

Πανεπιστήμιο Μακεδονίας

University of Macedonia

ΔΠΜΣ Πληροφοριακά Συστήματα

Master Information Systems

Δίκτυα Υπολογιστών

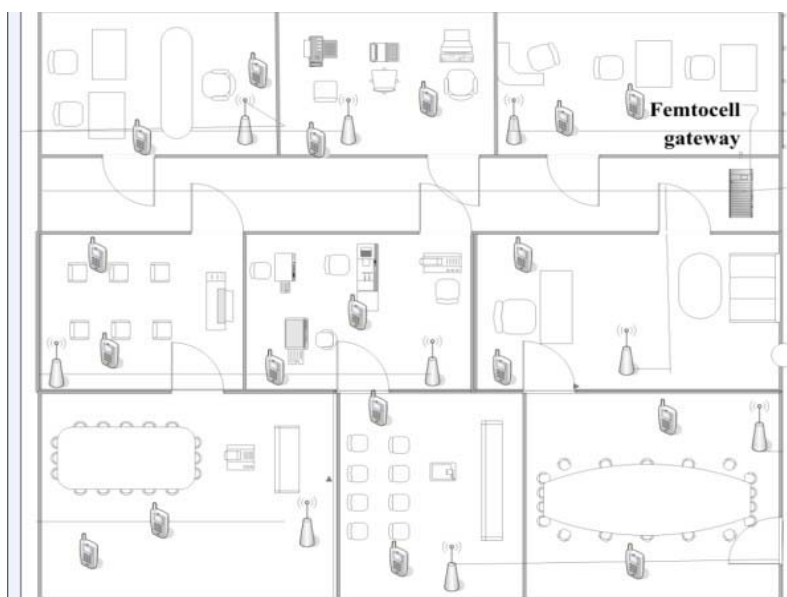
Computer Networks

Καθηγητής: Α.Α. Οικονομίδης

Professor: A.A. Economides

Δίκτυα φεμοκυψέλης

Femtocell Networks



Φοιτήτρια: Σταυρούλα Μάγγου (mis 22/11)

Θεσσαλονίκη 2012

I. Περίληψη

Οι πολυάριθμοι χρήστες κινητής τηλεφωνία σε συνδυασμό με τις αυξημένες ανάγκες τους, έγιναν η αφορμή ώστε οι εταιρίες κινητής τηλεφωνίας να αναπτύξουν μια σχετικά νέα τεχνολογία, αυτή της φεμοκυψέλης (femtocell) ή αλλιώς τη τεχνολογία των οικιακών σταθμών βάσης. Η τεχνολογία φεμοκυψέλης δίνει δυνατότητα σε χρήστες που αντιμετωπίζουν προβλήματα κάλυψης δικτύου κινητής τηλεφωνίας σε εσωτερικούς οικιακούς αλλά και επαγγελματικούς χώρους, να έχουν πλήρη κάλυψη. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω ευρυζωνικής σύνδεσης xDSL ή καλωδίωσης. Τα οφέλη της φεμοκυψέλης είναι ποικίλα, τόσο για τον χρήστη όσο και για τον πάροχο. Επιτυγχάνεται μεγάλη ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων, υψηλή ποιότητα υπηρεσίας (QoS), αποσυμφόρηση της κίνησης της μακροκυψέλης. Αν και η φεμοκυψέλη έχει αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια, αποτελεί ένα πολλά υποσχόμενο πεδίο για βιομηχανικές εφαρμογές, για μια πληθώρα τεχνολογιών ασύρματης πρόσβασης.

I. Abstract

Many users of mobile telephony, in conjunction with the increased needs, are the reason that mobile phone companies developed a new technology, called femtocell or else home base stations. The femtocell technology provides the users that have problems in indoor coverage in residential and business premises, to have full coverage. This is achieved via broadband xDSL connection or cable. The benefits of femtocells are many, both the user and the provider. Achieve high speed data transfer, high quality of service (QoS), relieve traffic macrocell. Although femtocells have developed recently, is a promising field for industrial applications, for a variety of wireless access technologies.

II. Εισαγωγή

Η παροχή υψηλής ταχύτητας μετάδοσης δεδομένων και υψηλής ποιότητας υπηρεσίας σε εσωτερικούς χώρους είναι πλέον επιτακτική ανάγκη, αφού σύμφωνα με πρόσφατες έρευνες περίπου το 65% των τηλεφωνημάτων και το 90% των υπηρεσιών δεδομένων που δέχεται ένα κυψελωτό δίκτυο κινητής τηλεφωνία είναι σε εσωτερικούς χώρους κτιρίων [1].

Μία νέα τεχνολογία που σχεδιάστηκε ώστε να εξυπηρετήσει τέτοιου είδους απαιτήσεις χρηστών είναι τα σημεία πρόσβασης femtocell ή αλλιώς οι οικιακοί σταθμοί βάσης. Σκοπός της είναι να εξυπηρετήσει υψηλής ποιότητας τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες. Μία φεμοκυψέλη ουσιαστικά επιτρέπει στον πάροχο να επεκτείνει την κάλυψη σε εσωτερικούς χώρους, ιδιαίτερα όταν η κάλυψη του δικτύου είναι περιορισμένη.

III. Η έννοια της Φεμοκυψέλης




Ο συνεχώς αυξανόμενος αριθμός χρηστών κινητής τηλεφωνίας, ανάγκασε τις επιχειρήσεις κινητής τηλεφωνίας να προσπαθούν να μεγαλώσουν το μερίδιό τους στην αγορά. Έτσι κατέστη αναγκαία η αύξηση της κυψελοειδούς κάλυψης των χρηστών, οι οποίοι έχουν πολλές και διαφορετικές ανάγκες, καθώς και η βελτιστοποίηση της παρεχόμενης ποιότητας υπηρεσιών (QoS).

Πριν αναφερθούμε εκτενώς στη έννοια της φεμοκυψέλης μέσα στα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, θα πρέπει να γίνει μία σύντομη αναφορά στις έννοιες της μακροκυψέλης (macrocell), της μικροκυψέλης (microcell) και της πικοκυψέλης (picocell).

Μία μακροκυψέλη παρέχει τη μεγαλύτερη περιοχή κάλυψης σε ένα δίκτυο κινητής τηλεφωνίας. Οι μακροκυψέλες καλύπτουν ευρύτερες περιοχές, όπου λίγες τερματικές συσκευές έχουν πρόσβαση στο δίκτυο [2].

Μια μικροκυψέλη παρέχει επιπλέον κάλυψη, καθώς και χωρητικότητα σε περιοχές όπου υπάρχει μεγάλος αριθμός χρηστών. Οι μικροκυψέλες παρέχουν κάλυψη σε αποστάσεις μεταξύ 300 m και 1000 m. Συνήθως χρησιμοποιούνται σε περιοχές με υψηλή πυκνότητα χρηστών που ζητούν πρόσβαση στο δίκτυο, όπως μεγάλες πόλεις [3].

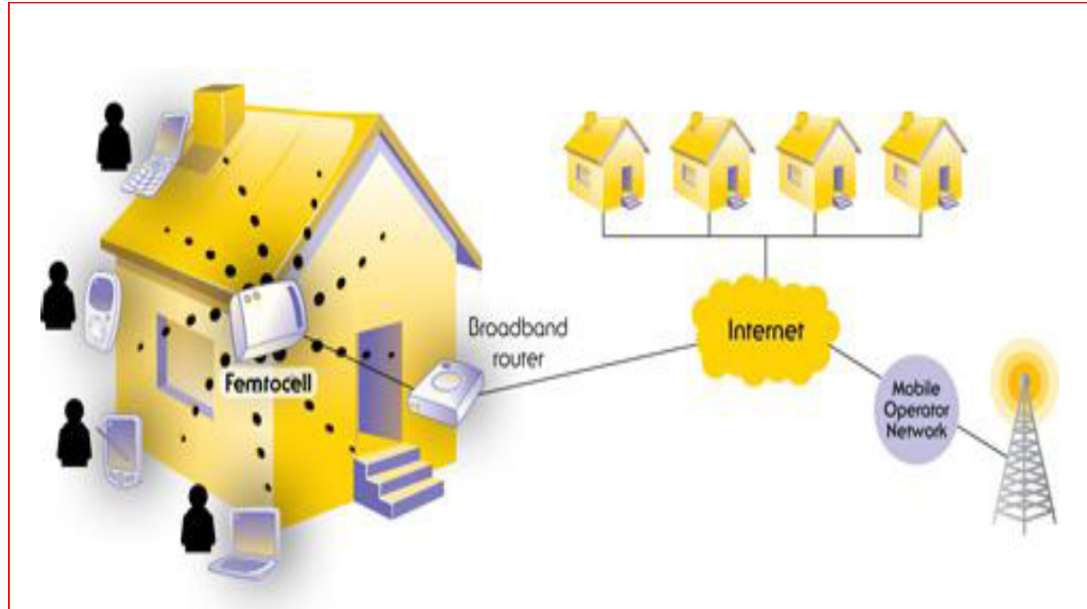
Μια πικοκυψέλη παρέχει κάλυψη σε πιο συγκεκριμένη περιοχή, όπως εμπορικά κέντρα, αεροδρόμια. Μπορεί να καλύψει μικρότερες περιοχές σε σχέση με τις μικροκυψέλες και συνήθως χρησιμοποιείται για κάλυψη εσωτερικών χώρων [4].

Infrastructure	Expenses	Features
<p>Femtocell: Consumer installed wireless data access point inside homes, which backhauls data through a broadband gateway (DSL/cable/Ethernet/WiMAX) over the Internet to the cellular operator network.</p> 	<p>Capital expenditure. Subsidized femtocell hardware.</p> <p>Operating expenditure. a) Providing a scalable architecture to transport data over IP; b) upgrading femtocells to newer standards.</p>	<p>Benefits. a) Lower cost, better coverage and prolonged handset battery life from shrinking cell-size; b) capacity gain from higher SINR and dedicated BS to home subscribers; c) reduced subscriber churn</p> <p>Shortcomings. a) Interference from nearby macrocell and femtocell transmissions limits capacity; b) increased strain on backhaul from data traffic may affect throughput.</p>
<p>Distributed antennas: Operator installed spatially separated antenna elements (AEs) connected to a macro BS via a dedicated fiber/microwave backhaul link.</p> 	<p>Capital expenditure. AE and backhaul installation.</p> <p>Operating expenditure. AE maintenance and backhaul connection.</p>	<p>Benefits. a) Better coverage since user talks to nearby AE; b) capacity gain by exploiting both macro- and micro-diversity (using multiple AEs per macrocell user).</p> <p>Shortcomings. a) Does not solve the indoor coverage problem; b) RF interference in the same bandwidth from nearby AEs will diminish capacity; c) backhaul deployment costs may be considerable.</p>
<p>Microcells: Operator installed cell towers, which improve coverage in urban areas with poor reception.</p> 	<p>Capital expenditure. Installing new cell towers.</p> <p>Operating expenditure. Electricity, site lease, and backhaul.</p>	<p>Benefits. a) System capacity gain from smaller cell size; b) complete operator control.</p> <p>Shortcomings. a) Installation and maintenance of cell towers is prohibitively expensive; b) does not completely solve indoor coverage problem.</p>

Πίνακας 1: Σχηματική απεικόνιση Φεμοκυψελών, κεραιών διανεμόμενου σήματος και μικροκυψελών. Αρχιτεκτονική, πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.[5]

Μία φεμοκυψέλη είναι ένας κυψελοειδής σταθμός βάσης, ο οποίος σχεδιάστηκε με σκοπό να προσφέρει κάλυψη δικτύου σε εσωτερικούς χώρους που μηδαμινό ή καθόλου σήμα δικτύου. Χρησιμοποιείται κυρίως μέσα με μία οικία ή μία μικρή

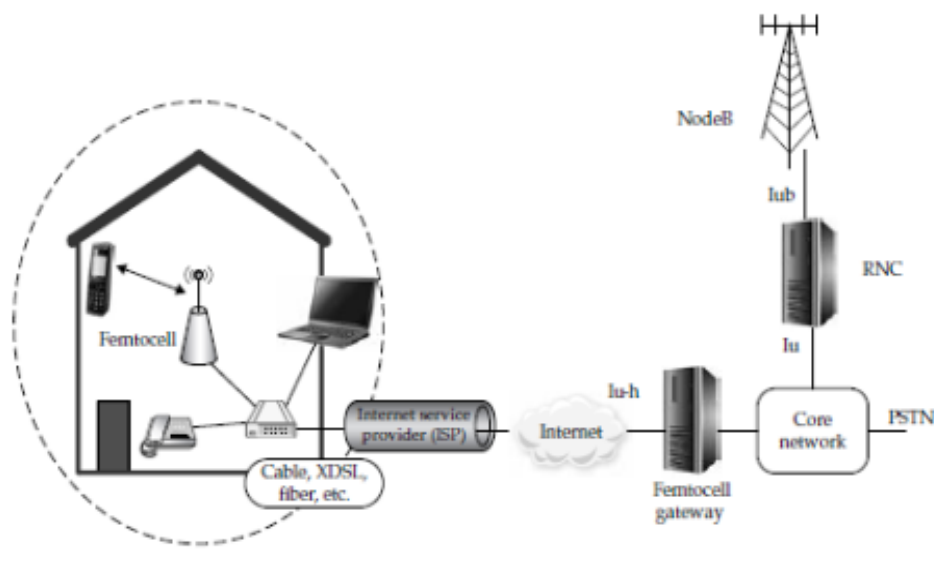
επιχείρηση. Οι απαιτήσεις για την λειτουργία είναι μία ευρυζωνική σύνδεση xDSL ή καλωδιακά. Μπορεί να υποστηρίξει έως 4 ενεργά κινητά τηλέφωνα για ένα οικιακό δίκτυο και έως 16 ενεργά κινητά τηλέφωνα για ένα επιχειρησιακό δίκτυο.



Εικόνα 2: Σχηματική απεικόνιση μεφοκυψέλης

Απαραίτητα στοιχεία για την λειτουργία και την υποστήριξη μιας φεμοκυψέλης είναι [6]:

- ο σταθμός βάσης,
- η συσκευή του κινητού τηλεφώνου που να υποστηρίζει τεχνολογία 3G,
- ο πάροχος υπηρεσιών διαδικτύου (ISP),
- η πύλη και
- το κυψελοειδές δίκτυο



Εικόνα 3: Απεικόνιση αρχιτεκτονικής απλής φεμοκυψέλης [7]

Η φεμοκυψέλη, πραγματοποιείται με την τοποθέτηση ενός σταθμού βάσεως από την εταιρεία κινητής τηλεφωνίας στον χώρο του χρήστη (οικιακός ή επαγγελματικός), ώστε να επιτύχει καλύτερη κάλυψη, αλλά και να ανακουφίσει την εξωτερική μακροκυψέλη. Έτσι ο χρήστης, καθώς εισέρχεται στο χώρο όπου έχει τοποθετήσει τη φεμοκυψέλη, το κινητό του τηλέφωνο αναγνωρίζει την παρουσία της φεμοκυψέλης και ειδοποιείται η δημόσια φεμοκυψέλη της εταιρίας κινητής τηλεφωνίας, ότι οι επικοινωνίες του χρήστη θα γίνονται μέσω του οικιακού ISP δικτύου. Έτσι το κινητό λειτουργεί σαν ασύρματη τηλεφωνική συσκευή. Παρόλο που ο χρήστης βρίσκεται στο δίκτυο του οικιακού ISP, έχει αποδεσμεύσει πόρους της δημόσιας φεμοκυψέλης, οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν από άλλους χρήστες.

Η φεμοκυψέλη μεταδίδει μόνο σε περιοχές όπου ο πάροχος παρέχει υπηρεσίες και έχει δικαίωμα να χρησιμοποιεί τη συγκεκριμένη ζώνη συχνοτήτων.

Οι άδειες για τη χρήση του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος κατοχυρώνονται από τους παρόχους έναντι αμοιβής και έτσι έχουν τα δικαιώματα να χρησιμοποιούν το φάσμα

συχνοτήτων. Οι συχνότητες διαφέρουν εντός μιας χώρας, αλλά και από μια χώρα σε κάποια άλλη. Λόγω των παραπάνω, είναι σημαντικό για τους παρόχους να εξασφαλίζουν τις προδιαγραφές των ζωνών συχνοτήτων και για αυτό το λόγο οι φεμοκυψέλες διαθέτουν GPS. Με αυτόν τον τρόπο αναφέρουν στο πάροχο κινητής τηλεφωνίας την ακριβή τοποθεσία του χρήστη. Ένας επιπλέον λόγος ύπαρξης του GPS είναι η υποστήριξη κλήσεων έκτακτης ανάγκης.

Οι φεμοκυψέλες πωλούνται από τις εταιρείες κινητής τηλεφωνίας. Υπάρχουν ολοκληρωμένες φεμοκυψέλες που περιλαμβάνουν ένα DSL router και μια φεμοκυψέλη. Η φεμοκυψέλη παρέχει καλύτερη κάλυψη σε ακτίνα 30-50 m για ενδοοικιακές φεμοκυψέλες. Η ακτίνα εξαρτάται από την ήδη υπάρχουσα κάλυψη, την τοποθέτηση της φεμοκυψέλης και από την ισχύ εξόδου της που είναι συνήθως της τάξεως των 20 mW περίπου πέντε φορές χαμηλότερη από την ισχύ εντός δρομολογητή WiFi. Η τοποθέτηση της φεμοκυψέλης είναι εύκολη, ένας τυπικός χρήστης μπορεί να το εγκαταστήσει άνετα.

Στις περισσότερες περιπτώσεις ο χρήστης πρέπει να δηλώσει ποιοι αριθμοί κινητών τηλεφώνων θα επιτρέπεται να συνδέονται με την φεμοκυψέλη του, μέσω μιας υπηρεσίας που παρέχεται από την εταιρεία κινητής τηλεφωνίας. Όταν τα κινητά τηλέφωνα που έχουν δηλωθεί φθάσουν υπό την κάλυψη της φεμοκυψέλης αλλάζουν αυτομάτως από την μακροκυψέλη που καλύπτει τον εξωτερικό χώρο, στην φεμοκυψέλη. Οι περισσότερες εταιρείες ειδοποιούν τον χρήστη ότι συνέβη αυτή η αλλαγή, συνήθως εμφανίζοντας ένα τροποποιημένο όνομα παρόχου στο κινητό τηλέφωνο. Από τη στιγμή εκείνη όλες οι επικοινωνίες γίνονται μέσω της φεμοκυψέλης. Όταν ο χρήστης βγει εκτός περιοχής κάλυψης της φεμοκυψέλης, το τηλέφωνο του ξαναγυρνά στην εκάστοτε μακροκυψέλη της εταιρίας [8].

IV. Εγκατάσταση της φεμοκυψέλης

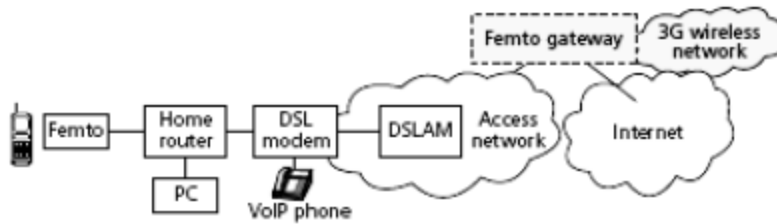
Για να μπορέσει ο χρήστης να ρυθμίσει τη φεμοκυψέλη θα πρέπει να τροφοδοτήσει τη φεμοκυψέλη και να προσδιορίσει τις γεωγραφικές συντεταγμένες της φεμοκυψέλης μέσω του GPS ώστε να τις μεταδώσει στο κυψελοειδές δίκτυο και να προσδιορίσουμε εάν πράγματι βρίσκεται η φεμοκυψέλη σε έγκυρη περιοχή. Για αυτό τον σκοπό θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν οι IP διευθύνσεις ή και η λίστα των γειτονικών κυψελών. Βέβαια καλό θα ήταν να χρησιμοποιείται συνδυασμός των παραπάνω μεθόδων για τον ακριβή προσδιορισμό της θέσεως.

Ένα ζήτημα σχετικά με την εγκατάσταση στις φεμοκυψέλης είναι η αντιμετώπιση των ανοιχτών έναντι των κλειστών δικτύων. Τα ανοικτά δίκτυα αφήνουν οποιονδήποτε στη γειτονία της φεμοκυψέλης να τη χρησιμοποιήσει. Τα κλειστά δίκτυα δεν αφήνουν οποιονδήποτε να συνδεθεί με τη φεμοκυψέλη εκτός κι αν ο εξοπλισμός του χρήστη. Οι αρχικές εγκαταστάσεις αναμένεται να είναι κλειστές για τους παραπάνω λόγους.

Για να μπορέσουμε να προσθέσουμε περισσότερους χρήστες στη φεμοκυψέλη θα μπορούσαν οι χρήστες να χρησιμοποιούν μια εξειδικευμένη διεπαφή η οποία θα αναγνωρίζει ότι ένα οικιακό δίκτυο βρίσκεται κοντά και να ζητούν τη χρήση του [9].

Όταν κανείς επιστρέφει στην οικία του θα επιστρέφει και στην φεμοκυψέλη του.

Αρχικά, οι τυπικές φεμοκυψέλες είχαν τη δυνατότητα να εξυπηρετούν ταυτόχρονα έως τέσσερεις χρήστες, για μεταφορά φωνής και δεδομένων. Αναμένεται να αυξηθεί ο αριθμός αυτός καθώς αυξάνονται οι δυνατότητες των δεκτών.



Εικόνα 4: Παράδειγμα εγκατάστασης φεμοκυψέλης

V. Πλεονεκτήματα φεμοκυψέλης

Η χρήση φεμοκυψέλης είτε για οικιακό είτε για επαγγελματικό χώρο, παρέχει πολλά οφέλη [10] στους χρήστες.

- Αρχικά θα πρέπει να τονίσουμε την απλή εγκατάσταση του εξοπλισμού. Η εγκατάσταση μπορεί να επιτευχθεί από το μέσο χρήστη.
- Οι ρυθμοί μετάδοσης των δεδομένων είναι αυξημένοι, αφού ο χρήστης βρίσκεται πολύ κοντά στη κυψελίδα [11].
- Όσο πιο μακριά βρίσκεται η κυψέλη στο χρηστή τόσο μεγαλύτερη ισχύς θα πρέπει να καταναλωθεί, ώστε ο χρήστης να μπορέσει να μεταδώσει δεδομένα. Η φεμοκυψέλη βρίσκεται κοντά στην χρήστη, που σημαίνει ότι η μπαταρία καταναλώνει λιγότερο ρεύμα, πράγμα που έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερους χρόνους αναμονής και ομιλίας. Ταυτόχρονα η ηλεκτρομαγνητική επιβάρυνση του χρήστη είναι σαφώς μικρότερη [12].
- Λόγω της γειτονίας της φεμοκυψέλης και του εξοπλισμού του χρήστη, επιτρέπεται η χρήση κωδικοποιητών φωνής με μεγαλύτερες δυνατότητες μεταφοράς δεδομένων [13]. Επιπλέον ενισχύονται οι εφαρμογές πολυμέσων και υπηρεσιών μέσω IP, όπως βίντεο, παιχνίδια μέσω ιντερνέτ κτλ.

- Η ασφάλεια που παρέχεται μέσω της φεμοκυψέλης μέσω του δικτύου ISP προϋποθέτει ο χρήστης να πιστοποιήσει την αυθεντικότητά του. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί IPsec [14] που εξασφαλίζει την ασφάλεια των επαγγελματικών και προσωπικών δεδομένων.

Εκτός από τους χρήστες της φεμοκυψέλης τα πλεονεκτήματα είναι αρκετά και για τους παρόχους του δικτύου [15].

- Κατά κύριο λόγο, τα κέρδη από την αύξηση των χρηστών, καθώς νέοι χρήστες θα προστεθούν στο δημόσιο δίκτυο της εταιρίας κινητής τηλεφωνίας. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι προβλέψεις επενδύσεων από την ανάπτυξη των δικτύων φεμοκυψέλης.
- Μικραίνοντας το μέγεθος της δημόσιας κυψέλης από μακρό σε μικρό και μετά σε πικρο αυξάνουμε τη χωρητικότητα αλλά αυξάνει το κόστος του δικτύου. Η χρήση εντός ήδη υπάρχοντος δικτύου όπως το Διαδίκτυο, δίνει τη δυνατότητα μείωσης του κόστους καθώς οι τηλεπικοινωνίες τρέπονται σε δομές που βασίζονται στις IP.
- Η μετακίνηση χρηστών που συνδέονται στο δημόσιο μακροκυψελοειδές δίκτυο της εταιρίας κινητής τηλεφωνίας προς το ιδιωτικό φεμοκυψελοειδές δίκτυο απελευθερώνει πόρους έτσι ώστε κι άλλοι χρήστες να μπορούν να συνδέονται με το δημόσιο δίκτυο της εκάστοτε εταιρίας. Αποτέλεσμα είναι να αυξάνεται ο αριθμός των χρηστών, ενώ παράλληλα διατηρούνται οι παλαιοί συνδρομητές.

Airvana	<p>New core network infrastructure Capital expenditure = \$35 per consumer</p> <p>Subscriber addition a) Femtocell price = \$200 b) Price to consumer = \$50 c) Marketing expense = \$50 Net expense per additional subscriber = \$200</p> <p>Monthly revenues a) Customer revenue = \$25 b) Network operating expenditure = \$8 c) Customer support = \$3</p> <p>Fixed expense per consumer = \$235</p> <p>Revenue per consumer = \$14 per month</p> <p>Implied ROI equals 16 months</p>
Gartner	<p>Monthly revenue</p> <p>1) Electricity savings from reduced macro BS power consumption = \$0.50 per consumer 2) Monthly savings from reduction in number of macrocells = \$1.50 per consumer 3) Monthly revenue from indoor data downloads = \$5 per consumer 4) Bundled voice services, broadband services over LTE/WiMAX/UMB = \$2.50 per consumer</p> <p>Monthly expenses</p> <p>1) Free voice calls inside femtocell = \$2.50 per consumer 2) Operating expenditure for core network upgrades = \$2 per consumer</p> <p>Revenue per consumer = \$9.50 per month</p> <p>Expense per consumer = \$4.50 per month</p> <p>Implied ROI with \$100 subsidy per consumer equals 20 months</p>

Εικόνα 5: Πρόβλεψη της απόδοσης των επενδύσεων από τις αναπτύξεις femtocell

- Οι πάροχοι έχουν στόχο την όσο το δυνατόν καλύτερη κάλυψη του δικτύου, ιδιαίτερα για την οικιακή κάλυψη. Η τοποθέτηση της φεμοκυψέλης εντός της οικίας ή του επαγγελματικού χώρου επεκτείνει την περιοχή που καλύπτει ο πάροχος. Έτσι τα επιπλέον 10-15 dB που χρειάζονται για να διαπεραστούν οι τοίχοι των κτηρίων και τα πατώματα δε θα απαιτούνται πλέον. Σε ιδανικές συνθήκες ο πάροχος θα μπορούσε να αφιερώσει αυτά τα dB στην αύξηση του ρυθμού μεταφοράς δεδομένων [16].

Σημαντικό πλεονέκτημα από την άποψη του στρατηγικού μάνατζμεντ είναι η διαφοροποίηση προϊόντος. Η αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα έναντι των ανταγωνιστών.

VI. Μειονεκτήματα φεμοκυψέλης

Μπορεί τα οφέλη από την χρήση των φεμοκυψελών να είναι πολυάριθμα τόσο για τους χρήστες, όσο και για τους παρόχους, υπάρχουν βέβαια μειονεκτήματα από την χρήση των φεμοκυψελών, όπως ότι

- ο χρήστης λαμβάνει έναν ξεχωριστό λογαριασμό για την ευρυζωνική σύνδεση, από την καλωδιακή ή τηλεφωνική εταιρεία εκτός από τον λογαριασμό για τις κυψελοειδείς υπηρεσίες. Ο λογαριασμός για τις κυψελοειδείς υπηρεσίες θα συμπεριλαμβάνει τώρα κόστη χρήσης της φεμοκυψέλης. Οι πάροχοι υπηρεσιών θα πρέπει να αποφασίσουν αν θα χρεώνουν με βάση την προέλευση των κλήσεων ή αν θα δεχτούν μια άλλη λύση όπως η πάγια μηνιαία χρέωση. Η πιθανή συσσώρευση λογαριασμών που περιγράφηκε παραπάνω πιθανόν να αποθαρρύνει την υιοθέτηση της τεχνολογίας φεμοκυψελών από τους χρήστες.
- Όταν εγκαθίστανται πολλές φεμοκυψέλες, ο εξοπλισμός του χρήστη που συνδέεται με τη μακροκυψέλη δεν θα είναι μόνο σε θέση να κάνει μετρήσεις στις μακροκυψέλες αλλά και στις πολλές φεμοκυψέλες που συναντά [17]. Έτσι ο εξοπλισμός του χρήστη στη συγκεκριμένη περιοχή φεμοκυψέλης θα αναφέρει πολλές μετρήσεις προς το δημόσιο δίκτυο, μερικές μόνο από τις οποίες θα είναι χρήσιμες σε πολλές περιπτώσεις. Ο εξοπλισμός του χρήστη θα

κάνει πολλές μετρήσεις σε γειτονικές κυψέλες, το οποίο θα γεμίσει τον πυρήνα του δικτύου με αναφορές για αυτές τις μετρήσεις

VII. Σχετικά με την Υγεία

Οι φεμοκυψέλες εκπέμπουν, όπως είναι αναμενόμενο ακτινοβολία. Τα επίπεδα ισχύος της λειτουργίας της φεμοκυψέλης είναι τα χαμηλότερα από άλλες διατάξεις όπως τα σημεία πρόσβασης WiFi ή τα ασύρματα τηλέφωνα. Οι φεμοκυψέλες εκπέμπουν σε μικρές ισχύς ραδιοκύματα. Η ακτινοβολία που εκπέμπουν χαρακτηρίζεται «μη ιονίζουσα», Αυτό σημαίνει ότι η κύρια επίδραση των ραδιοκυμάτων που εκπέμπει η φεμοκυψέλη αφορά τη θέρμανση των ιστών, η οποία είναι εξαιρετικά μικρή. Η παγκόσμια Οργάνωση Υγείας έχει θέσει πρότυπα σχετικά με την υγεία και την ασφάλεια [18], τα οποία οφείλουν να τηρούν οι κατασκευάστριες εταιρίες. Τα χαμηλά επίπεδα της ακτινοβολίας των φεμοκυψελών, δεν δημιουργούν προβλήματα υγείας, όπως διαβεβαιώνουν πολλοί διεθνείς οργανισμοί υγείας.

VIII. Τα femtocell στη Ελλάδα

Η παρουσία των femtocell στην Ελλάδα ξεκίνησε από την εταιρία κινητής τηλεφωνίας Vodafone [19] το καλοκαίρι του 2010, όπου μέσω της κατασκευάστριας εταιρίας της συσκευή φεμοκυψέλης, Huawei, υποσχόταν στους συνδρομητές της τέλεια κάλυψη σήματος. Η φεμοκυψέλη μπορούσε να εξυπηρετήσει από 2 έως 4 ενεργές συσκευές και παρείχε κάλυψη για εσωτερικούς χώρους έως 150 m² χωρίς απώλεια σήματος. Την Vodafone ακολούθησε η Cosmote [20], η οποία μερικούς

μήνες αργότερα κυκλοφόρησε το δικό της femtocell. Σήμερα η τιμή ενός femtocell ανέρχεται στα 90 ευρώ και είναι κοινή για τις 2 εταιρίες.

ΙΧ. Συμπεράσματα – Μελλοντικές Εφαρμογές

Συνοψίζοντας, θα μπορούσαμε πούμε ότι η τεχνολογία femtocell εξυπηρετεί σε μεγάλο βαθμό τις τηλεπικοινωνίες, προσδίδοντας αξιοπιστία στην επικοινωνία. Η ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων (φωνής, εικόνας κτλ) αυξάνεται, παρέχεται ποιότητα υπηρεσίας και ταυτόχρονα επιτυγχάνεται αποσυμφόρηση του δικτύου της μακροκυψέλης. Λόγω της εύκολης εγκατάστασης, ακόμα και από μη εξειδικευμένους χρήστες, κάνει την τεχνολογία femtocell προσιτή στο ευρύ κοινό.

Η σύγκλιση που επιτυγχάνεται μεταξύ της σύνδεσης των κινητών τηλεφώνων και υπολογιστών, θα μπορούσε να οδηγήσει σε νέες εφαρμογές [21], που θα μπορούσαν να υποστηρίξουν ηλεκτρονικές συσκευές μεταδίδοντας πληροφορίες, όπως για παράδειγμα σε νοσοκομεία ή άλλες υπηρεσίες. Επιπλέον θα μπορούσε μελλοντικά οι επιχειρήσεις, μέσα από συγκεκριμένες εφαρμογές να χρησιμοποιούν μόνο τη φεμοκυψέλη, παρακάμπτοντας τη δημόσια μακροκυψέλη της εταιρίας κινητής τηλεφωνίας.

X. Αναφορές

- [1] S. Carlaw, “IPR and The Potential Effect on Femtocell Markets,” FemtoCells Europe, London, UK, June 2008.
- [2] <http://en.wikipedia.org/wiki/Macrocell>
- [3] <http://en.wikipedia.org/wiki/Microcell>
- [4] <http://en.wikipedia.org/wiki/Picocell>
- [5] V. Chandrasekhar and J. G. Andrews, “Femtocell Networks: A Survey,” *IEEE Communications Magazine*, vol.46, no.9, pp.59–67, September 2008.
- [6] R.Y. Kim, Jin Sam Kwak, and K. Etemad, “WiMAX femtocell: requirements, challenges, and solutions,” *IEEE Communications Magazine*, vol.47, no.9, pp.84-91, September 2009.
- [7] J. Boccuzzi and M. Ruggiero, *Femtocells: Design & Application*, 2011, McGraw-Hill
- [8] K. L. Yeung and S. Nanda, “Channel Management in Microcell/Macrocell Cellular Radio Systems,” *IEEE Trans. Vehic. Tech.*, vol. 45, no. 4, Nov 2006, pp. 601–12.
- [9] C.-L. I, L. J. Greenstein, and R. D. Gitlin, “A Microcell/ Macrocell Cellular Architecture for Low- and High- Mobility Wireless Users,” *IEEE JSAC*, vol. 11, no. 6, Aug. 1993, pp. 885–91.
- [10] S. Weber *et al.*, “Transmission Capacity of Ad Hoc Networks with Successive Interference Cancellation,” *IEEE Trans. Info. Theory*, vol. 53, no. 8, Aug. 2007, pp. 2799–2814.
- [11] V. Chandrasekhar and J. Andrews, “Uplink Capacity and Interference Avoidance in Two-Tier Femtocell Networks,” to appear, *IEEE Trans. Wireless Commun.*, <http://arxiv.org/abs/cs.NI/0702132>

- [12] A. Saleh, A. Rustako, and R. Roman, "Distributed Antennas for Indoor Radio Communications," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 35, no. 12, Dec. 1987, pp. 1245–51.
- [13] <http://en.wikipedia.org/wiki/Vocoder>
- [14] <http://en.wikipedia.org/wiki/IPsec>
- [15] K. L. Yeung and S. Nanda, "Channel Management in Microcell/Macrocell Cellular Radio Systems," *IEEE Trans. Vehic. Tech.*, vol. 45, no. 4, Nov 2006, pp. 601–12.
- [16] L. T. W. Ho and H. Claussen, "Effects of User-Deployed, Co-Channel Femtocells on the Call Drop Probability in a Residential Scenario," *18th Annual IEEE Int'l. Symp. Personal, Indoor and Mobile Commun.*, Sept. 2007, pp. 1–5.
- [17] Picochip, "The Case For Home Base Stations," White Paper, Apr. 2007.
- [18] <http://femtoforum.org/fem2/about-femtocells.php?id=179>
- [19] <http://www.vodafone.gr/portal/client/cms/viewCmsPage.action?pageId=9064&statsSearchId=956508>
- [20] <http://www.adslgr.com/forum/showthread.php?t=553833>
- [21] Analysys, "Picocells and Femtocells: Will Indoor Base- Stations Transform the Telecoms Industry?" [http:// research.analysys.com](http://research.analysys.com)

M.-S Alouini and A. J. Goldsmith, "Area Spectral Efficiency of Cellular Mobile Radio Systems," *IEEE Trans. Vehic. Tech.*, vol. 48, no. 4, July 1999, pp. 1047–66.

C.-L. I, L. J. Greenstein, and R. D. Gitlin, "A Microcell/ Macrocell Cellular Architecture for Low- and High- Mobility Wireless Users," *IEEE JSAC*, vol. 11, no. 6, Aug. 1993, pp. 885–91.

Presentations by ABI Research, Picochip, Airvana, IP.access, Gartner, Telefonica Espana, *2nd Int'l. Conf. Home Access Points and Femtocells*;

http://www.avrevents.com/dallasfemto2007/purchase_presentations.htm

D. Knisely, T. Yoshizawa, and F. Favichia, "Standardization of femtocells in 3GPP," *IEEE Communications Magazine*, vol.47, no.9, pp.68-75, September 2009. [24] S.

Kishore *et al*, "Uplink User Capacity in a Multicell CDMA System with Hotspot Microcells," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 5, no. 6, June 2006, pp. 1333–42.