



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
& ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΞΑΜΗΝΟΥ
ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ
ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ ΣΕ
ΔΙΚΤΥΑ

ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΤΩΝ FEMTOCELLS ΣΕ
ΔΙΚΤΥΑ 5G.

ΠΑΠΑΧΡΗΣΤΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

A.M 1057089

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΧΡΗΣΤΟΣ ΜΠΟΥΡΑΣ

ΠΑΤΡΑ 2017

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	I
ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ LTE – ADVANCED ΚΑΙ 5G	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: FEMTOCELLS	10
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ FEMTOCELLS	10
3.2 ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ FEMTOCELLS	11
3.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ FEMTOCELLS	12
3.4 ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ FEMTOCELLS	13
3.5 ΔΙΚΤΥΟ FEMTOCELLS	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ	19
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	21

ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

3G – 3rd Generation

3GPP- 3rd Generation Partnership Project

4G – 4th Generation

5G – Fifth Generation

IoT – Internet of Things

EPC – Evolved Packet Core

EPS – Evolved Packet System

E – UTRAN – Enhanced Universal Terrestrial Radio Access Network

FBS - Femtocells Base Station

GSM - Global System for Mobile Technology

HeNB - Home eNodeB

HMS - Home Node B Management System

HNB - Home Node Base

HNB-GW - Home Node B Gateway

LTE – Long Term Evolution

LTE-A – Long Term Evolution Advanced

MBS - Macrocells Base Station

MME - Mobility Management Entity

P-GW - Packet Data Network Gateway

QoS - Quality of Service

RAN - Radio Access Network

SCN - Small Cells Network

SCTP - Stream Control Transmission Protocol

Se-GW – Security Gateway

S-GW – Serving Gateway

UE – User Equipment

UMTS – Universal Mobile Telecommunication Systems

UTRAN – Universal Terrestrial Radio Access Network

WCDMA – Wideband Code Division Multiple Access

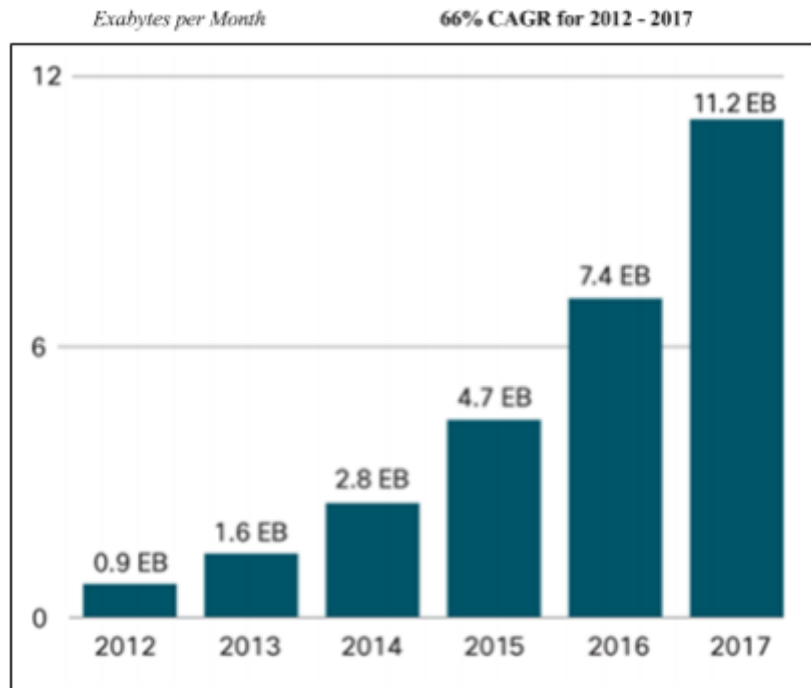
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με την αύξηση των εφαρμογών στα σύγχρονα κινητά τηλέφωνα τύπου smartphones, η υψηλή ζήτηση στη χρήση υπηρεσιών φωνής και δεδομένων έχει γίνει επιτακτική ανάγκη. Για το σκοπό αυτό προτείνονται από παρόχους κινητής τηλεφωνίας, εναλλακτικές υπηρεσίες που μπορούν να προσφέρουν ευρυζωνικές υπηρεσίες.

Σύμφωνα με στατιστικές μελέτες, υπάρχει μία ραγδαία αύξηση της περιήγησης κινητών χρηστών, σε εφαρμογές και ιστότοπους όπως το Facebook και το Twitter, Video Streaming όπως και εφαρμογές που επιτρέπουν Voice-over Internet Protocol (VOIP) κλήσεις. Μεγάλος εξακολουθεί να είναι ωστόσο και ο όγκος εφαρμογών διαφόρων τύπων όπως ιατρικές, παραγγελειοληψίας, ψυχαγωγίας οι οποίες απαιτούν λήψη πολλών δεδομένων σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Συχνά απαιτούνται πολλές αλληλεπιδράσεις με βάσεις δεδομένων και απομακρυσμένους servers για την ικανοποίηση των συνεχών αυξανόμενων αναγκών των τερματικών χρηστών.

Ο πιο σημαντικός παράγοντας στην παραπάνω κατάσταση είναι η συνεχή προσπάθεια διαφόρων παρόχων να καλύψουν όλες αυτές τις υπηρεσίες και ανάγκες των χρηστών σε ευρυζωνικές υπηρεσίες. Στόχος είναι να παρέχουν όσο το δυνατόν καλύτερο ρυθμό δεδομένων με ένα μεγάλο εύρος ζώνης, δημιουργώντας έτσι προβλήματα και συζητήσεις για το πώς μπορεί να επιτευχθεί αυτό ενισχύοντας τις υπηρεσίες των χρηστών με παράλληλη ικανοποίηση των συμφερόντων τους.

Σύμφωνα με μία έρευνα της Cisco η κίνηση δεδομένων πρόκειται να φτάσει τα 11.2 Exabytes το 2017 μήνα συγκριτικά με το 2012 που η κίνηση δεδομένων από τελικούς χρήστες έφτανε τα 0.9 Exabytes όπως μπορούμε να δούμε και στο παρακάτω γράφημα.



Εικόνα: 1.1 Cisco προβλέψεις κίνησης δεδομένων ανα μήνα

Επιπλέον παρατηρούμε ότι η αύξηση της κίνησης δεδομένων από τερματικούς χρήστες από το 2012 έως το 2017 ανέρχεται στα 66%. Αυτή η ραγδαία αύξηση της ροής θα λέγαμε ότι έχει ως αποτέλεσμα την τεχνολογία να οδηγείται στη διασύνδεση των διαφόρων συσκευών μέσω της υπολογιστικής νέφους (cloud) αλλά και τον κόσμο του Internet Of Things(IoT)[1].

Παρακολουθώντας την παραπάνω τάση οι πάροχοι υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας εργάζονται σκληρά έτσι ώστε να δημιουργήσουν καινοτόμες λύσεις για την κάλυψη των απαιτήσεων που καθημερινά δημιουργούνται. Μερικές από τις προτεινόμενες λύσεις είναι η κάλυψη των παραπάνω αναγκών με χρήση μικρότερων κυψελών microcells και nanocells, έτσι ώστε να αυξηθεί η χωρητικότητα σε περιοχές στις οποίες οι απαιτήσεις είναι αυξημένες. Τέτοιες περιοχές συχνά είναι πυκνοκατοικημένες περιοχές, πανεπιστήμια, συνεδριακοί χώροι, στάδια κτλπ.

Η παραπάνω πρόταση ενώ αποτελεί μία αποτελεσματική λύση για την κάλυψη των αναγκών τελικών χρηστών, το σχετικό κόστος προγραμματισμού αλλά και εξοπλισμού που απαιτείται για την πραγματοποίησή του, το καθιστούν αδύναμο να πραγματοποιηθεί.

Έτσι για την κάλυψη του παραπάνω κόστους, προτάθηκε η χρήση femtocells, καθώς μπορούν να συμβάλλουν στην αντιμετώπιση των υψηλών απαιτήσεων σε

ρυθμούς μεταφοράς δεδομένων και έχουν πιο μειωμένο κόστος συγκριτικά με τις macro κυψέλες. Η χρήση των femtocells στην διευκόλυνση της κίνησης δεδομένων βοήθησε σημαντικά την εμπειρία των χρηστών στην κίνηση δεδομένων αφού παρέχει διασύνδεση , μέσω του σταθμού βάσης Femtocell Base Station (FBS) παρόμοια με εκείνη ενός Macrocell Base Station (MBS) , προς οποιαδήποτε τερματική συσκευή. Συνεπώς αποτελεί μία ιδανική λύση για τους παρόχους ευρυζωνικών υπηρεσιών, αφού είναι σχετικά μικρά σε μέγεθος, διαθέτουν χαμηλής κατανάλωσης σταθμούς βάσης και έχουν χαμηλή ισχύ μετάδοσης. Επιπλέον οι συσκευές σταθμών βάσης έχουν αναπτυχθεί με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να είναι προσαρμόσιμα βάση των διαφόρων απαιτήσεων κάθε φορά, ενώ επικοινωνούν μέσω του Internet Protocol, μέσω των διαφόρων πελατών. Τέλος η κάθε συσκευή έχει τη δυνατότητα να τροφοδοτείται τοπικά από την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος.

Σύμφωνα με στατιστικές μελέτες από την Vodafone του Κατάρ και την Telefonica της Ισπανίας, φαίνεται να έχουν διπλασιάσει τον αριθμό των κυψελών εντός 12 μήνων. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η αγορά σταθμών βάσης θα φτάσει τα 20 εκατομμύρια μέχρι το 2017. Στην ανάπτυξη των femtocells, ιδιαίτερη προσοχή έχει δοθεί στην τεχνολογία Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA), αλλά δίνεται μεγαλύτερη έμφαση στην τεχνολογία Long Term Evolution Advances (LTE - A) και την εμφάνιση του 5G σαν νέα τεχνολογία επικοινωνίας[2][3].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

LTE-ADVANCED ΚΑΙ 5G

Για να μπορέσουν οι πάροχοι ευρυζωνικών υπηρεσιών να καλύψουν τις συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις σε εύρος ζώνης και ροής δεδομένων, στοχεύουν στην δημιουργία του λεγόμενου “All – IP” δικτύου, το οποίο υποστηρίζει και πολυμεσικές υπηρεσίες, όπως video streaming κτλπ. Ουσιαστικά η λογική που αναπτύσσεται πίσω από αυτό είναι η δημιουργία και εγκατάσταση μιας IP υποδομής η οποία θα λειτουργεί ως συνδετικός κρίκος και backbone core network όλων των υπολοίπων ασύρματων δικτύων , είτε πρόκειται για δίκτυα κυτταρικής τηλεφωνίας, είτε για ασύρματα δίκτυα δεδομένων δηλαδή WPANs, WLANs και WMANs. Η συνεχώς αυξανόμενη ανάγκη για νέα δεδομένα των χρηστών εισήγαγε την ανάγκη δημιουργίας νέων δικτύων που θα μπορούσαν να καλύψουν τις υπάρχουσες ανάγκες. Έτσι δημιουργήθηκαν τα δίκτυα LTE , LTE – Advanced και η άφιξη του δικτύου 5G.

Το δίκτυο LTE – Advanced, είναι μια τεχνολογία η οποία πήρε το όνομα της από το πρότυπο 3rd Generation Partnership Project (3GPP), έτσι ώστε να καλυφθούν διάφορες δικτυακές ανάγκες των κινητών επικοινωνιών. Το 3GPP LTE, ξεκίνησε το 2004. Στόχευε στην βελτίωση του Universal Terrestrial Radio Access Network (UTRAN) και για αυτό το λόγο συνέβαλλε μαζί με τον ερχομό του 5G σε σημαντικά οφέλη όπως:

- Μείωση καθυστερήσεων στην επικοινωνία
- Αύξηση ρυθμού μετάδοσης δεδομένων
- Μείωση κόστος ανα bit, η οποία συμβάλλει παράλληλα στην καλύτερη φασματική απόδοση
- Αύξηση διαθέσιμου εύρους ζώνης
- Καλύτερη αρχιτεκτονική δικτύου
- Εύκολη πρόσβαση βάσει της κινητικότητας των χρηστών

- Μείωση κατανάλωσης ενέργειας

Τα δίκτυα LTE-Advanced και επερχόμενα 5G αποτελούν ένα σύνολο ετερογενών αλλά και IP-based δικτύων, που επιτρέπουν στον χρήστη να χρησιμοποιεί την τερματική του συσκευή οπουδήποτε και οποτεδήποτε, έχοντας τα παραπάνω σημαντικά οφέλη έναντι παλιότερων τεχνολογιών.

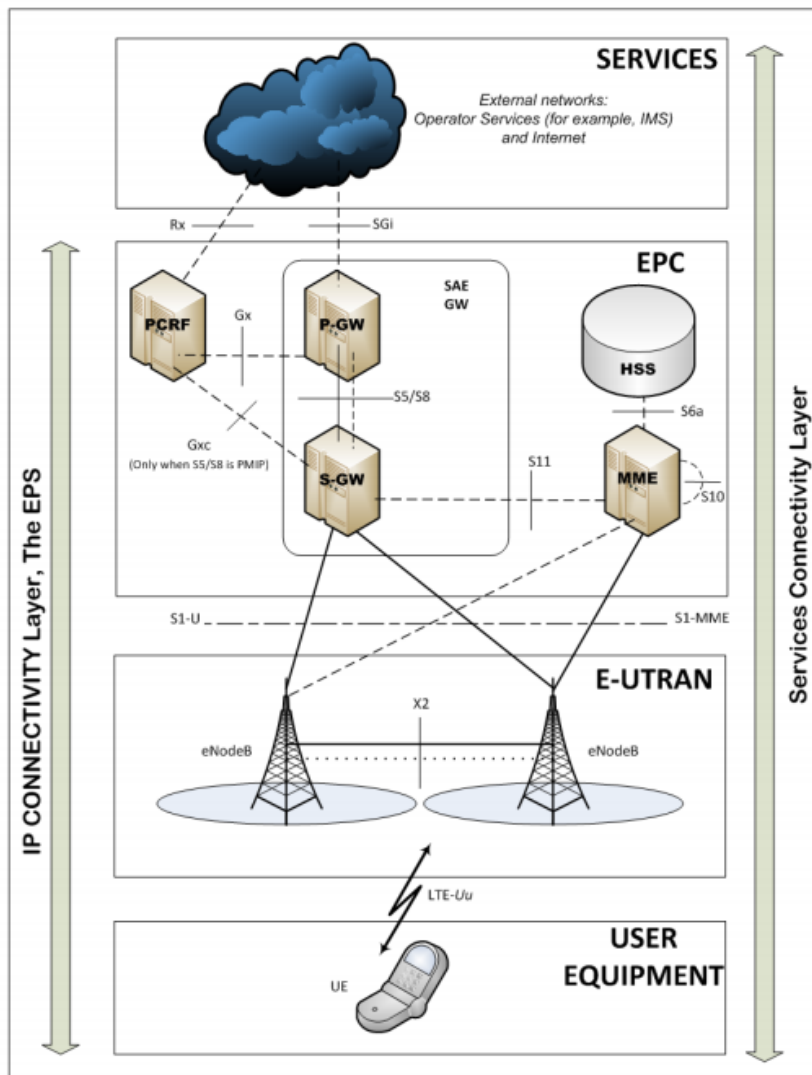
Τα κύρια χαρακτηριστικά της αρχιτεκτονικής LTE – Advanced αλλά και του 5G σαν ασύρματα δίκτυα είναι:

- Ο σταθμό βάσης, ο οποίος περιλαμβάνει μία κεραία, έναν ελεγκτή δικτύου και ένα πλήθος από δέκτες σήματος ή Radio Access Network (RAN)

- Ο κινητός σταθμός

- Και το κέντρο μεταγωγής, το οποίο είναι υπεύθυνο για τις κλήσεις ανάμεσα στις κινητές μονάδες και είναι υπεύθυνο για το handoff. Το handoff είναι το φαινόμενο, σύμφωνα με το οποίο, κατά τη μεταφορά ενός κινητού από μία κυψέλη σε μία γειτονική του αποφασίζεται ποιά κυψέλη θα εξυπηρετεί τις ανάγκες επικοινωνίας για το συγκεκριμένο κινητό. Ο πυρήνας ονομάζεται Evolved Packet Core (EPC). Το σύστημα Evolved Packet είναι ουσιαστικά ο συνδυασμός του RAN και EPS. Ενώ στο υψηλότερο σημείο της δομής του 5G βρίσκεται το Core Network (CN) ή E-UTRAN[4][5].

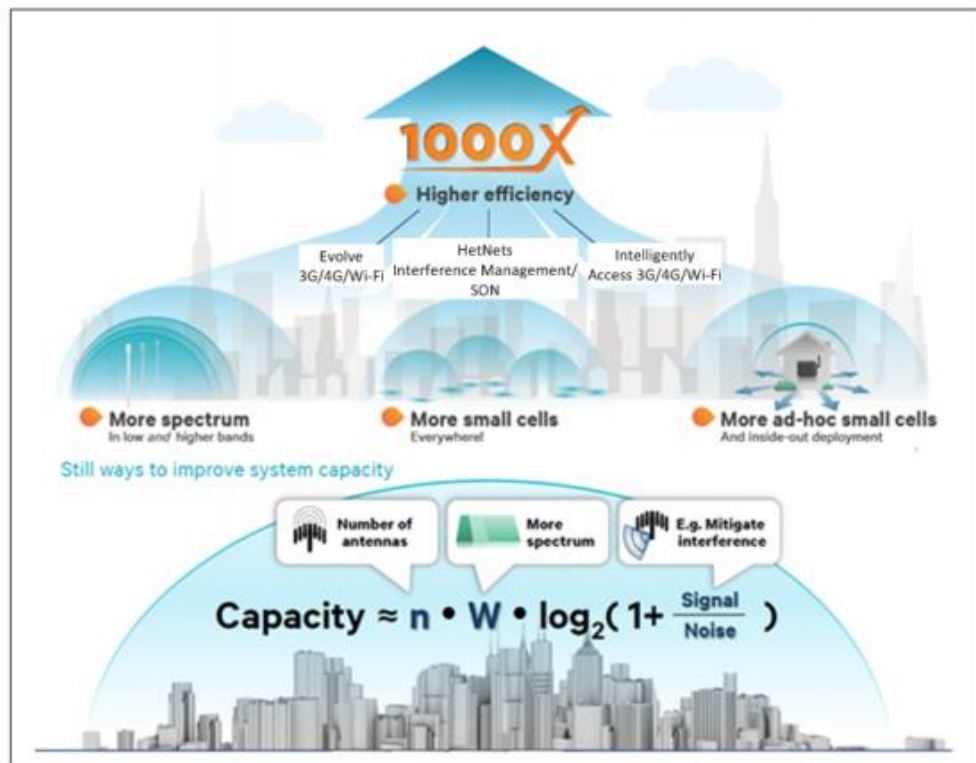
Η εικόνα 2.1 απεικονίζει μία γενική άποψη της αρχιτεκτονικής και τα συμβαλλόμενα μέρη ενός ασύρματου δικτύου. Τα 4 κύρια μέρη της αρχιτεκτονικής είναι οι υπηρεσίες (Services), το EPC, το E-UTRAN και ο τερματικός χρήστης σαν ανεξάρτητες οντότητες.



Εικόνα: 2.1 Αρχιτεκτονική για τα 3GPP ασύρματα δίκτυα

Για να μπορέσουν οι πάροχοι ευρυζωνικών υπηρεσιών να καλύψουν τις ανάγκες των χρηστών, χρειάζεται να διαιρέσουν τις περιοχές όπου υπάρχει μεγάλη ζήτηση δεδομένων βάσει κυψελών. Έτσι η συνολική περιοχή διαιρείται σε κυψέλες, καθεμία από τις οποίες εξυπηρετείται από τη δική της κεραία. Όλες οι κυψέλες εξυπηρετούνται από ένα σταθμό βάσης, που περιλαμβάνει ένα μεγάλο πλήθος πομπών, ληπτών και ελεγκτών. Πάντοτε, κάποια συγκεκριμένα κανάλια συχνοτήτων αποδίδονται σε κάθε κυψέλη. Αυτό γίνεται με διάφορους τρόπους, ώστε να μην προκύπτει το πρόβλημα παρεμβολής των γειτονικών κυψελών. Οι κυψέλες εγκαθίστανται, έτσι ώστε, οι κεραίες σε κάθε γειτονική περιοχή να δομούνται σε κανονικά εξάγωνα και να καλύπτουν όσο το δυνατόν μεγαλύτερες περιοχές. Συχνά ωστόσο λόγω των αυξανόμενων αναγκών των χρηστών απαιτείται αύξηση χωρητικότητας των καναλιών και ροής δεδομένων[6][7].

Η συνεχώς αυξανόμενη ροή δεδομένων, σε συνδυασμό με την κάλυψη του λεγόμενου Quality of Service(QoS) εισάγει την ανάγκη ενός μεγαλύτερου Signal-to-Noise Ratio (SINR). Η εικόνα 2.2 δείχνει ότι ο αριθμός των κεραιών n, θα οδηγήσει σε αύξηση της συνολικής χωρητικότητας του συστήματος, καλύτερο εύρος ζώνης W, και μία πολύ καλή τιμή Signal-to-Noise Ratio, ενισχύοντας έτσι την ροή δεδομένων στο σύστημά μας.



Εικόνα: 2.2 Αύξηση χωρητικότητας συστήματος

Η αύξηση χωρητικότητας συντελείται με την προσθήκη νέων καναλιών, αφού αυτά εξασφαλιστούν, με το δανεισμό καναλιών από γειτονικές κυψέλες, οι οποίες δεν παρουσιάζουν υψηλά ποσοστά συμφόρησης και περιλαμβάνουν αχρησιμοποίητες συχνότητες και άρα, μπορούν να εξυπηρετήσουν άλλες ανάγκες, με το διαχωρισμό της κυψέλης σε μικρότερες κυψέλες καθώς και τη χρήση Femtocells[8][9].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: FEMTOCELLS

Στην ενότητα αυτή, γίνεται μία εκτενής αναφορά στην τεχνολογία των Femtocells και την ενσωμάτωση αυτών σε δίκτυα LTE-Advanced και 5G.

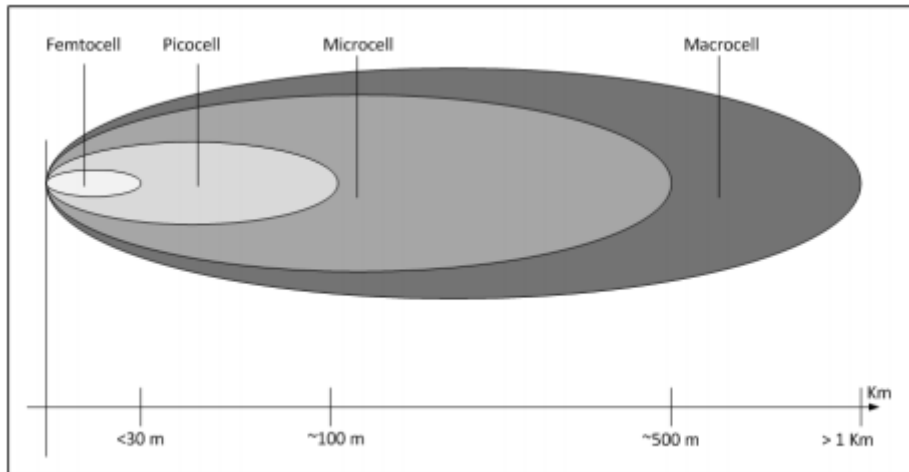
3.1 Εισαγωγή στα Femtocells

Όπως αναφέραμε και παραπάνω, τα femtocells έχουν προταθεί σαν μία λύση για καλύτερη κάλυψη των αναγκών των χρηστών για ροή δεδομένων, αφού καταφέρνουν να βελτιώνουν σημαντικά προβλήματα κάλυψης αλλά και χωρητικότητας χρηστών.

Τα τελευταία χρόνια γίνεται μία ισχυρή προσπάθεια από το 3GPP, ώστε να βελτιωθεί η χωρητικότητα του συστήματος στα ασύρματα δίκτυα με τη χρήση και παραμετροποίηση ενισχυμένων κεραιών αλλά και με την χρήση microcells ακόμα και nanocells. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω το κόστος αυτών των τεχνολογιών είναι ιδιαίτερα υψηλό για κάλυψη των αναγκών. Έτσι εμφανίζεται ως επιτακτική ανάγκη η χρήση των femtocells. Στα ασύρματα δίκτυα 3G, η τεχνολογία femtocell αναφέρεται ως Home NodeB και λίγο αργότερα σε Home Enhanced NodeB (HeNB).

Οι σταθμοί βάσης Femtocells ή αλλιώς Femto Base Station (FBS) είναι μικροί σε μέγεθος, χαμηλής ισχύος σταθμοί βάσης ή Access Points (APs) που είναι εγκατεστημένα έτσι ώστε να ενισχύουν την υπάρχουσα δομή της συμβατικής κινητής επικοινωνίας σε μία μεγάλη περιοχή βελτιώνοντας την χωρητικότητα σε όλα τα κυψελωτά δίκτυα [10]. Πολλές φορές οι FBS αναφέρονται και ως ασύρματες διεπαφές που έχουν την ικανότητα να συνδέουν τον κύριο macro σταθμό βάσης με τους τερματικούς χρήστες σε μη πυκνοκατοικημένες περιοχές ή κτίρια.

Η ανάπτυξη των femtocells βοήθησε σημαντικά στην μείωση του μεγέθους των κυψελών και στην αύξηση της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών. Ωστόσο πολύ έμφαση δίνεται στη μείωση της μέγιστης ισχύος με την οποία μεταδίδεται με χρήση femtocells έναντι των macrocells. Η παρακάτω εικόνα μας δείχνει μία απεικόνιση της περιοχής κάλυψης των διαφόρων κυψελωτών δομών[11].



Εικόνα 3.1 Σύγκριση εμβέλειας των διαφόρων κυψελωτών δομών.

3.2 Οφέλη από τη χρήση τους

Η χρήση των femtocells εισάγει θα λέγαμε αρκετά οφέλη στο τηλεπικοινωνιακό κομμάτι, μερικά από τα οποία είναι:

- **Κάλυψη και χωρητικότητα:** Τα femtocells έχουν κατασκευαστεί έτσι ώστε να καλύπτουν μικρές αποστάσεις, οι οποίες με τη σειρά τους βοηθούν στο να έχουμε χαμηλή ισχύ εκπομπής και υψηλότερο SINR. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχει άριστη λήψη σήματος κατά τη διαδικασία λήψης οδηγώντας σε καλύτερη κάλυψη και ταυτόχρονα μεγαλύτερη χωρητικότητα.
- **Αξιοποίηση των macrocells.** Η χρήση των femtocells βοηθά στη μείωση του φόρτου εργασίας που καλούνται να εκπληρώσουν τα macrocells. Τα macrocells έχουν την ιδιότητα να χρησιμοποιούν ορισμένους από τους πόρους που έχουν στην διάθεσή τους για καλύτερη λήψη και μεγαλύτερη εξυπηρέτηση χρηστών κινητών τηλεφώνων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα femtocells μπορούν να απορροφήσουν ένα μέρος της εσωτερικής κυκλοφορίας.
- **Κόστος.** Από την άποψη της μείωσης του κόστους, η χρήση των femtocells, έχει οδηγήσει στη μείωση του κόστους των υπηρεσιών πολλών ευρυζωνικών υπηρεσιών που προσφέρονται από τους παρόχους κινητής τηλεφωνίας.

Συνοπτικά θα λέγαμε ότι τα femtocells, εισάγουν οφέλη τόσο για τους παρόχους όσο και για τους χρήστες:

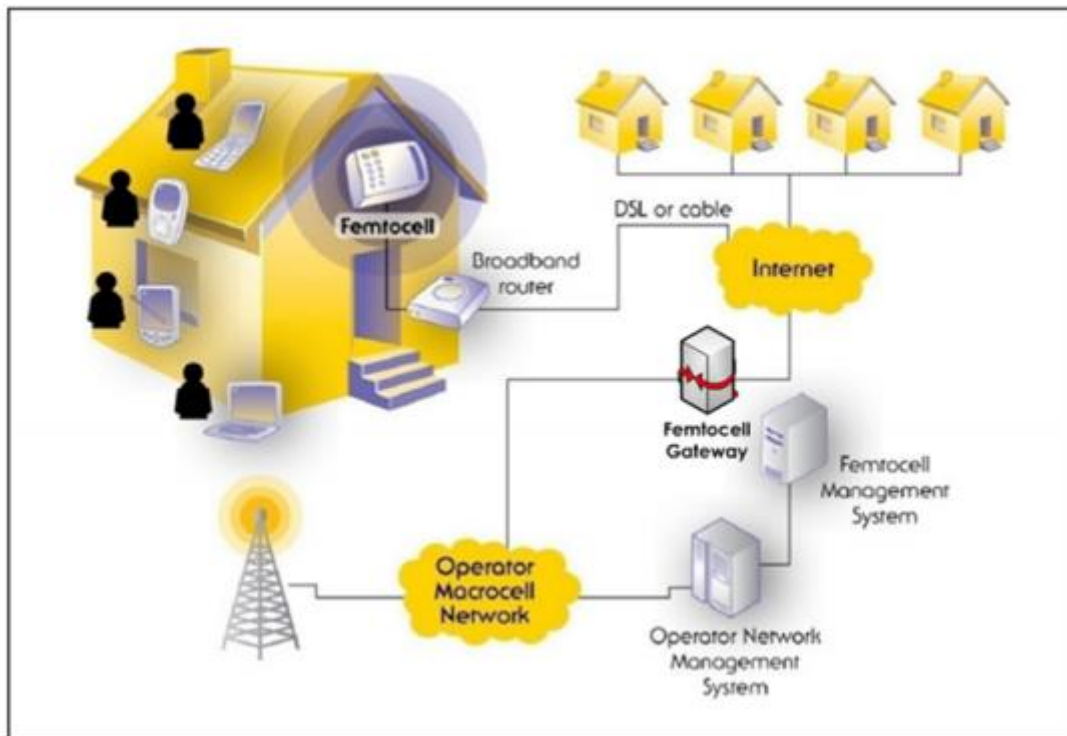
- Για τους παρόχους, τα δεδομένα απαλλάσσονται πλέον από τη χρήση macrocells, αυξάνουν τα έσοδα τους με χαμηλότερο κόστος για backhaul ενώ αθξάνεται ή μένει σχεδόν ίδιος ο αριθμός των πελατών που έχουν συνδρομή στην εταιρεία τους.
- Από την άλλη μεριά, οι χρήστες απολαμβάνουν καλύτερη εσωτερική κάλυψη, εξαιρετικά ταχύτητα δεδομένων, και βελτίωση στην κατανάλωση ενέργειας[12].

3.3 Τεχνολογίες Femtocell

Εκτος από τα οφέλη που εισάγει η χρήση των femtocells στα ασύρματα δίκτυα LTE-A και 5G, είναι και η χρήση επιπλέον φάσματος σε συνδυασμό με την χρήση των συνδέσεων που διαθέτουν ήδη οι χρήστες στο σπίτι ή το γραφείο τους. Η υποδομή των femtocells απαιτεί σχεδιασμό τεχνολογιών που θα μπορούν να προσαρμοστούν στα ήδη υπάρχοντα κυψελωτά δίκτυα.

Η δομή των femtocells θα λέγαμε ότι είναι τέτοια ώστε να είναι ικανή να αλληλεπιδρά εύκολα με τα ήδη υπάρχοντα κυψελωτά δίκτυα σε οποιοδήποτε στρώμα δικτύου. Η διαχείριση των handsoff, των παρεμβολών μεταξύ κυψελών και του κόστους, έχει κάνει πολλούς από τους παρόχους να προσαρμόζουν την χρήση τους στις ανάγκες των χρηστών βασιζόμενοι πάντα στην κυψελωτή δομή που έχουν στη διάθεσή τους.

Η εικόνα 3.2 απεικονίζει ένα βασικό δίκτυο femtocell



Εικόνα 3.2 Δίκτυο femtocell.

Κάποια βασικά ζητήματα κατά το σχεδιασμό τεχνολογιών βασισμένων στα femtocells είναι:

- Η τυποποίηση, ρύθμιση και διαλειτουργικότητα των διαφόρων μερών του δικτύου.
- Marketing και προώθηση των διαθέσιμων τεχνολογιών femtocells

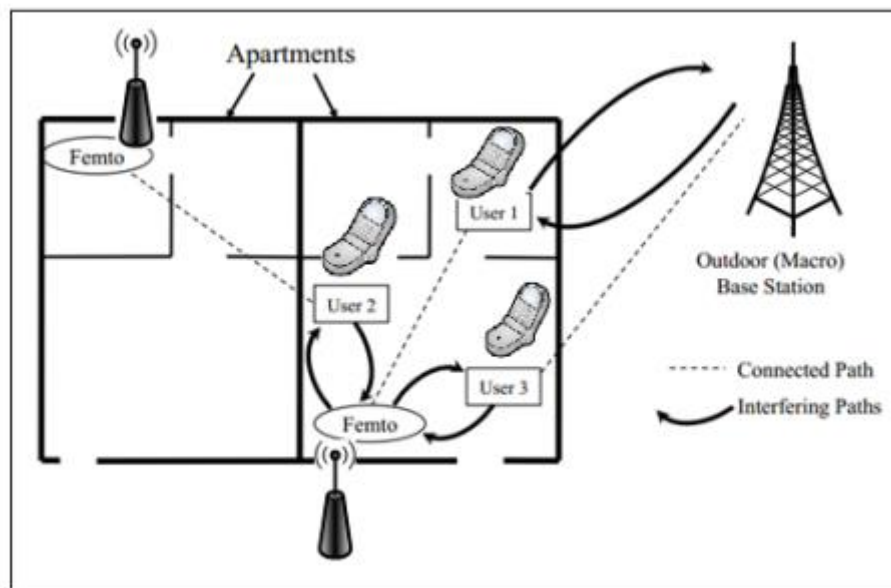
Οι πιο σημαντικές τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί βασισμένες στα femtocells είναι το UMTS/CDMA2000 femtocells και τα LTE/ LTE – Advanced femtocells.

3.4 Προκλήσεις από τη χρήση Femtocell

Παρα το γεγονός ότι τα femtocells εισάγουν σημαντικά οφέλη στις τεχνολογίες που εφαρμόζονται από τους παρόχους ευρυζωνικών υπηρεσιών, υπάρχουν κάποιες προκλήσεις τις οποίες πρέπει να λάβουμε υπόψη.

Κάποιες από αυτές είναι:

- Οι παρεμβολές. Το θέμα των παρεμβολών είναι ίσως το πιο σημαντικό ζήτημα κατά τη διαδικασία σχεδιασμού τεχνολογιών που υποστηρίζουν femtocells υποδομή. Η εισαγωγή ενός femtocell σε ένα κυψελωτό δίκτυο μεταβάλλει ουσιαστικά την τοπολογία ολόκληρου του δικτύου. Παρεμβολές μπορεί να υπάρξουν μεταξύ femtocells και macrocells ή και femtocells μεταξύ femtocells. Οι παρεμβολές μεταξύ macrocells και femtocells οφείλονται στην ισχύ εκπομπής και σε απώλεια δεδομένων. Η παρακάτω εικόνα δείχνει μία τέτοια παρεμβολή.



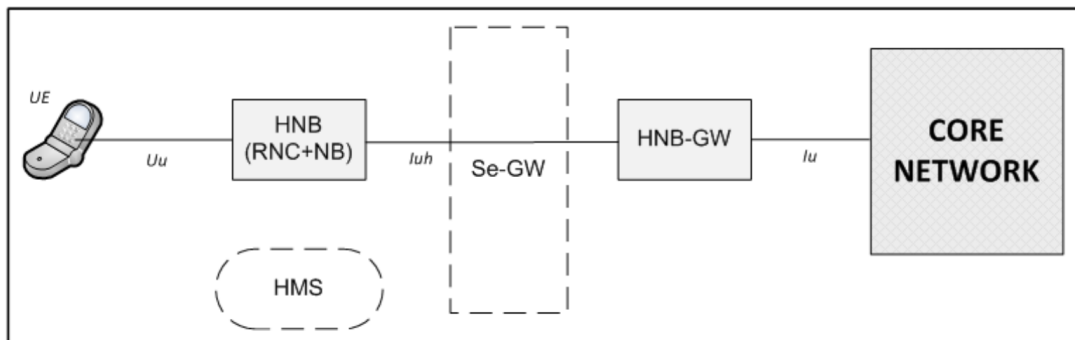
Εικόνα 3.3 Παρεμβολές macro & femto cells

- Κινητικότητα χρηστών και διαπομπές. Οι τερματικοί χρήστες έχουν την ιδιότητα να μετακινούνται εναλλάσσοντας πολλές φορές κυψέλες. Σε μια «ιδανική» τοποθεσία εντός macrocell υπάρχει πάντα ικανοποιητική εξυπηρέτηση από τον σταθμό βάσης στον τερματικό χρήστη. Ωστόσο ζητήματα διαπομπών από femtocells σε macrocells ή και femtocells μεταξύ τους πολλές φορές δημιουργούν ζητήματα στην παροχή υπηρεσιών.
- Backhaul. Πολλές φορές όσον αφορά τη σχεδίαση συστημάτων με χρήση femtocells, εντοπίζονται θέματα ασφάλειας της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών. Αυτός είναι και ο βασικός λόγος που έχουμε

αμφιβολίες κατά τη σχεδίαση συστημάτων όσον αφορά το QoS και το περιορισμένο εύρος ζώνης[13][14].

3.5 Δίκτυο Femtocell

Κάποια βασικά στοιχεία της αρχιτεκτονικής femtocells είναι το Home Node B Gateway (HNB-GW) και το Home Node B Management System (HMS). Πέρα από αυτά ωστόσο υπάρχει και το Security Gateway (SeGW) που είναι υπεύθυνο για την ασφάλεια στις παρεχόμενες υπηρεσίες όπως δείχνει και η παρακάτω εικόνα.



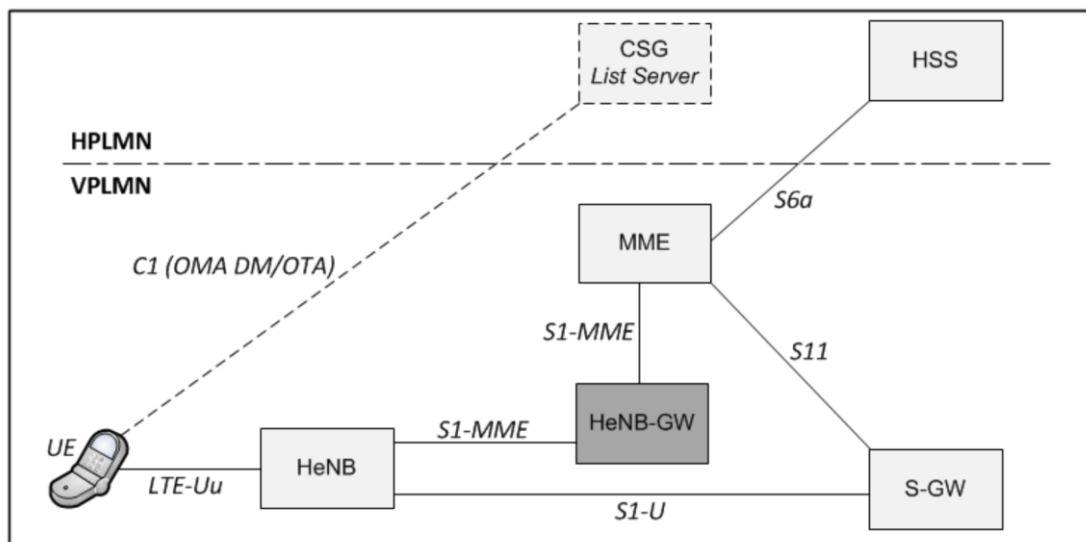
Εικόνα 3.4 Γενική Αρχιτεκτονική femtocell.

Τα τελευταία χρόνια γίνεται μεγάλη προσπάθεια να ενσωματωθούν τα HNB στα συστήματα 4G και 5G. Στόχος είναι να μπορούν να ενσωματωθούν στην ήδη υπάρχουσα δομή χωρίς να χρειάζονται δικτυακές αλλαγές.

Η ενσωμάτωση των femtocells στα δίκτυα 4G+ και 5G εντοπίζονται σε τρεις πιθανές κατηγορίες:

Περίπτωση 1:

Στην συγκεκριμένη περίπτωση έχουμε την παραπάνω αρχιτεκτονική με αποκλειστική χρήση του HeNB-GW. Είναι η πιο εύκολη θα λέγαμε μορφή-περίπτωση υποδομής καθώς είναι πολύ εύκολη στην υλοποίηση της με τις υπάρχουσες δικτυακές συνθήκες.



Εικόνα 3.5 1η περίπτωση Αρχιτεκτονικής femtocell.

Η παρουσία του HeNB-GW με χρήση του SeGW κάνει την επικοινωνία των διαφόρων οντοτήτων εύκολη και άμεση ενώ η χρήση του SeGW μπορεί να υλοποιηθεί σαν ανεξάρτητη οντότητα ή σαν μέρος του HNB-GW.

Κάποια από τα οφέλη της παραπάνω δομής είναι:

- Έχουμε την ύπαρξη ενός Stream Control πρωτοκόλλου επικοινωνίας το λεγόμενο Stream Control Transmission Protocol (SCTP) που εμπεριέχεται στο HeNB-GW και το κέντρο διαχείρισης κινητικότητας χρηστών, Mobility Management Entity (MME). Μεταξύ του HeNB και του HeNB-GW υπάρχει μόνο ένα SCTP. Είναι πολύ σημαντικό να τονίσουμε ότι αν τα HeNB αυξηθούν στην τοπολογία ενός δικτύου, η σχέση SCTP και MME παραμένει ως έχει χωρίς καμία μεταβολή στο δίκτυο.

- Η παραπάνω δομή μπορεί να αποκρύψει τις IP διευθύνσεις των MME και S-GW από το HeNB, κάνοντας έτσι ακόμα πιο ασφαλές το δίκτυο, αφού οι διευθύνσεις των παραπάνω οντοτήτων παραμένουν ιδιωτικές.

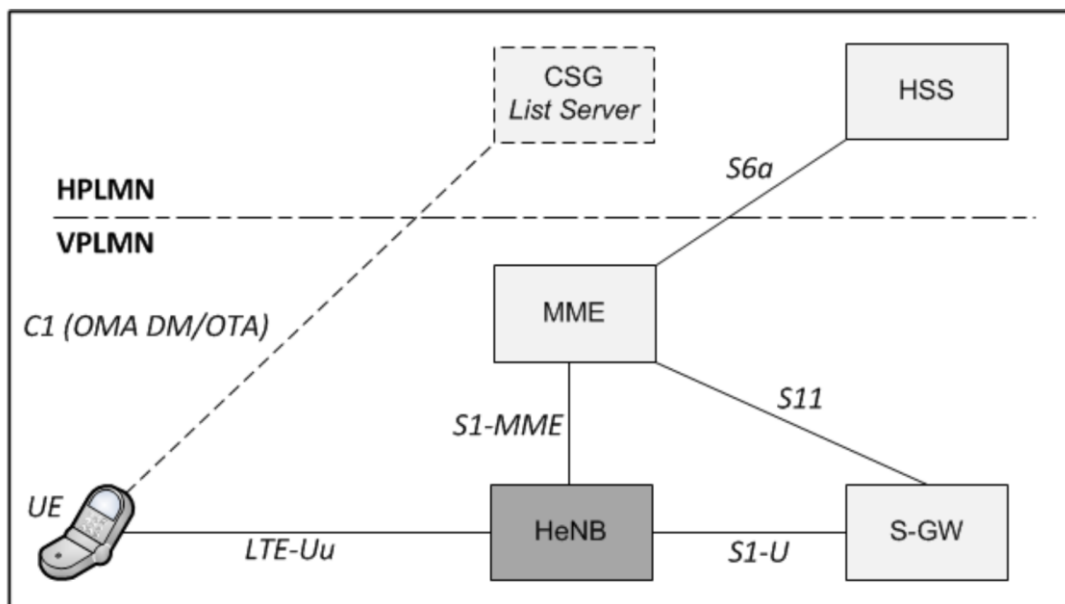
- Ένα ακόμα θετικό της παραπάνω δομής είναι ότι το HeNB-GW έχει την πιθανότητα να υλοποιήσει ένα μοντέλο άρνησης εξυπηρέτησης ή όπως ονομάζεται Denial of Service (DoS) έχοντας την ιδιότητα να προστατεύει το MME και S-GW. Με αυτό τον τρόπο μπορεί πολύ απλά να εντοπίσει, φιλτράρει και εξομαλύνει τυχόν υπερφόρτωση δικτύου που μπορεί να απειλήσει το QoS.

Στη γενική της μορφή η παραπάνω δομή θα λέγαμε ότι εισάγει ένα φόρτο επεξεργασίας επηρεάζοντας την κίνηση των δεδομένων αναλογικά. Δεδομένου ότι το HeNB συνδέεται σε μόνο ένα HeNB-GW, μειώνεται η επεξεργασία των δεδομένων ακόμα περισσότερο. Πρόκειται για μία δομή που είναι αρκετά εύκολο να ενσωματωθεί από τους παρόχους υπηρεσιών αφού είναι απλή στη δομή της και μπορεί να υποστηριχθεί από την ήδη υπάρχουσα αρχιτεκτονική.

Περίπτωση 2:

Στην περίπτωση αυτή, στην αρχιτεκτονική δεν υπάρχει HeNB-GW. Οι λειτουργίες του HeNB-GW έχουν ενσωματωθεί στο HeNB και MME με σκοπό να μειωθεί το κόστος της υποδομής.

Η παρακάτω αρχιτεκτονική υποστηρίζει την δυνατότητα της HeNB με τρόπο εύκολο στην προσαρμογή της στην παρούσα αρχιτεκτονική. Τέλος όπως μπορούμε το HeNB και MME επικοινωνούν μέσω του Se-GW.

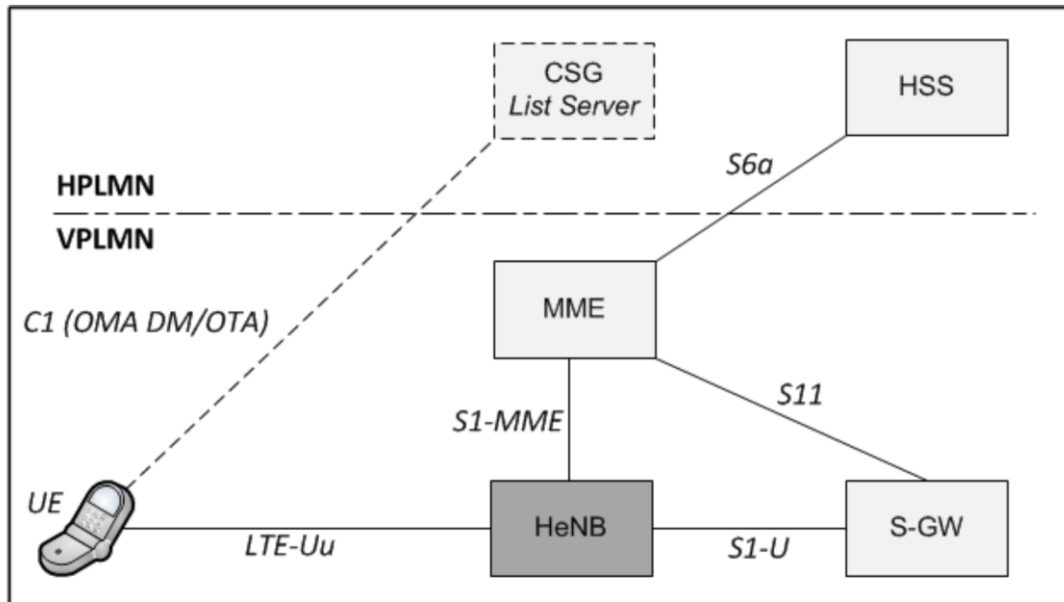


Εικόνα 3.6 2η περίπτωση αρχιτεκτονικής femtocell.

Η παραπάνω αρχιτεκτονική συγχωνεύοντας κάποια από τα παραπάνω στοιχεία μειώνει το κόστος υποδομής αναδεικνύοντας την σε μια πιθανή λύση ενσωμάτωσης femtocells.

Περίπτωση 3:

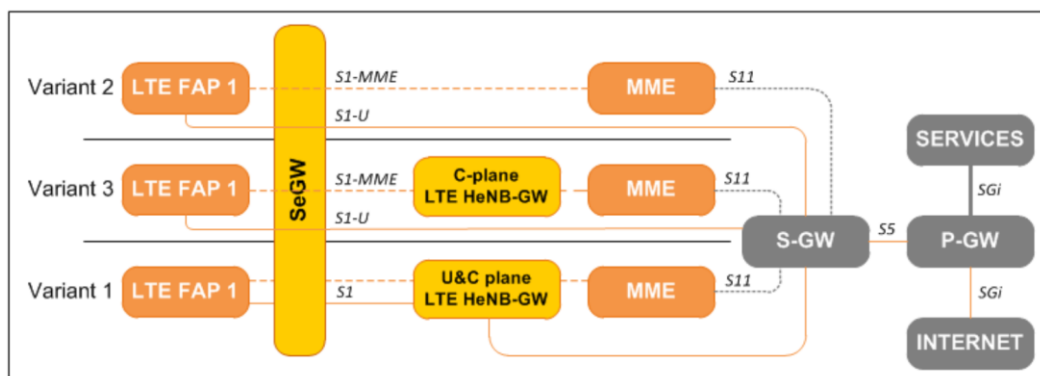
Το παρακάτω σχήμα δείχνει την LTE-femto cell δικτυακή δομή. Στην δομή αυτή υπάρχει ένα HeNB-GW στο C-plane και η S1-U υποδομή του HeNB καταλήγει στο S-GW.



Εικόνα 3.7 3η περίπτωση αρχιτεκτονικής femtocell.

Ο παραπάνω μηχανισμός βελτιώνει σημαντικά την παροχή των τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. Επίσης ένα ακόμα πλεονέκτημα αυτής της υποδομής είναι ότι έχει δυνατότητα να πραγματοποιήσει υπερχειλίση σε περίπτωση που εισέλθουν νέες HeNB αποτυχίες λόγω παραδείγματος χάριν διακοπής ρεύματος.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται οι 3 πιθανές περιπτώσεις ενσωμάτωσης των femtocells στην δικτυακή δομή του 4G & 5G[15].



Εικόνα 3.8 Συνολική επισκόπηση περιπτώσεων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

Σύμφωνα με την Fierce Wireless , πάνω απο το 95% των παρόχων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών θεωρούν βάσει πειραμάτων ότι είναι επιτακτική η χρήση των femtocells στο μέλλον των λειτουργιών των κινητων υπηρεσιών.

Είναι γεγονός ότι η ενσωμάτωση των femtocells σε συνδυασμό με τα macrocells για την παροχή των υπηρεσιών, έχει ενισχύσει σημαντικά τον τομέα των τηλεπικοινωνιών. Προφανώς το μέλλον των femtocells εξαρτάται απο διάφορους παράγοντες που έχουν μελετηθεί σε αρκετές εργασίες ωστόσο η χρήση τους στις διάφορες δικτυακές δομές έχει οδηγήσει σε σημαντική μείωση του κόστους ανάπτυξης υπηρεσιών με βάσει την υπάρχουσα δικτυακή δομή.

Απο την άλλη ωστόσο σύμφωνα με τους CNNMoney και ISEC partners πολλά είναι και τα προβλήματα που δημιουργούνται λόγω της υποκλοπής δεδομένων κατά τη διάρκεια παροχής τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών με χρήση των femtocells. Το παραπάνω θα λέγαμε ότι αποτελεί πεδίο σκέψης για πολλούς που αμφιβάλλουν για την ενσωμάτωση των femtocells στις τηλεπικοινωνιακές δομές. Επόμενος στόχος είναι η δημιουργία και χρήση ενός αλγορίθμου κρυπτογράφησης των δεδομένων που παρέχονται με χρήση femtocells ώστε να θεωρείται μια ασφαλής επιλογή για παροχή τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. Έτσι εντοπίζεται η ανάγκη βελτίωσης της παρεχόμενης ασφάλειας με χρήση των femtocells.

Στην παραπάνω εργασία έγινε μια ανασκόπηση των femtocells και κάποιων βασικών περιπτώσεων χρήσης τους σε 4G και 5G δικτυακές δομές. Όπως είδαμε και παραπάνω, τα femtocells αποτελούν το παρόν και μέλλον των δικτυακών υπηρεσιών, προσφέροντας σημαντικά οφέλη, έχοντας ωστόσο και σημαντικά ζητήματα όσον αφορά την ασφάλεια των δικτυακών υπηρεσιών. Σημαντικά είναι και η βελτίωση των 5G υπηρεσιών απο την ενσωμάτωση των femtocells βελτώνοντας σημαντικά το εύρος ζώνης των υπηρεσιών που παρέχονται απο τις εταιρείες κινητής τηλεφωνίας[16][17].

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2012-2017.
- [2] Liu, S. et al, A 25 Gb/s/(km²) Urban Wireless Network Beyond IMT-Advanced, IEEE Communication Magazine, February 2011.
- [3] Femtocells - Natural Solution for offload, a Femto Forum topic brief, June 2010.
- [4] Järvinen, M., Femtocell Deployment in 3rd Generation Networks, Master's thesis, Helsinki University of Technology, Espoo, June 2009.
- [5] Hämäläinen, J., Femtocells: Technology and Developments, Wireless Information Theory Summer School, Centre for Wireless Communications, Oulu, Finland, July 2011.
- [6] Hamza, J., Long Term Evolution (LTE) - A Tutorial, Network System Laboratory, Simon Fraser University, Canada, October 13, 2009.
- [7] Alcatel-Lucent, Strategic White Paper, The LTE Network Architecture, A Comprehensive Tutorial, 2009.
- [8] Hussain, S., Dynamic Radio Resource Management in 3GPP LTE, Blekinge Tekniska Högskola, Karlskrona, Sweden, January 2009.
- [9] Sesia, S. et al, LTE - The UMTS Long Term Evolution, From Theory to Practice, Second Edition, Wiley Publishers, 2011.
- [10] Qualcomm Presentation, 1000x: More small cells, Taking HetNets to the Next Level, June 2012.
- [11] Andrew, J. H., et al, Femtocell: Past, Present, and Future, Article, November 4, 2011.
- [12] Chen, J., et al, Femtocells - Architecture & Network Aspects, Qualcomm, January 28, 2010.
- [13] Chandrasekhar, W. and Andrews, J. G. (The University of Texas at Austin); Gatherer (Texas Instruments), Femtocell Networks: A Survey; IEEE Communications Magazine, September 2008.
- [14] Small Cell Forum, HeNB (LTE Femto) Network Architecture, Release 1, Document 025.01.01, May 2011.
- [15] Claussen, H., et al, An Overview of Femtocell Concept, Bell Labs Technical Journal 13(1), 221-246, Alcatel-Lucent, 2008.
- [16] Rasmussen, P., FierceWireless Europe, Analyst: 98% of operators say small cells are essential for the future, 7th December, 2012. (Accessed 18th November 2013).
- [17] Rayal, F. et al, ExelixisNet, The Mobile Networks Small cells shaping a new order for the future of wireless networks, 15th November, 2013.