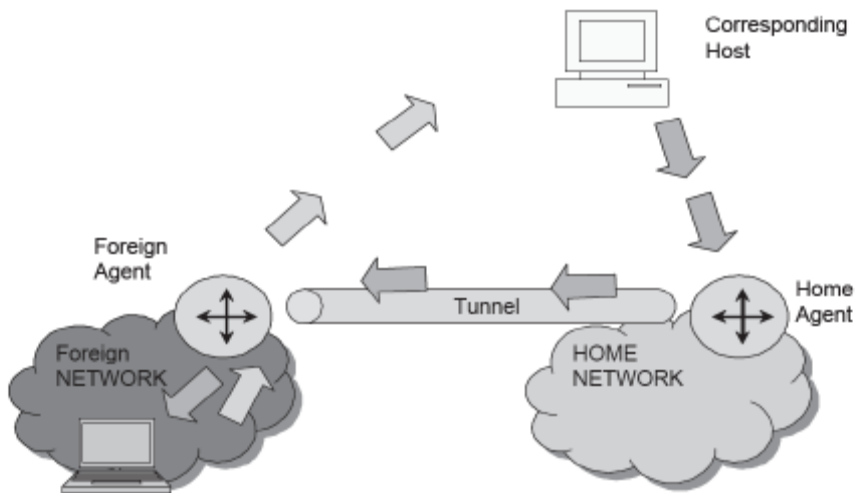
Χιuchao *et al.* παρουσίασαν ένα νέο διοικητικό σχέδιο χρησιμοποιώντας το ευφυές TCP για το ετερογενές διαδίκτυο. Το ευφυές TCP, που μπορεί δυναμικά να αλλάξει τους αλγορίθμους ελέγχου συμμόρφωσης για κάθε σύνδεση σύμφωνα με τα παρόντα χαρακτηριστικά πορειών δικτύων του, προτείνεται για να βελτιώσει την TCP απόδοση στο ετερογενές Διαδίκτυο. Το πλαίσιο του ευφυούς TCP, το οποίο υποστηρίζει δυναμικά ανά διαμόρφωση ελέγχου σύνδεσης ή/και συμμόρφωσης δικτύων. Το ευφυές TCP είναι πολύ κατάλληλο για τον έλεγχο συμμόρφωσης στρώματος μεταφορών και πιο γερό ενάντια στις παρεμβάσεις από το πολλαπλάσιο TCP λόγω της καλύτερης εκτίμησης πορειών δικτύων.

- Το MIP προσφέρει την άνευ όρων κινητικότητα για τις συνδέσεις IP με την προσφορά σε μια σταθερή εγχώρια IP διεύθυνση για το στρώμα τεσσάρων συνόδων. Ο κινητός κόμβος απαιτεί τη συνδετικότητα στον εγχώριο πράκτορα για να εκτελέσει την παράδοση. Εν συντομία, η κινητή IP λειτουργεί ως εξής. Ένας κινητός κόμβος μπορεί να έχει δύο διευθύνσεις - μια μόνιμη διεύθυνση κατοικίας και μια προστασία της διεύθυνσης (CoA), η οποία συνδέεται με το δίκτυο τον οποίο ο κινητός κόμβος επισκέπτεται. Ένας ξένος πράκτορας αποθηκεύει τις πληροφορίες για τους κινητούς κόμβους επισκεπτόμενος το δίκτυό του. Οι ξένοι πράκτορες διαφημίζουν επίσης την προστασία των διευθύνσεων, οι οποίες χρησιμοποιούνται από την κινητή IP .

Ένας κόμβος που θέλει να επικοινωνήσει με τον κινητό κόμβο χρησιμοποιεί τη μόνιμη διεύθυνση κατοικίας του κινητού κόμβου ως διεύθυνση προορισμού για τα σταλμένα πακέτα. Επειδή η διεύθυνση κατοικίας ανήκει λογικά στο δίκτυο που συνδέεται με τον εγχώριο πράκτορα, κανονικοί μηχανισμοί δρομολόγησης IP διαβιβάζουν αυτά τα πακέτα στον εγχώριο πράκτορα. Αντί της αποστολής αυτών των πακέτων σε έναν προορισμό ,ο οποίος είναι φυσικά στο ίδιο δίκτυο όπως ο εγχώριος πράκτορας, ο εγχώριος πράκτορας επαναπροσανατολίζει αυτά τα πακέτα προς τον ξένο πράκτορα.

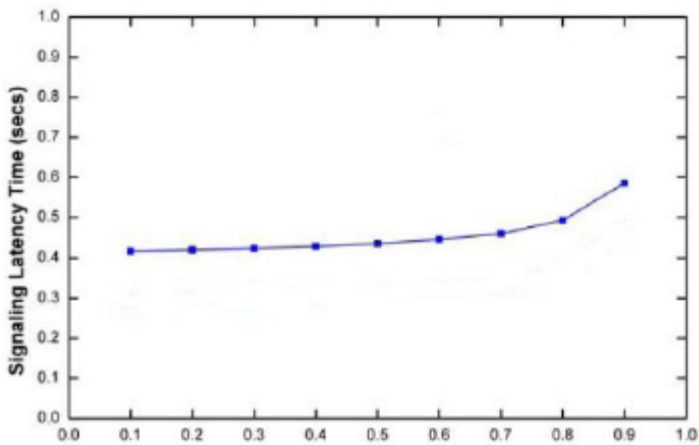
Ο εγχώριος πράκτορας ψάχνει προστασία της διεύθυνσης σε έναν πρόσθετο πίνακα γνωστό ως δεσμευτικό πίνακα, και ανοίγει έπειτα τα πακέτα του κινητού κόμβου προστασίας της διεύθυνσης με

την επισύναψη μιας νέας επιγραφής IP στο αρχικό πακέτο IP, το οποίο συντηρεί την αρχική επιγραφή IP. Τα πακέτα είναι τοποθετημένα στο τέλος της σήραγγας για να αφαιρέσουν την επιγραφή IP που προστίθεται από τον εγχώριο πράκτορα, και παραδίδεται στον κινητό κόμβο. Η βασική λειτουργία της κινητής IP παρουσιάζεται στο σχήμα 4.6.



**Σχήμα 4.6: Τυποποιημένη κινητή IP**

Jong *et al.* παρουσίασαν ένα νέο σχέδιο παράδοσης για την άνευ ραφής κινητικότητα στα ετερογενή δίκτυα χρησιμοποιώντας MIP για να λύσει τα μακροχρόνια προβλήματα δρομολόγησης χρόνου και τριγώνων λανθάνουσας κατάστασης. Το προτεινόμενο σχέδιο υποστηρίζει την L3 κινητικότητα χρησιμοποιώντας τις L2 πληροφορίες του τερματικού και των στοιχείων που διοχετεύουν μεταξύ των ακρών των δρομολογητών. Τα αποτελέσματα προσομοίωσης δείχνουν ότι το προτεινόμενο σχέδιο έχει μειώσει το χρόνο λανθάνουσας κατάστασης παράδοσης και την καθυστέρηση μετάδοσης του πακέτου στοιχείων όπως φαίνεται στο σχήμα 4.7.

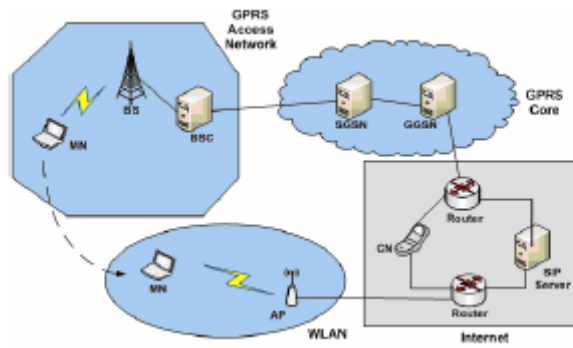


**Σχήμα 4.7: Ο χρόνος λανθάνουσας κατάστασης της διαδικασίας παράδοσης**

Στον τομέα της κινητής απόδοσης IP, Hernandez *et al.* έδειξαν ότι η MIP έχει διάφορους περιορισμούς από την άποψη της απώλειας πακέτων, της λανθάνουσας κατάστασης παράδοσης, και της ρυθμοαπόδοσης ενός τραίνου που κινείται στις διαφορετικές ταχύτητες και από την επίδραση των διαφορετικών σταθμών βάσης παρεμβολής λευκών σελίδων αποστάσεων σε QoS. Saleh *et al.* πρότειναν την κινητή IP στα πλαίσια μιας αρχιτεκτονικής ενσωμάτωσης μεταξύ των 802.11WLAN και των CDMA κυψελοειδών δικτύων.

- Το SIP είναι ένα πρωτόκολλο ελέγχου εφαρμογή-στρώματος που μπορεί να καθιερώσει, να τροποποιήσει και να ολοκληρώσει τις συνόδους πολυμέσων . Το SIP καθορίζει διάφορες λογικές οντότητες, δηλαδή τους πράκτορες χρηστών, επαναπροσανατολίζουν τους κεντρικούς υπολογιστές, τους κεντρικούς υπολογιστές πληρεξούσιου και τους γραμματείς. Το SIP υποστηρίζει εγγενώς την προσωπική κινητικότητα και μπορεί να επεκταθεί στη υπηρεσία υποστήριξης και την τελική κινητικότητα .

Η τελική κινητικότητα επιτρέπει σε μια συσκευή να κινηθεί μεταξύ των υποδικτύων IP, καθώς συνεχίζεται να είναι εφικτό για τα εισερχόμενα αιτήματα και διατηρώντας τις συνόδους πέρα από τις αλλαγές του υποδικτύου. Η κινητικότητα των οικοδεσποτών στα ετερογενή δίκτυα ρυθμίζεται χρησιμοποιώντας την τελική υποστήριξη κινητικότητας του SIP. Το σχήμα 4.8 δείχνει τη σύνοδο μεταξύ ενός κινητού κόμβου και ενός αντίστοιχου κόμβου κατά τη διάρκεια της παράδοσης.



**Σχήμα 4.8: SIP-Based Διαχείριση κινητικότητας**

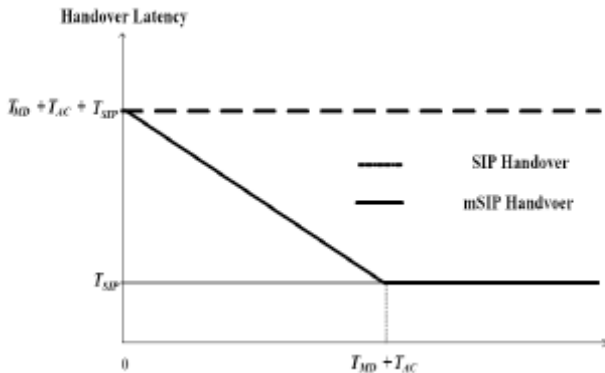
Wu *et al.* παρουσίασαν μια ανάλυση της καθυστέρησης που συνδέεται με την κάθετη παράδοση χρησιμοποιώντας το SIP στο περιβάλλον σύνδεσης μέσω δικτύων WLAN- GPRS. Τα αναλυτικά αποτελέσματά τους δείχνουν ότι η παράδοση WLAN-to- GPRS υφίσταται την απαράδεκτη καθυστέρηση για να υποστηρίξουν τις υπηρεσίες πολυμέσων σε πραγματικό χρόνο, και οφείλεται κυρίως στη μετάδοση του SIP των σηματοδοτούμενων μηνυμάτων πέρα από τις λανθασμένες και περιορισμένες εύρους ζώνης ασύρματες συνδέσεις.

Fathi *et al.* παρουσίασαν μια εμπειρική αξιολόγηση της καθυστέρησης οργάνωσης συνόδου του SIP. Οι μελέτες τους δείχνουν ότι το SIP-over-TCP κάνει την καθυστέρηση οργάνωσης συνόδου περισσότερο από το SIP-over-UDP. Διαπίστωσαν ότι η κινητικότητα SIP είναι κατάλληλη για τη συνεχή πρόσβαση Διαδικτύου στους κινητούς χρήστες που κινούνται από ένα σύστημα πρόσβασης προς άλλο.

Seok *et al.* παρουσίασαν μια επέκταση του πρωτοκόλλου έναρξης συνόδου για να υποστηρίξουν τη μαλακή παράδοση που ονομάζεται κινητή SIP (mSIP). Η παράδοση mSIP είχε ως σκοπό να υποστηρίξει 'την αμφίδρομη καθυστέρηση' των μέσων ρευμάτων από το CN στο MN κατά τη διάρκεια της παράδοσης. Η παράδοση mSIP με αμφίδρομη καθυστέρηση ήταν μειωμένη απώλεια



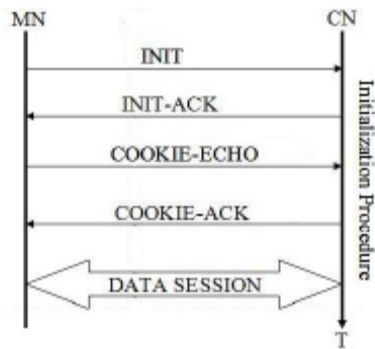
παράδοσης και λανθάνουσα κατάσταση κατά τη διάρκεια της παράδοσης, έναντι της υπάρχουσας παράδοσης SIP όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 4.9.



**Σχήμα 4.9: Λανθάνουσα κατάσταση παράδοσης της SIP παράδοσης και της mSIP παράδοσης.**

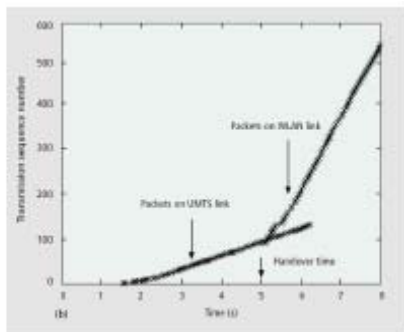
- Το SCTP είναι ένα αξιόπιστο πρωτόκολλο μεταφορών που παρέχει σταθερότητα, διατάζει την παράδοση των στοιχείων μεταξύ δύο σημείων τέλους (σαν το TCP) και συντηρεί επίσης τα όρια μηνυμάτων στοιχείων (όπως UDP). Εντούτοις, αντίθετα από το TCP και UDP, SCTP προσφέρει τέτοια πλεονεκτήματα όπως των πολλαπλών χρήσεων στο σπίτι αυτομάτως και τις ικανότητες πολυ-ροής, και τα δύο εκ των οποίων αυξάνουν τη διαθεσιμότητα. Το SCTP με το δυναμικό επανασηματισμό ένωσης (DAR) επιτρέπει στις διευθύνσεις IP να προστεθούν και να αφαιρεθούν από μια ένωση SCTP, που σημαίνει ότι τα πακέτα στοιχείων μπορούν έπειτα να διαβιβαστούν στο νέο προορισμό. Αυτό επιτρέπει σε έναν κινητό κόμβο να κινηθεί προς ένα νέο δίκτυο και να εφαρμόσει μια παράδοση στο στρώμα μεταφορών .

Προτού να μπορέσουν οι όμοιοι χρήστες SCTP να διαβιβάσουν το πακέτο ο ένας στον άλλο, μια σύνδεση πρέπει να καθιερωθεί μεταξύ δύο σημείων τέλους στα πακέτα συνεργασίας. Αυτή η σύνδεση καλείται ένωση στο πλαίσιο SCTP. Ένα cookie (ένα μοναδικό πλαίσιο που προσδιορίζει αυτήν την προτεινόμενη σύνδεση) χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια της έναρξης μιας ένωσης για να παρέχει την προστασία ενάντια στις επιθέσεις ασφάλειας μέσω μιας τεσσάρων τρόπων συνεργασίας . Το σχήμα 4.10 παρουσιάζει ένα δείγμα SCTP ροής μηνυμάτων. Για να ξεπεραστεί το πρόβλημα της καθυστερημένης μετακίνησης στοιχείων με το πακέτο τεσσάρων τρόπων συνεργασίας, το SCTP επιτρέπει στα στοιχεία να περιλαμβάνονται στα COOKIE-ECHO και COOKIE-ACK πακέτα.



**Σχήμα 4.10: Διαχείριση κινητικότητας**

Li Ma *et al.* παρουσίασαν μια νέα μέθοδο για να διευκολυνθεί η άνευ όρων κάθετη παράδοση μεταξύ των κυψελοειδών δικτύων δεδομένων ευρείας περιοχής όπως το GPRS και WLANs χρησιμοποιώντας το SCTP. Η πολλαπλών χρήσεων στο σπίτι ικανότητα και η δυναμική επέκταση διαμόρφωσης διευθύνσεων SCTP εφαρμόστηκε σε μια αρχιτεκτονική επικαλύψεων GPRS /WLAN για να μειώσει την καθυστέρηση παράδοσης και να βελτιώσει την απόδοση ρυθμοαπόδοσης. Πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν ότι το προτεινόμενο σχέδιο μπορεί να υπερνικήσει το πρόβλημα του μακροχρόνιου χρόνου διακοπής κατά τη διάρκεια της παράδοσης, ειδικά στη διαμόρφωση SCTP διπλής-κατεύθυνσης όπως φαίνεται στο σχήμα 4.11.



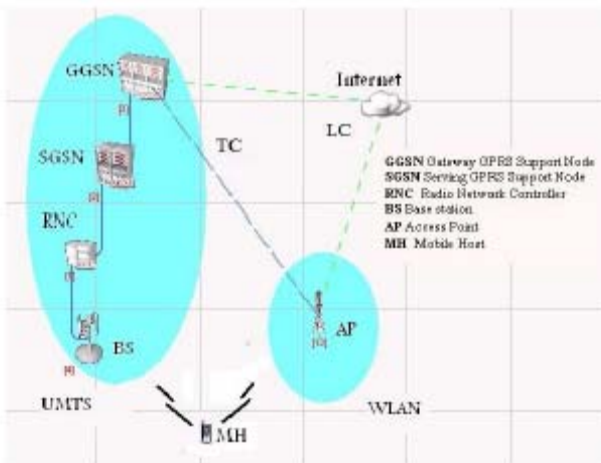
**Σχήμα 4.11: Απόδοση καθυστέρησης του προτεινόμενου κάθετου σχεδίου παράδοσης (από το GPRS σε WLAN).**

Keun *et al.* παρουσίασαν έναν αποδοτικό μηχανισμό ελέγχου ροής SCTP (SCTP EFC) κατά τη διάρκεια της παράδοσης με τη διευκόλυνση ενός κινητού πελάτη για να μεταστρέψει ελεύθερα μεταξύ των διευθύνσεων IP που αποκτιούνται στα διαφορετικά δίκτυα. Το SCTP EFC ελαχιστοποιεί μια αλλαγή των ποσοστών κυκλοφορίας και βελτιώνει την απόδοση ρυθμοαπόδοσης σημαντικά κατά τη

διάρκεια της παράδοσης. Το αποτέλεσμα δείχνει ότι SCTP EFC προσαρμόζεται σε ένα περιβάλλον δικτύων μετά από την παράδοση. Το SCTP EFC παρουσιάζει βελτίωση ρυθμοαπόδοσης για αρκετά δευτερόλεπτα μετά από μια παράδοση. SCTP EFC χρησιμοποιεί έναν διαθέσιμο πόρο δικτύων αποτελεσματικά. Το SCTP EFC είναι επίσης κατάλληλο για QoS (Ποιότητα -της- Υπηρεσίας) επειδή κρατά τα ποσοστά μιας κυκλοφορίας σταθερά κατά τη διάρκεια της παράδοσης.

### 4.3.5. Ενσωματωμένα Συστήματα GPRS/WLAN

Υπάρχουν δύο πιθανοί τρόποι που σχεδιάζουν μια ενσωματωμένη δικτυακή αρχιτεκτονική GPRS /WLAN, που ορίζεται ως η σφιχτή σύζευξη και χαλαρά σχέδια συζεύξεων όπως φαίνεται στο σχήμα 4.12. Η διαφορά μεταξύ χαλαρής και σφιχτής σύζευξης είναι είτε η σύνδεση του χρήστη που διαβιβάζεται μέσω του κεντρικού δικτύου του GPRS είτε όχι .



**Σχήμα 4.12: Ενσωματωμένο σύστημα GPRS/WLAN**

Σε μια σφιχτή αλληλεπιδρώμενη αρχιτεκτονική συζεύξεων, το WLAN συνδέεται με ένα κεντρικό δίκτυο GPRS με τον ίδιο τρόπο όπως με άλλα ραδιοδίκτυα πρόσβασης GPRS. Τα μέσα πυλών WLAN όλα τα πρωτόκολλα GPRS (όπως η επικύρωση, η τιμολόγηση, και η διαχείριση κινητικότητας.) που απαιτούνται στο ραδιο δίκτυο πρόσβασης GPRS. Τα WLAN μέσα πυλών όλων των πρωτοκόλλων GPRS (όπως η επικύρωση, η τιμολόγηση, και η διαχείριση κινητικότητας.) απαιτούνται στην πρόσβαση ραδιοδικτύου GPRS. Τα SGSN και GGSN πρέπει να ενημερωθούν για να είναι σε θέση να χειριστούν τα πολύ υψηλότερα ποσοστά δυαδικών ψηφίων που υποστηρίζονται από το WLAN. Το

πλεονέκτημα αυτού του σχεδίου είναι ότι οι μηχανισμοί για το QoS, την ασφάλεια, και την κινητικότητα στο κεντρικό δίκτυο GPRS μπορούν να επαναδρομολογηθούν άμεσα μέσω των WLAN.

Εντούτοις, οι στενά συνδεμένες λύσεις ήταν ιδιαίτερα συγκεκριμένες για την τεχνολογία GPRS και την ευρεία τυποποίηση διεπαφών πρόσβασης ανάγκης WLANs πέρα από τα υπάρχοντα πρότυπα. Σε αντίθεση με τη χαλαρή προσέγγιση συζεύξεων, η πύλη WLAN δεν έχει οποιαδήποτε άμεση σύνδεση στο κεντρικό δίκτυο GPRS. Αντ' αυτού, συνδέεται άμεσα με το δίκτυο IP (Διαδίκτυο). Η κυκλοφορία WLAN δεν θα πήγαινε κατευθείαν στο κεντρικό δίκτυο GPRS. Σε αυτό το σχέδιο, οι διαφορετικοί μηχανισμοί και τα πρωτόκολλα χειρίζονται την επικύρωση, τη διαχείριση κινητικότητας, και τη τιμολόγηση στις μερίδες GPRS και WLAN του δικτύου [.

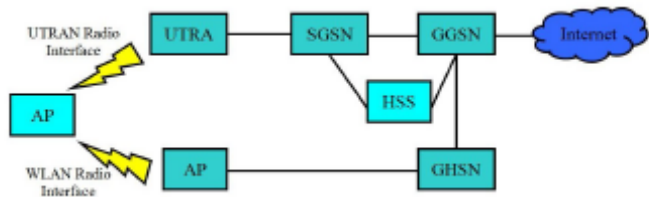
Varma *et al.* πρότειναν τις λύσεις σε ενσωματωμένα GPRS και WLAN χρησιμοποιώντας MIP ή SIP για τη διαχείριση κινητικότητας. Οι μελέτες τους σε

αντιμετωπιζόμενα ζητήματα μόνο σε διαχείριση θέσης αντί της άνευ όρων παράδοσης διά-τεχνολογίας στη χαλαρή προσέγγιση συζεύξεων. Αν και οι Buddhikot *et al.* εστίασαν στη χαλαρή αρχιτεκτονική συζεύξεων, οι μελέτες τους εισήγαγαν ένα περίπλοκο νέο στοιχείο δικτύων αποκαλούμενο IOTA αλληλεπιδρώμενη πύλη πρόσβασης σε WLAN, και το νέο λογισμικό πρόσβασης υπηρεσιών στις συσκευές πελατών για να ενσωματώσει WLAN με το GPRS.

Η λειτουργία πρακτόρων Κινητός-IP εφαρμόζεται στο σύστημα IOTA για να υποστηρίξει την τεχνολογία MIP.

Tsao *et al.* πρότειναν προσεγγίσεις MIP, πυλών και εξομοιωτών για GPRS /WLAN που αλληλεπιδρούν σύμφωνα με τα διαφορετικά σενάρια επέκτασης. Οι περισσότερες από αυτές τις προτάσεις και εφαρμογές παρατηρούν ότι η σφιχτή προσέγγιση συζεύξεων μπορεί να επιτύχει μια καλύτερη απόδοση από την άποψη της λανθάνουσας κατάστασης παράδοσης. Εντούτοις, η σφιχτή προσέγγιση συζεύξεων στερείται στην ευελιξία. Μια χαλαρή αρχιτεκτονική συζεύξεων επιτρέπει την ανεξάρτητη εφαρμοσμένη μηχανική επέκτασης και κυκλοφορίας WLAN και του GPRS, και επομένως προσφέρει διάφορα αρχιτεκτονικά πλεονεκτήματα πέρα από τη σφιχτή προσέγγιση συζεύξεων. Εντούτοις, στις υπάρχουσες λύσεις για τη διαχείριση κινητικότητας, όπου υιοθετεί είτε της MIP- είτε της SIP-based τις τεχνικές, η αλλαγή της διεύθυνσης IP οδηγεί στην απώλεια συνδετικότητας για τα ανώτερα στρώματα.

Altwelib *et al.* πρότειναν το ενσωματωμένο σχέδιο συνδέοντας το WLAN και το GPRS χρησιμοποιώντας τον κόμβο υποστήριξης δυναμικής ζώνης πύλων (GHSN). Οι μελέτες τους έδειξαν ότι ένα GHSN πρέπει να προστεθεί για να ενσωματώσει το σημείο πρόσβασης WLAN (AP) σε GGSN όπως φαίνεται στο σχήμα 4.13. Οι κύριες λειτουργίες GHSN συνοψίζονται ως εξής: στη ραδιοδιεπαφή με το GPRS και WLAN, στα παραδοθέντα πακέτα από/προς το AP και από/προς GGSN, και για να διαχειριστεί τους ραδιοπόρους σε WLAN και να τους χαρτογραφήσουν επάνω στους ραδιο πόρους στο GPRS και αντίστροφα.



**Σχήμα 4.13: GPRS /WLAN αρχιτεκτονική συστημάτων**

Τα πειραματικά αποτελέσματα δείχνουν ότι η ρυθμοαπόδοση ενός MN που συνδέεται με μια διεπαφή δικτύων WLAN είναι πολύ υψηλότερη από αυτή που λαμβάνονται μέσω της διεπαφής δικτύων GPRS και την κάθετη λανθάνουσα κατάσταση παράδοσης μεταξύ του GPRS και WLAN είναι κα 182ms.

Leung *et al.* πρότειναν μια νέα μέθοδο για να διευκολύνει την άνευ όρων κάθετη παράδοση (VHO) μεταξύ των δικτύων GPRS και WLAN που χρησιμοποιώντας το M SCTP με την Single-homing FS και dual-homing FS κατεύθυνση. Η ικανότητα πολυ-κατεύθυνσης και δυναμικής επέκτασης επανασηματισμού διευθύνσεων (DAR) εφαρμόζονται στην αρχιτεκτονική επικαλύψεων GPRS /WLAN. Το M SCTP εισάγει την ιδέα της πολυ-κατεύθυνσης, όπου ένα ενιαίο σημείο τέλους μπορεί να υποστηρίξει τις πολλαπλάσιες συνδέσεις με τις διαφορετικές διεπαφές και τις διευθύνσεις IP ταυτόχρονα.

Για να υποστηρίξουν, τα σημεία τέλους SCTP ανταλλάσσουν τους καταλόγους διευθύνσεων IP κατά τη διάρκεια της έναρξης μιας ένωσης. Αλλάζοντας τον κατάλογο αποδεκτών ενός σημείου τέλους SCTP σε μια τρέχουσα ένωση που χρησιμοποιεί την επέκταση SCTP DAR καθιστά την κινητικότητα και την άνευ όρων παράδοση πιθανές. Το SCTP DAR επιτρέπει στα σημεία τέλους SCTP που προσθέτουν, να διαγράψουν και να αλλάξουν την αρχική διεύθυνση IP δυναμικά σε μια ενεργό ένωση χρησιμοποιώντας τα χοντρά κομμάτια διαμόρφωσης

διευθύνσεων (ASCONF). SCTP με την επέκταση DAR του καλείται Κινητό SCTP (MSCTP). Τα αποτελέσματα προσομοίωσης έδειξαν ότι η απόδοση καθυστέρησης και ρυθμοαπόδοσης έχει βελτιωθεί σημαντικά χρησιμοποιώντας τη διπλή διαμόρφωση κατεύθυνσης. Στη διπλή διαμόρφωση κατεύθυνσης, η αναπαραχθείσα αποθηκευμένη μετάδοση στοιχείων στις παλαιές νέες πορείες μπορεί να βοηθήσει το δέκτη/τον αποστολέα για να προσαρμοστεί σε μια ξαφνική αλλαγή των χαρακτηριστικών των συνδέσεων εύκολα και γρήγορα κατά τη διάρκεια και μετά από μια κάθετη παράδοση.

Ashraf *et al.* πρότειναν λύσεις που χρησιμοποιούν mSCTP και SIP για τη διαχείριση κινητικότητας στην ολοκλήρωση GPRS -WLAN, ειδικά στις θέσεις δυναμικής ζώνης όπως τα ξενοδοχεία και τους αερολιμένες. Τα αναλυτικά αποτελέσματά τους έδειξαν ότι mSCTP παρέχει τις γρηγορότερες κάθετες παραδόσεις στην ολοκλήρωση GPRS -WLAN από το SIP. Επιπλέον το SIP απαιτεί επίσης τις πρόσθετες οντότητες σε διάφορα επίπεδα όπως τον κεντρικό υπολογιστή πληρεξούσιου SIP, τον κεντρικό υπολογιστή εγγραφής και τους ενδιάμεσους κεντρικούς υπολογιστές πληρεξούσιου ενώ το mSCTP δεν έχει οποιαδήποτε από αυτές τις απαιτήσεις.

Afif *et al.* πρότειναν τροποποιήσεις από τους αλγορίθμους ελέγχου συμφόρησης SCTP για να λάβει υπόψη τις πληροφορίες που στέλνονται από το κινητό στο δίκτυο GGSN μέσω QoS\_Measurement\_Chunk για την παράδοση EGPRS/WLAN. Το QoS\_Measurement\_Chunk χρησιμοποιείται για να φέρει τους ραδιοπόρους μετάδοσης στο στρώμα μεταφορών προκειμένου να προσαρμοστεί η παράμετρος ελέγχου συμφόρησης στους ραδιοπόρους μετάδοσης. Τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν ότι το SCTP με QoS\_Measurement\_Chunk αποδίδει καλύτερα από το τυποποιημένο SCTP και παρέχει μια υψηλότερη ρυθμοαπόδοση και επιτρέπει στα στοιχεία παράδοσης να εκτελεστούν καλύτερα απ'ό, τι με τα συνηθισμένα πρωτόκολλα μεταφορών μέσα στην ετερογενή ραδιοτεχνολογία πρόσβασης.

## 4.4 Συμπέρασμα

Η επέκταση των ασύρματων δικτύων τοπικής περιοχής (WLANs) έχει παράσχει στους προμηθευτές υπηρεσίας δικτύου μια επιλογή της ολοκλήρωσης με τρίτης-γενιάς (3G) ασύρματα δίκτυα ευρείας περιοχής, όπως το GPRS. Τέτοια ολοκλήρωση επιτρέπει στους κινητούς χρήστες να κινηθούν μεταξύ αυτών των ετερογενών δικτύων κατά τρόπο άνευ όρων. Εντούτοις, η ολοκλήρωση των 3G δικτύων και WLANs παρουσιάζει μερικές ιδιαίτερες προκλήσεις που περιλαμβάνουν την απαίτηση για την άνευ όρων παράδοση, τη συνοχή της κυκλοφορίας στοιχείων και τις συνόδους πολυμέσων στα δύο δίκτυα. Για να επιτύχουν την άνευ όρων παράδοση, έχουν προταθεί διάφορα πρωτόκολλα κινητικότητας. Η αναθεώρηση εγγράφου παρουσιάζει μερικά από τα πρωτόκολλα κινητικότητας MIP, SIP, SCTP, και mSCTP, που λειτουργούν σε διαφορετικά στρώματα. Και οι προσεγγίσεις MIP και SIP προσφέρουν κάποιο επίπεδο κάθετης παράδοσης υποστηρίζοντας μεταξύ του GPRS και WLANs. Το αποτέλεσμα έχει δείξει ότι είναι δύσκολο να κρατηθεί η σταθερότητα από τις συνόδους στοιχείων κατά τη διάρκεια της παράδοσης λόγω της μακροχρόνιας λανθάνουσας κατάστασης παράδοσης και των μεγάλων γενικών εξόδων να ανοίξουν τα πακέτα IP, ενώ το SCTP, και mSCTP είναι χρήσιμο για την κάθετη παράδοση μεταξύ οποιωνδήποτε ετερογενών ασύρματων δικτύων γενικά και μη περιορισμένο στην ολοκλήρωση GPRS και WLAN. Το σχέδιο SCTP VHO δεν απαιτεί την προσθήκη των συστατικών όπως ο οικειακός και ο ξένος κεντρικός υπολογιστής πρακτόρων ή στο υπάρχον δίκτυο SIP. Τέλος, η χαλαρή σύζευξη παρέχει διάφορα πλεονεκτήματα πέρα από τη σφιχτή σύζευξη στην οποία επιτρέπει τις χαμηλές δαπάνες επένδυσης και την εύκολη ανεξάρτητη εφαρμοσμένη μηχανική επέκτασης και κυκλοφορίας μεταξύ του GPRS και της δικτυακής αρχιτεκτονικής WLANs, Στο χαλαρό σχέδιο συζεύξεων, τα δίκτυα δεν χρειάζονται να αλλάξουν τις δικτυακές αρχιτεκτονικές ή τις λίστες πρωτοκόλλου τους. Ενώ η σφιχτή κοινή ιδιοκτησία ανάγκης συζεύξεων των δύο δικτύων που δεν την κάνει, πολύ εφικτή στρατηγική επέκτασης.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Δίχως αμφιβολία, η σύγχρονη εξέλιξη και επιτυχημένη χρήση των WLAN συστημάτων σε όλο τον κόσμο έχει κάνει αισθητή την ανάγκη δημιουργίας μηχανισμών διασύνδεσης μεταξύ WLAN και κυψελοειδών δικτύων δεδομένων όπως είναι το GPRS δίκτυο. Ως απάντηση σε αυτή την ανάγκη, αρκετές ομάδες standardization σε όλο τον κόσμο έχουν ξεκινήσει ποικίλες δραστηριότητες για την εκμετάλευση της WLAN τεχνολογίας και την ολοκλήρωσή της στα κυψελοειδή δίκτυα δεδομένων. Ένα από τα πιο αξιοπρόσεκτα παραδείγματα είναι το 3GPP, το οποίο απευθύνει αυτού του είδους την ολοκλήρωση μέσα σε ένα αποδεκτό πλαίσιο εργασίας πάνω στη διασύνδεση WLAN και κυψελοειδών δικτύων δεδομένων.

Όπως αναφέρθηκε και πιο πριν, υπάρχουν δύο βασικές προσεγγίσεις για την ενοποίηση WLAN – κινητών δικτύων : η σφιχτή ζεύξη (tight coupling) και η χαλαρή ζεύξη (loose coupling). Εμείς ασχοληθήκαμε με την ασαφή ζεύξη.

Η χαλαρή ζεύξη βασίζεται σε πρωτόκολλα IETF τα οποία έχουν ήδη τεθεί σε εφαρμογή στα ασύρματα δίκτυα. Συνεπώς επιβάλλει ελάχιστες απαιτήσεις στα WLANs. Όμως επιβάλλει την παροχή νέου εξοπλισμού από τον διαχειριστή του κινητού δικτύου, όπως : κυρίως συγκεκριμένους AAA σέρβερς για την ενοποίηση με τα WLAN. Επίσης απαιτεί την τοποθέτηση MIP για την υποστήριξη την κινητικότητας διαμέσου των σημείων πρόσβασης των δύο δικτύων. Το τυπικά υψηλό διάστημα που μεσολαβεί για την αντίδραση και σχετίζεται με τις MIP καταχωρήσεις είναι ένα επίμαχο θέμα και μπορεί να μην επιτρέψει μονοκόμματα μεταγωγή συνόδου για ορισμένες απαιτητικές εφαρμογές

Παρακάτω παρουσιάζεται ένας συγκεντρωτικός πίνακας (Σχήμα 4.1) με τα γενικά χαρακτηριστικά της χαλαρής ζεύξης.

Γενικά η επιλογή για την ιδανική ενοποιημένη αρχιτεκτονική θα μπορούσε να καθορίζεται από ένα αριθμό παραγόντων . Για παράδειγμα, εάν το ασύρματο δίκτυο αποτελείται από ένα μεγάλο αριθμό WLAN και κινητών διαχειριστών η αρχιτεκτονική της χαλαρής ζεύξης θα ήταν η καλύτερη επιλογή. Από την άλλη μεριά, εάν το WLAN δίκτυο ανήκει αποκλειστικά στον διαχειριστή που έχει και το κινητό δίκτυο ,τότε η συμπαγής ζεύξη είναι πιο ελκυστική. Ανεξαρτήτως πάντως από την επιλογή της αρχιτεκτονικής ζεύξης , η τεχνολογία WLAN μπορεί και θα παίζει ένα σημαντικό ρόλο στην συμπληρωματική ευρεία περιοχή των κινητών δικτύων δεδομένων.



Πίνακας : Σύγκριση σφικτής και χαλαρής σύζευξης

Κατηγορία	Σφικτή Ζεύξη	Χαλαρή Ζεύξη
Πιστοποίηση	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Επαναχρησιμοποίηση της GPRS αναγνώρισης χρήστη για τον WLAN χρήστη</li> <li>• Επαναχρησιμοποίηση του GPRS ciphering κλειδιού για το WLAN encryption</li> </ul>	Πύλη κυψελοειδούς πρόσβασης για την παροχή διασύνδεσης με SIM βασιζόμενη πιστοποίηση χρήστη. Η RADIUS βασιζόμενη αναγνώριση χρήστη αποτελεί μία εναλλακτική περίπτωση
Χρέωση	Επαναχρησιμοποίηση του GPRS υπολογισμού λογαριασμών	Μεσολαβητής χρέωσης λογαριασμού για την παροχή κοινού υπολογισμού λογαριασμών
WLAN-κυψελοειδής κινητικότητα	Το SGSN αποτελεί το call anchor και οι μεταβάσεις μέσα στα SGSN παρέχουν κινητικότητα	Ο home agent είναι το call anchor και οι μεταβάσεις των κινητών IP μεταξύ του GGSN και του access router παρέχουν κινητικότητα. Ο home agent θα μπορούσε να τοποθετηθεί στο GGSN ή στην CAG, ή κάπου σε ένα εξωτερικό δίκτυο
Μεταφορά context	Fine-grained context πληροφορία είναι διαθέσιμη, όπως QoS παράμετροι, πληροφορία για πολλαπλές ροές κ.τ.λ.	Περιορισμένη δυνατότητα μεταφοράς context μεταξύ GGSN και WLAN μέσω σχεδίων προτάσεων της IETF Seamoby ομάδας εργασίας
Μηχανική συστήματος	Η ισχυρή επίδραση WLAN δικτύου υψηλής ταχύτητας σε υπάρχον GSN από bearer και standpoint σηματοδότησης αποτελεί ένα	Τα WLAN και GPRS δίκτυα μπορούν να αντιμετωπιστούν μηχανικά ξεχωριστά.

	σημαντικό ζήτημα.	
Νέα ανάπτυξη	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Τροποποιήσεις του WLAN τερματικού για GPRS σηματοδότηση</li> <li>• Τροποποιήσεις στο WLAN δίκτυο ή στο SGSN</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CAG για SIM βασιζόμενη αναγνώριση χρήστη</li> <li>• Μεσολαβητής χρέωσης λογαριασμού για υπολογισμό λογαριασμών</li> </ul>
Standardization	Ίσως χρειαστεί ένα νέο μέσο αλληλεπίδρασης στο SGSN, συγκεκριμένα για τη σύνδεση σε WLAN δίκτυα.	Τα EAP-SIM και EAP-AKA μελετούνται από την IETF PPPext ομάδα εργασίας
Στοχευόμενη χρήση	Εφαρμόζεται πρωταρχικά σε WLAN δίκτυα που ανήκουν σε χειριστές κυψελοειδών δικτύων. Έχει περιορισμένη εφαρμογή όταν το WISP είναι διαφορετικό από τον χειριστή κυψελοειδούς δικτύου	Εφαρμόζεται πιο ευρέως

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. 3GPP, "General Packet Radio Service (GPRS); Service Description," Tech. spec. 3GPP TS 23.060 v3.12.0, June 2002; [http://www.3gpp.org/ftp/specs/2002-06/R1999/23\\_series/23060-3c0.zip](http://www.3gpp.org/ftp/specs/2002-06/R1999/23_series/23060-3c0.zip)).
2. ETSI, "Requirements and Architectures for Interworking between HIPERLAN/3 and 3rd Generation Cellular Systems," Tech. rep. ETSI TR 101 957, Aug. 2001.
3. ETSI, Broadband Radio Access Networks (BRAN); HIPERLAN Type 2, System Overview, ETSI TR 101 683, Feb. 2000.
4. K. Pahlavan *et al.*, "Handoff in Hybrid Mobile Data Networks" *IEEE Pers. Commun.*, Apr. 2000.
5. P. Krishnamurthy *et al.*, "Handoff in 3G Non-Homogeneous Mobile Data Networks," *Euro. Microwave Week*, Oct. 1998.
6. P. Krishnamurthy *et al.*, "Scenarios for Inter-Tech Mobility," WiLU tech. rep., Jan. 1998.
7. IEEE 802.11, "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," 1999.
8. 3GPP, "Feasibility Study on 3GPP System to WLAN Interworking," Tech. rep. 3GPP TR 22.934 v1.2.0, May 2002.
9. 3GPP, "IP Multimedia Subsystem; Stage 2," Tech. spec. 3GPP TS 23.228 v5.5.0, June 2002.
10. 3GPP, "QoS Concept and Architecture," Tech. spec. 3GPP TS 23.107 v5.5.0, June 2002.
11. A. K. Salkintzis, "Chapter 3: Network Architecture and Reference Model," *Broadband Wireless Mobile — 3G wireless and Beyond*, Wiley, to be published.
12. 3GPP, "3G Security; Lawful Interception Architecture and Functions," Tech. spec. 3GPP TS 33.107 v3.5.0, Mar. 2002.
13. 3GPP, "Logical Link Control Layer Specification," 3GPP TS 04.64 v8.7.0, Dec. 2001.
14. 3GPP, "BSS GPRS Protocol," 3GPP TS 08.18 v8.10.0, May 2002.
15. IEEE 802.1X, "Port-Based Network Access Control," 2001.
16. L. Blunk and J. Vollbrecht, "PPP Extensible Authentication Protocol (EAP)," IETF RFC 2284, Mar. 1998.
17. J. Arkko and H. Haverinen, "EAP AKA Authentication," Internet draft draft-arkko-pppext-eap-aka-04, June 2002.
18. C. Rigney *et al.*, "Remote Authentication Dial In User Services (RADIUS)," IETF RFC 2138, Apr. 1997.
19. IEEE 802.11i/D2.3, "Specification for Enhanced Security," Aug. 2002.
20. C. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4," IETF RFC 3220, Jan. 2002.
21. 3GPP, "3GPP System to WLAN Interworking; Functional and Architectural Definition," Tech.rep. 3GPP TR 23.934 v0.3.0, June 2002.

22. Spiros Louvros , Cosmote, “From GSM to GPRS:The Evolutionary Steps to CellularWireless Data Transmission”
23. A. K. Salkintzis, C. Fors, and R. Pazhyannur, “WLANGPRS Integration for Next-generation Mobile Data Networks”, IEEE Wireless Commun., vol. 9, no. 5, Oct.2002. pp. 112–24.
24. M. Buddhikot and I. Jone, “Integration of 802.11 and Third generation Wireless Data Networks”,Proc. IEEE INFOCOM ,03, San Francisco, CA, Apr. 2003.
25. C. E. Perkins, “IP Mobility Support”, RFC 2002, Oct. 1996.
26. H. Schulzrinne and E. Wedlund, “Application-Layer Mobility Using SIP”, ACM Mobile Comp.and Commun. Rev., vol. 4, no. 3, July 2000, pp. 47–57.
27. P. A. Pangalos and K. Lio, “End-to-end SIP based Real Time Application Adaptation During Unplanned Vertical Handovers”, Proc. IEEE GLOBECOM ’01, San Antonio,TX, Nov. 2001.
28. J. H. Saltzer, D. P. Reed, and D. D. Clark, “End-to-end Arguments in System Design”, ACM Trans. Comp. Sys., vol. 2, no. 4, Nov. 1984, pp. 278–88.
29. A. C. Snoeren and H. Balakrishnan, “An end-to-end Approach to Host Mobility”, Proc. ACM Mobicom ’00, Boston, MA, Aug. 2000.
30. S. Venkatesan and Hyeyeon Kwon,“Handover prediction Strategy for 3G WLAN Overlay Network”, IEEE,2008.
31. H. Chen and Q. Chang, “An Agile Vertical Handover Scheme for Heterogeneous Networks”, Proc. ACS/IEEE International Conference on Pervasive Services, 2006, pp. 88-97.
32. O. Yilmaz, A. Furusk r, J. Pettersson, and A. Simonsson, “ Access Selection in WCDMA and WLAN Multi-Access Networks, ” In Proceedings of the XXth IEEE Conference on Communications Technologies, Stockholm, Sweden, October 2005.
33. O. Ormond, G. Muntean, and J. Murphy, “ Network Selection Strategy in Heterogeneous Wireless Networks, ” In Proceedings of Information Technology and Telecommunications (IT&T 2005), Cork, Ireland, October 2005
34. J. Ylitalo, T. Jokikyyny, T. Kauppinen, A. J. Tuominen, and J. Laine, “ Dynamic network interface selection in multihomed mobile hosts, ” In Proceedings of Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), Hawaii, USA, January 2003.
35. M. Buddhikot, G. Chandranmenon, S. Han, Lee Y., Miller S., and L. Salgareth, “Integration of 802.11 and Third-Generation Wireless Data Networks”, IEEE 2003.
36. F. Siddiqui and S. Zeadally, “Mobility Protocols for Handover Management in Heterogeneous Networks”, in Proceedings of 11th IFIP International Conference on Personal Wireless Communications (PWC'06), Lecture Notes in Computer Science (LNCS), Springer Verlag, Albacete, Spain, September, 2006.
37. H. Luo, Z. Jiang, Kim B., Shankar N., Henry P., “Internet Roaming: A WLAN/3G Integration System for Enterprises”, AT&T Labs- Research, [www.nd.edu/~hluo/publications/SPIE02.pdf](http://www.nd.edu/~hluo/publications/SPIE02.pdf).
38. S.Tsao and C. Lin, “Design and Evaluation of UMTS-WLAN Internetworking Strategies”, Proceedings of IEEE Vehicular Technology Conference, Vol. 2,VTC 2002. pp. 777-781.
39. F.Siddiqui and S.Zeadally, “An Efficient Wireless Network Discovery Scheme for Heterogeneous Access Environments”, to appear in International Journal of Pervasive Computing and Communications, Vol. 3, No. 1, 2008.
40. S. Uskela, “Key concepts for evolution toward beyond 3G networks”, IEEE Wireless Communications, Vol. 10, Issue 1,February 2003.pp. 43-48.
41. A. K. Salkintzis, C. Fors, and R. Pazhyannur, “WLANGPRS Integration for Next-generation Mobile Data Networks”,IEEE Wireless Commun., vol. 9, no. 5, Oct.2002. pp. 112–24.
42. M. Buddhikot et al., “Integration of 802.11 and Thirdgeneration Wireless Data Networks”, Proc. IEEE INFOCOM ’03, San Francisco, CA, Apr. 2003.
43. H. Aghvami, N. Sattari, O. Holland and P. Pangalos,“Group Handover among Heterogeneous Wireless Networks”, Proc. IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON),2006.pp.607-612.

44. C. Wen-Tsuen, L. Jen-Chu, and H. Hsieh-Kuan, "An Adaptive Scheme for Vertical Handovers in Wireless Overlay Networks", in Proceedings of the First Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services, 2004. pp. 111-112.
45. F.Siddiqui and S.Zeadally, "Mobility Management Techniques for Heterogeneous Wireless Networks", Doctorate Thesis, Wayne State University, Detroit, Michigan, 2007.
46. T.Pering, V. Raghunathan, and R. Want, "Exploiting Radio Hierarchies for Power-Efficient Wireless Device Discovery and Connection Setup", Proceedings of 18th IEEE International Conference on VLSI Design held jointly with 4th International Conference on Embedded Systems Design, 2005. pp. 774- 779.
47. J. Sun, J. Riekkki, J. Sauvola, and M. Jurmu, "Towards Connectivity Management Adaptability: Context Awareness in Policy Representation and End-to-end Evaluation Algorithm", Proceedings of the 3rd International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia, 2004. pp. 85- 92.
48. M. Stemm, P.Gauthier, D.Harada, and R. Katz, "Reducing Power Consumption of Network Interfaces in Hand-Held Devices", Proceedings of 3rd International Workshop on Mobile Multimedia Communications, September 1996.
49. M.Bargh, and A. Peddemors, "Towards an Energy-Aware Network Activation Strategy for Multi Homed Mobile Devices", Proceedings of the 2006 International Conference on Pervasive Systems and Computing, June 2006.
50. T.Jukka, Ylitalo, et al., "Dynamic Network Interface Selection in Multihomed Mobile Hosts," Proceedings of the 36th Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii, USA, Jan. 2003.
51. L. J. Chen, T. Sun, B. Chen, V. Rajendran, and M. Gerla, "A smart decision model for vertical handover", In Proceedings of the 4th ANWIRE International Workshop on Wireless Internet and Reconfigurability (ANWIRE 2004), Athens, Greece, May 2004.
52. Y. Shun-Fang, Jung-Shyr Wu, and Hsu-Hung Huang, "A Vertical Media-Independent Handover Decision Algorithm across Wi-FiTM and WiMAX TM Networks", IEEE Wireless Communications, February 2008.
53. T. Kazuya, H. Yoshiaki, and O. Yuji, "Mobility Management of Transport Protocol Supporting Multiple Connections", IEEE Wireless Comm., vol. 9, no. 5, Oct.2004.
54. Y. Dong, D. Wang and J. Wang, "A Concurrent Transmission Control Protocol", IEEE Conference on Communication Network, pages 255-262, Canada, May 2007.
55. W. Xiuchao, "Intelligent TCP for the Heterogeneous Internet", School of Computing, National U. of Singapore, October 25, 2007.
56. E. Charles, "Mobile IP: Design Principles and Practices", Addison-Wesley, Reading, MA, 1998.
57. J. Jong, H. Kim, Y. Yoo, C. hoi, and Y. Hery, "New Handover Scheme for Seamless Mobility in Heterogeneous Networks", ICACT, Feb. 2008. pp. 17-20.
58. E. Hernandez and A. Helal, "Examining Mobile IP Performance in Rapidly Mobile Environments: the case of a comuter train", in Proceedings of 26th IEEE Local Computer Networks (LCN'01), FL, November 2001. pp. 365-372.
59. A. Saleh, "Mobile IP performance and Interworking architecture in 802.11 WLAN/CDMA2000 networks", in Second Annual Conference on Communication Networks and Services Research, May 2004. pp.75-79.
60. H. Schulzrinne, "Application Layer Mobility with SIP", ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications, Vol. 4, No. 3, July 2000. pp. 47 – 57.
61. W. Wu, N. Banerjee, K. Basu, and S. Das, "SIP-based Vertical Handover between WWANs and WLANs", IEEE Wireless Communications, Vol.12, June 2005. pp. 66-72.
62. H. Fathi, S. Chakraborty, and R. Prasad, "On SIP session setup delay for VoIP services over correlated fading channels", IEEE Transactions on Vehicular Technology, Volume 55, Issue 1, January 2006. pp.286-295.
63. J. Seok, and H. Wook, "Extension of SIP for Soft Handover with Bicasting", IEEE Communications System, Vol. 12, No. 7, July 2008.

64. W. Xing, H. Karl, A. Wolisz, and H. Muller, "SCTP: Design and Prototypical Implementation of an End-to-End Mobility Concept", In Proc. 5th Intl. Workshop The Internet Challenge: Technology and Applications, Berlin, Germany, October 2002.
65. L. MA, F. YU, And C. VICTOR, "A New Method To Support UMTS/WLAN Vertical Handover Using SCTP," IEEE Wireless Communications, August 2004.
66. J. Keun, S.Nam, and B.Mun, "SCTP Efficient Flow Control During Handover," IEEE Wireless Communications, 2006.
67. A. K. Salkintzis, C. Fors, and R. Pazhyannur, "WLANGPRS Integration for Next-generation Mobile Data Networks", IEEE Wireless Comm., vol. 9, no. 5, Oct.2002. pp. 112–24.
68. M. Buddhikot et al., "Integration of 802.11 and Third generation Wireless Data Networks", Proc. IEEE INFOCOM '03, San Francisco, CA, Apr. 2003.
69. K. Apostolis, "Interworking Techniques and Architectures For WLAN/3g Integration Toward 4g Mobile Data Networks", IEEE Wireless Communications, June 2004.
70. V. Varma, et al., "Mobility management in integrated umts/wlan networks", in Proc. IEEE ICC '03, May 2003.
71. M. Buddhikot, and A. Iesa, "Integration of 802.11 and third-generation wireless data networks", in Proc. IEEE INFOCOM'03, April 2003.
72. S. Tsao and C. Lin, "Design and evaluation of UMTS-WLAN interworking strategies", in Proc. VTC'02-Fall., Sept. 2002.
73. H. Altwelib, M. Ashibani and F. Ben Shatwan, "Performance Evaluation of An Integrated Vertical Handover Model for Next Generation Mobile Networks Using Virtual MAC Addresses", SATNAC Conference, September 2005.
74. V. Leung, et al., "New Method to Support UMTS/WLAN Vertical Handover Using SCTP," Wireless Communications, October 2006.
75. R. Stewart, et al., "Stream Control Transmission Protocol (SCTP) dynamic address reconfiguration," draft-ietf-tsvwg-addip-sctp-07.txt, issued Feb. 2003.
76. S. Ashraf et al., "Vertical Handoff Characterization for SIP and mSCTP Based UMTS-WLAN Integration Solutions," IEEE-GCC Conference, 2007.
- M. Afif et al., "SCTP Extension for EGPRS/WLAN Handover Data," IEEE Wireless Communications, 2006.
77. Φ.ΠΑΕΣΣΑΣ, "ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ"