



**Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
Σχολή Θετικών Επιστημών & Τεχνολογίας
Τμήμα Επιστήμης & Τεχνολογίας Τηλεπικοινωνιών.**

**Παρουσίαση Διπλωματικής Εργασίας
Στα πλαίσια του
Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΠΜΣ)
«Προηγμένα Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα και Δίκτυα»**

Θέμα

**Ασύρματα δίκτυα κινητών επικοινωνιών
με Femtocells:**

Τεχνο-οικονομική ανάλυση

**Δημήτρης Μ. Βύρης
ΑΜ 2008106**

**Επιβλέποντες Καθηγητές:
Τσούλος Γεώργιος, Επίκουρος καθηγητής
Αθανασιάδου Γεωργία, Επίκουρη Καθηγήτρια**

15/9/2010

Στόχος Πτυχιακής-Ορισμός Femtocell

Στόχος Πτυχιακής

- 1) Μελέτη τεχνικών διαχείρισης ραδιοπόρων σε δίκτυα με Femtocells για την μείωση των παρεμβολών μεταξύ της Μακροκυψέλης και της Femtocell οι οποίες παρεμβολές, μειώνουν την χωρητικότητα, αλλά και την ποιότητα των ραδιοδιαύλων του συστήματος.
- 2) Μελέτη του οικονομικού αντίκτυπου τόσο στον πάροχο όσο και στον πελάτη-συνδρομητή, που αφορά την είσοδο της συγκεκριμένης τεχνολογίας στην αγορά.

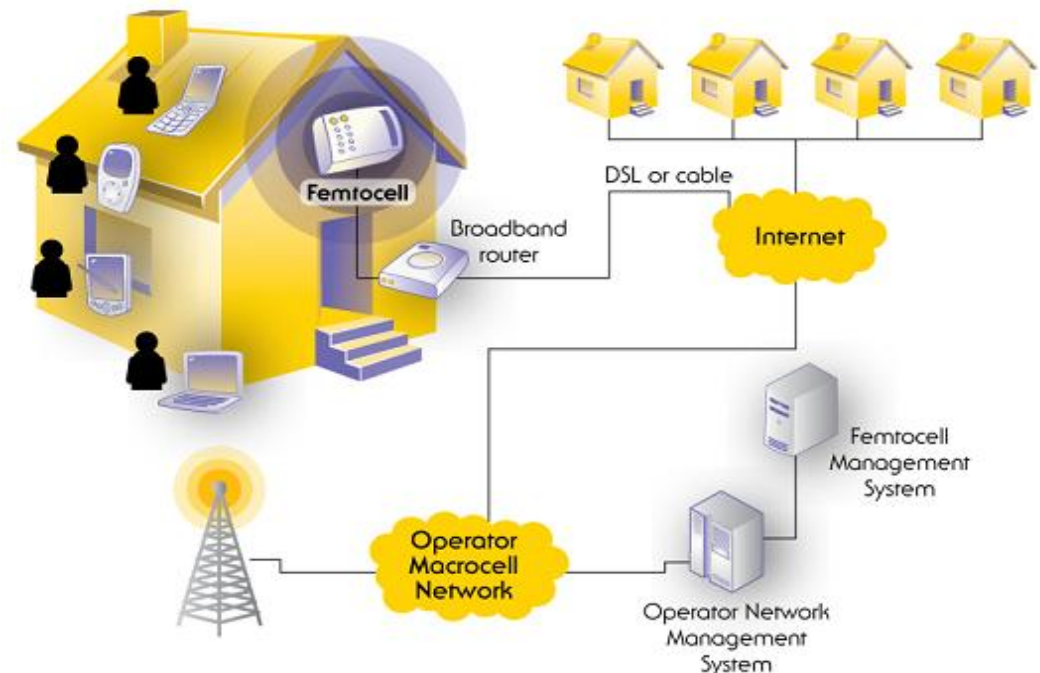
Πλεονεκτήματα

- Φασματική Απόδοση.
- Εύκολη εγκατάσταση από τον χρήστη.
- Μεταφερισμότητα.
- Έλεγχος προσβασιμότητας.
- Υποστηρίζει περιορισμένο αριθμό χρηστών.
- Η τιμολόγηση της καλυπτόμενης περιοχής.
- Ποικιλία μοντέλων ιδιοκτησίας.
- Επεκτασιμότητα.
- Καινοτομία υπηρεσιών .

Ορισμός

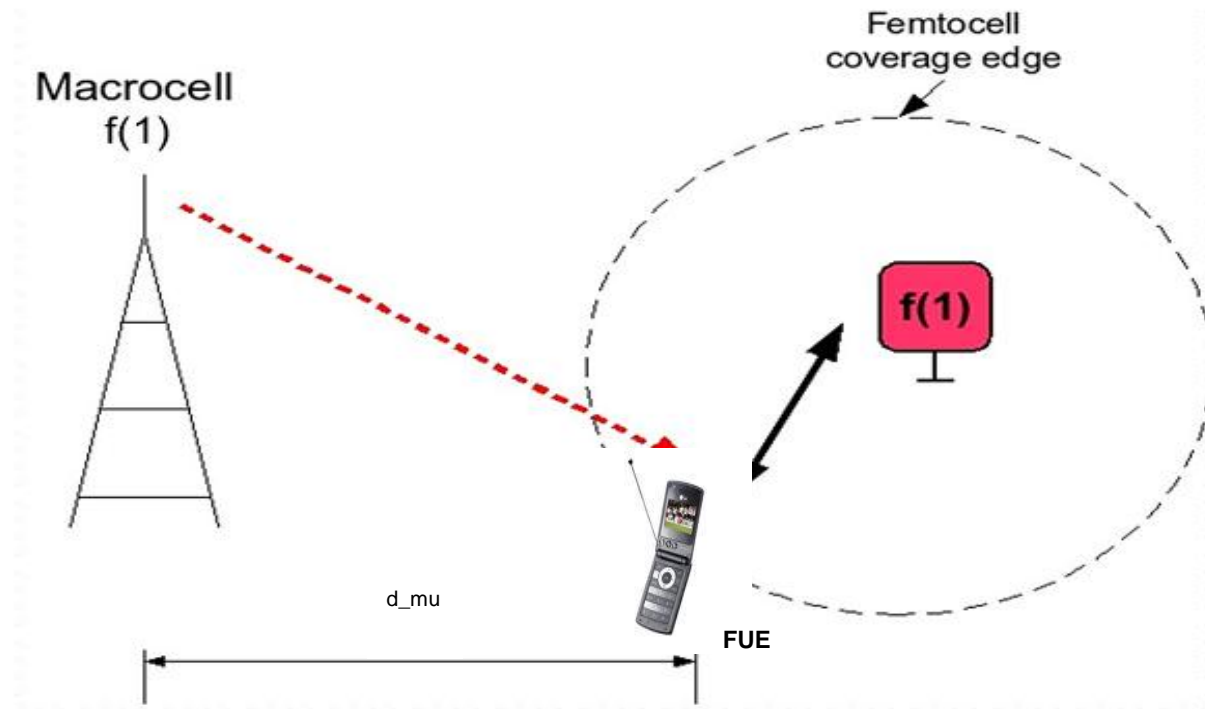
Οι Femtocells είναι σημεία πρόσβασης χαμηλής ισχύος τα οποία παρέχουν ασύρματη φωνητική επικοινωνία και ευρυζωνικές υπηρεσίες σε οικιακό ή επιχειρηματικό περιβάλλον .

Τα συγκεκριμένα σημεία πρόσβασης αναφέρονται και ως FAP (Femtocell Access Point). Τα FAP παρέχουν κυψελωτή πρόσβαση και συνδέονται με το δίκτυο του παροχέα μέσω της ευρυζωνικής σύνδεσης Internet που διαθέτει ο πελάτης.



Σενάριο Α'

Πώς η κάτω ζεύξη της Μακροκυψέλης επηρεάζει τον χρήστη Femtocell



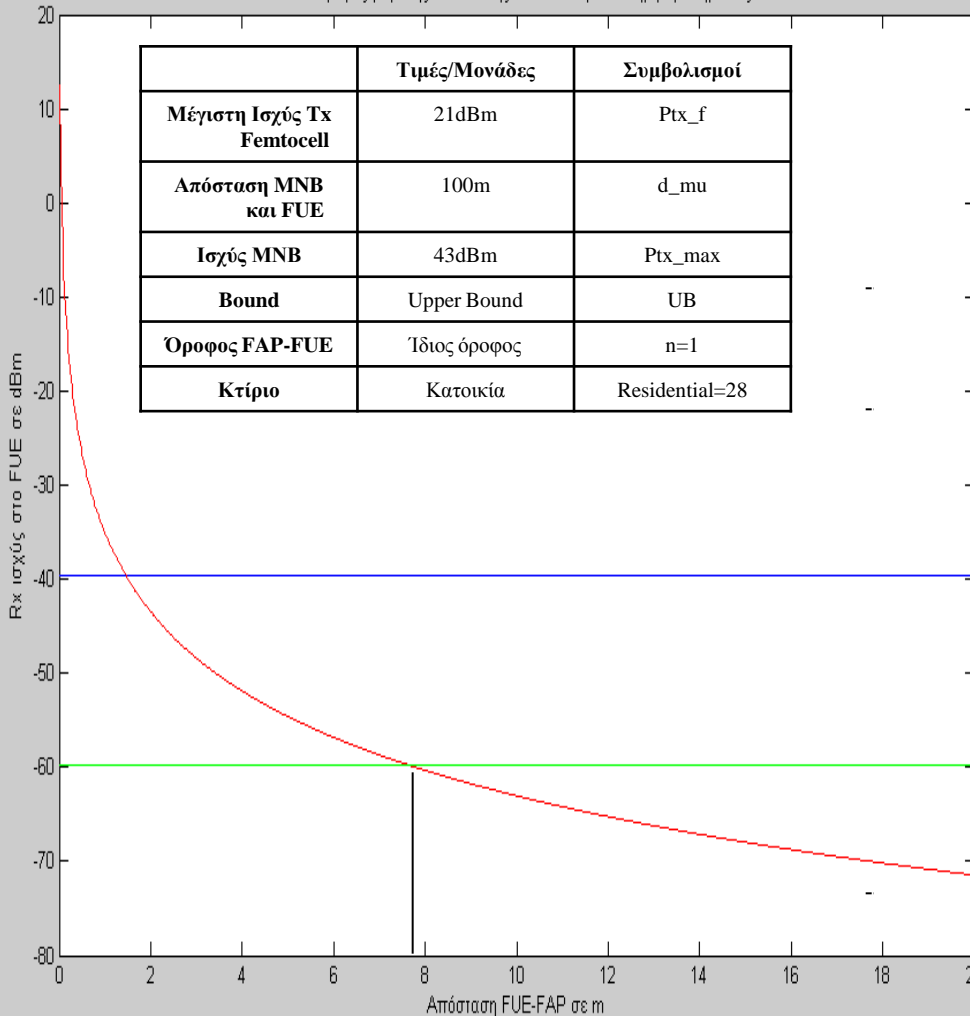
Εδώ ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη δύο παραγόντων.

A) Καθορισμός του ορίου κάλυψης της Femtocell.

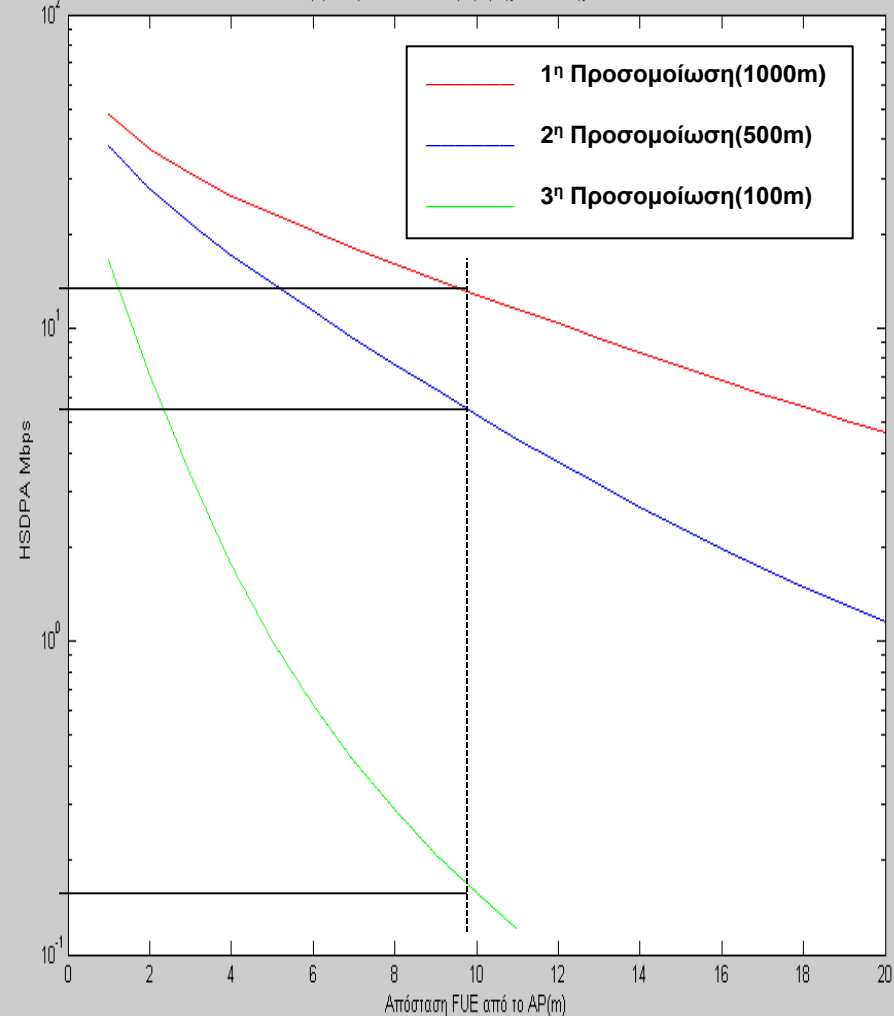
B) Οι υπηρεσίες που μπορούν να προσφερθούν υπό αυτές της συνθήκες.

Όριο κάλυψης Femtocell- Χωρητικότητα Σενάριο Α'

Υπολογισμός μέγιστης απόστασης FUE-FAP για διατήρηση υπηρεσίας

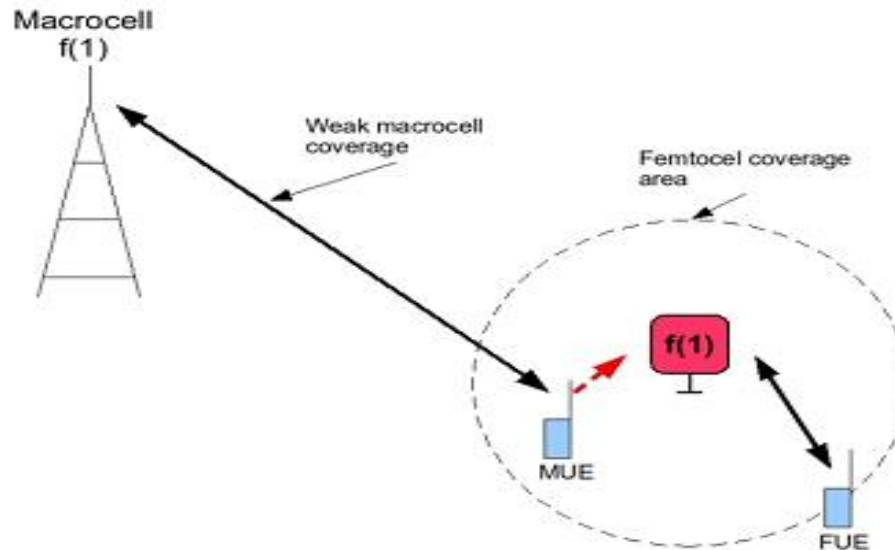


Χωρητικότητα HSDPA συναρτηση της απόστασης FUE - FAP



Σενάριο Β´

Η άνω ζεύξη της Μακροκυψέλης παρεμβάλλει τον δέκτη της συσκευής Femtocell



Το σενάριο αυτό αναλύεται με τον εξής τρόπο:

A) Υπολογίζεται η ισχύς που λαμβάνει το FAP, από την άνω ζεύξη της Μακροκυψέλης, για διάφορες αποστάσεις μεταξύ FAP-MUE .

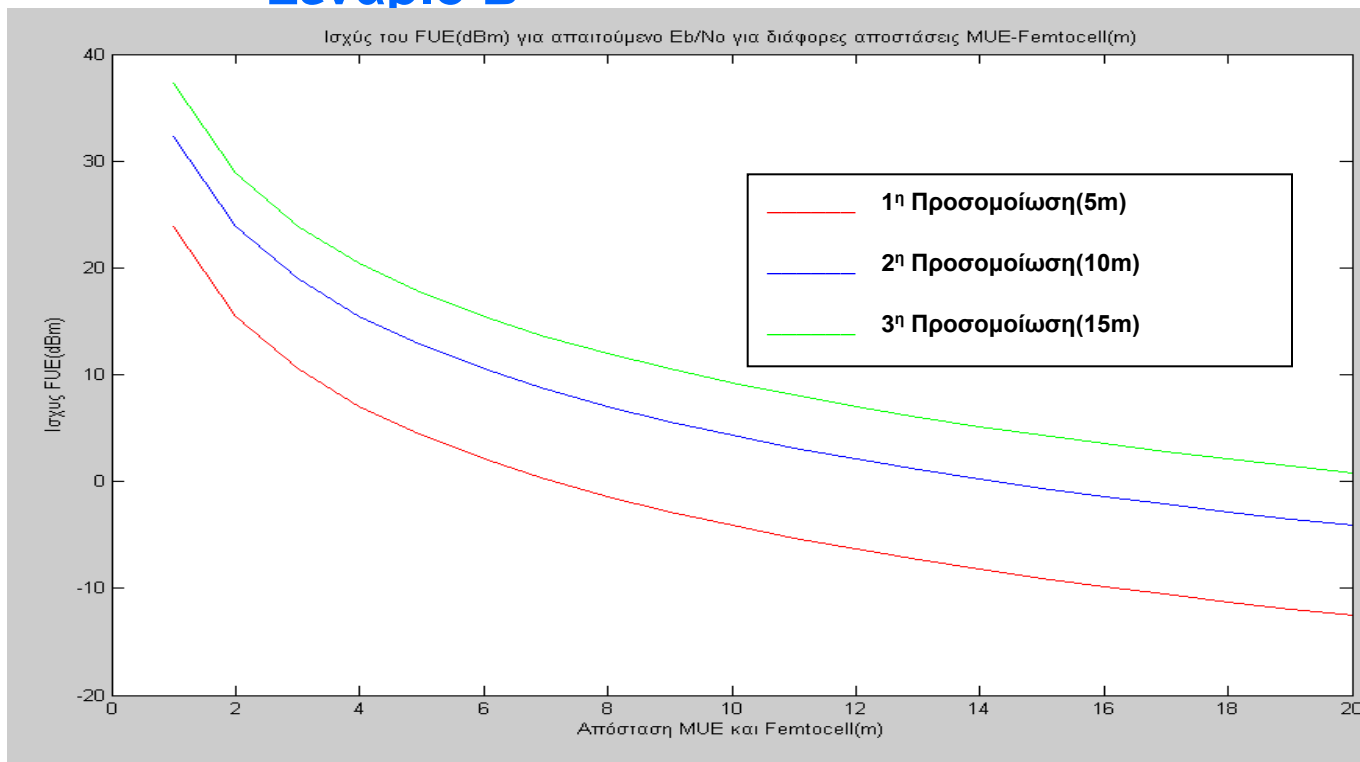
B) Στην συνέχεια γίνεται υπολογισμός της ισχύος της άνω ζεύξης για το FUE για διάφορες αποστάσεις του MUE από την Femtocell, έτσι ώστε να διατηρείται το απαιτούμενο E_b/N_0 για κλήση φωνής μεταξύ της Femtocell και FAP .

Γ) Τέλος υπολογίζεται η επίδραση της χωρητικότητας της Femtocell, εξαιτίας της άνω ζεύξης της Μακροκυψέλης.

Η ισχύς της άνω ζεύξης για το FUE για διάφορες αποστάσεις του MUE από την Femtocell έτσι ώστε να διατηρείται το απαιτούμενο Eb/No για κλήση φωνής μεταξύ της Femtocell και FAP.

Σενάριο Β'

| | Τιμή | Συμβολισμός |
|-------------------------------|--------------|----------------|
| Μέγιστη Ισχύς Tx MUE | 21dBm | Ptx_f |
| Όροφος FAP-FUE | Ίδιος όροφος | n=1 |
| Κτίριο | Κατοικία | Residential=28 |
| Απόσταση FUE-Femtocell | 5m, 10m, 15m | d_fue |



| Class | Max Power (dBm) |
|-------|-----------------|
| 1 | 33 |
| 2 | 27 |
| 3 | 24 |
| 4 | 21 |

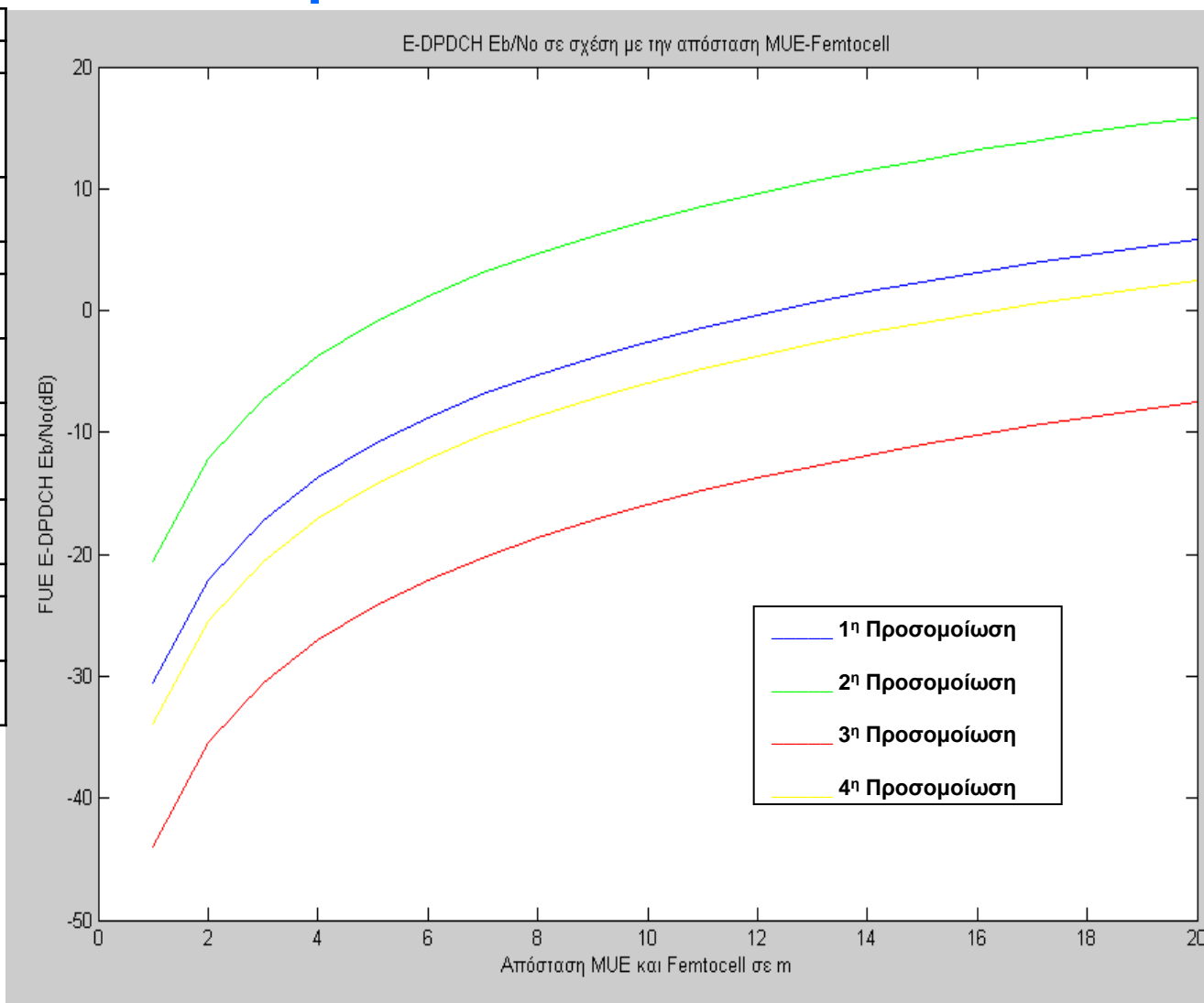
| Ελάχιστη απόσταση MUE-FAP | | | | |
|---------------------------|-----------------|--------------|---------------|---------------|
| Class | Max Power (dBm) | 5m (FUE-FAP) | 10m (FUE-FAP) | 15m (FUE-FAP) |
| 1 | 33 | ~1m | ~1m | ~1.5m |
| 2 | 27 | ~1m | ~1.6m | ~2.2m |
| 3 | 24 | ~1m | ~1.8m | ~3m |
| 4 | 21 | ~1m | ~2.5m | ~3.5m |

Η επίδραση της άνω ζεύξης της Μακροκυψέλης στη χωρητικότητα της Femtocell

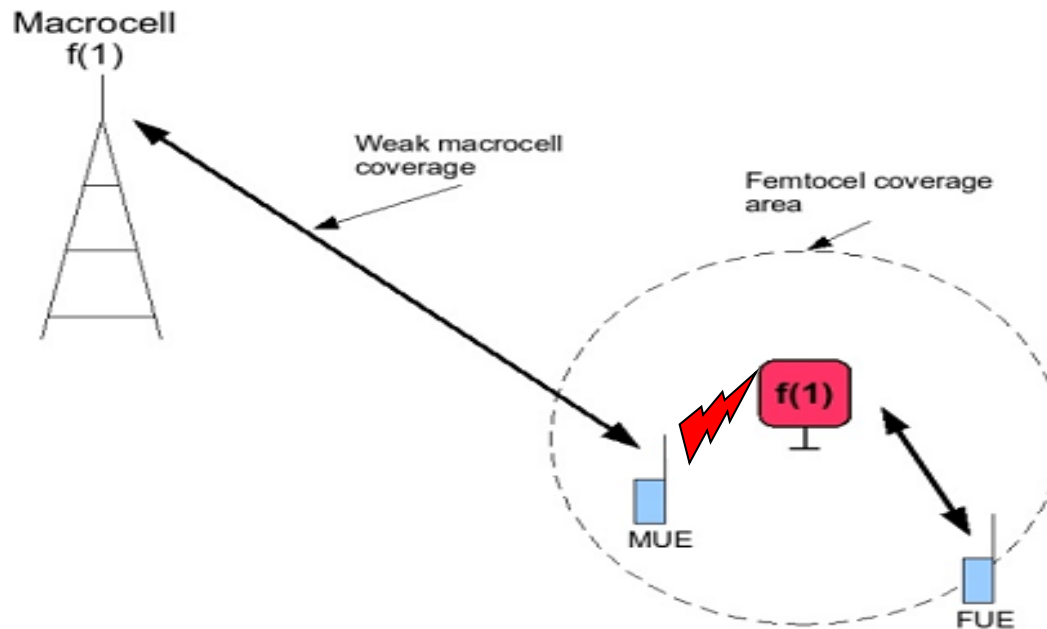
Σενάριο Β΄

| 1 ^η Προσομοίωση | | |
|----------------------------|-------|-------------|
| | Τιμή | Συμβολισμοί |
| Μέγιστη Ισχύς Tx Fue | 10dBm | Ptx_f |
| Απόσταση FAP-FUE | 5m | d_mue |
| 2 ^η Προσομοίωση | | |
| Μέγιστη Ισχύς Tx Fue | 20dBm | Ptx_f |
| Απόσταση FAP-FUE | 5m | d_mue |
| 3 ^η Προσομοίωση | | |
| Μέγιστη Ισχύς Tx Fue | 10dBm | Ptx_f |
| Απόσταση FAP-FUE | 15m | d_mue |
| 4 ^η Προσομοίωση | | |
| Μέγιστη Ισχύς Tx Fue | 20dBm | Ptx_f |
| Απόσταση FAP-FUE | 15m | d_mue |

Ptx_mue=21dBm



Σενάριο C'. Η κάτω ζεύξη της Femtocell παρεμβάλλει την συσκευή του χρήστη Μακροκυψέλης



Συνοπτική περιγραφή της ανάλυσης:

A) Καθορισμός της ελάχιστης απόστασης FAP-MUE, για την διατήρηση της σύνδεσης του MUE στην Μακροκυψέλη .

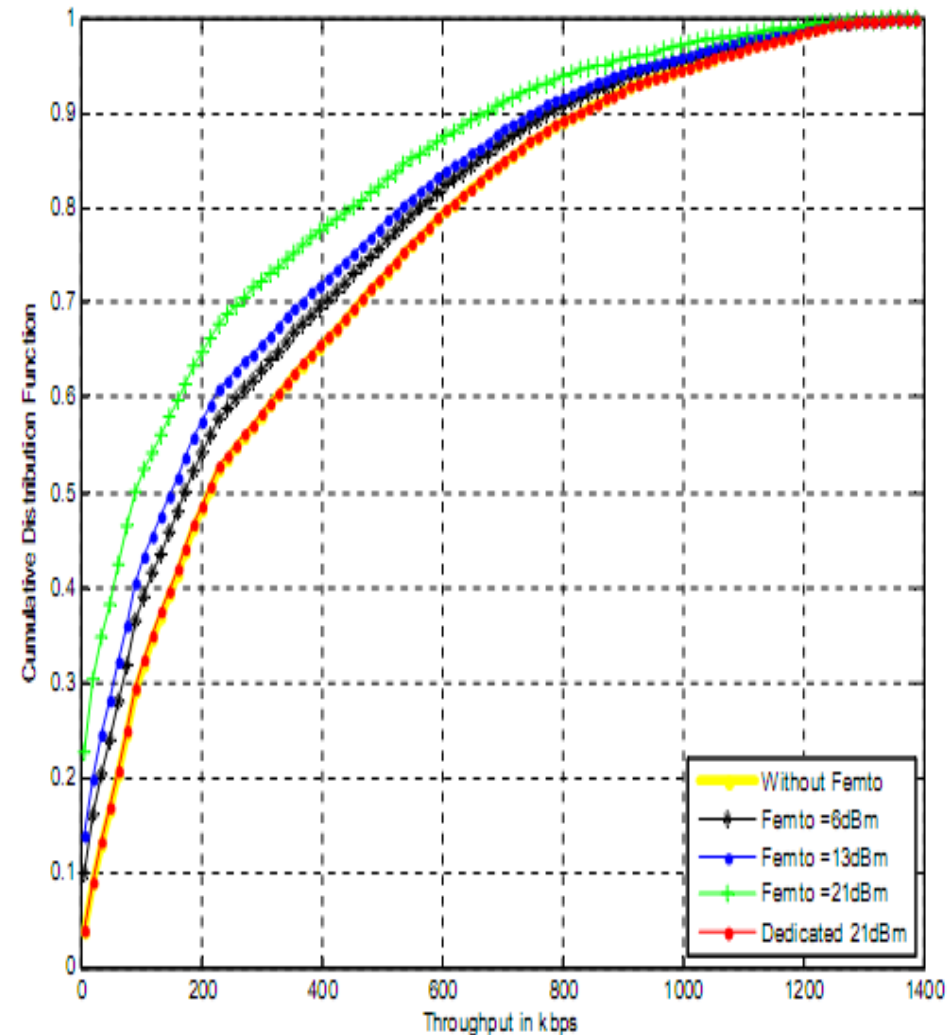
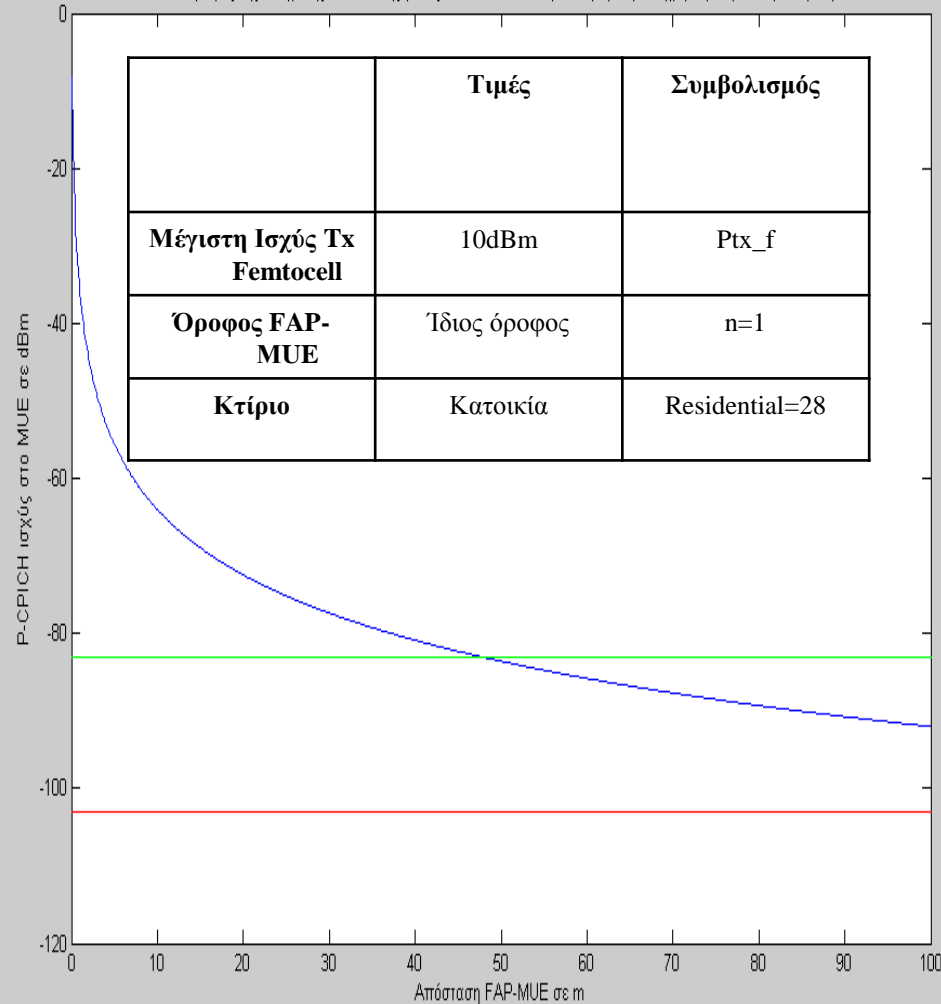
B) Η επίδραση της κάτω ζεύξης της Femtocell, στην χωρητικότητα της κάτω ζεύξης της Μακροκυψέλης .

Καθορισμός της ελάχιστης απόστασης FAP-MUE για την διατήρηση της σύνδεσης του MUE στην Μακροκυψέλη.

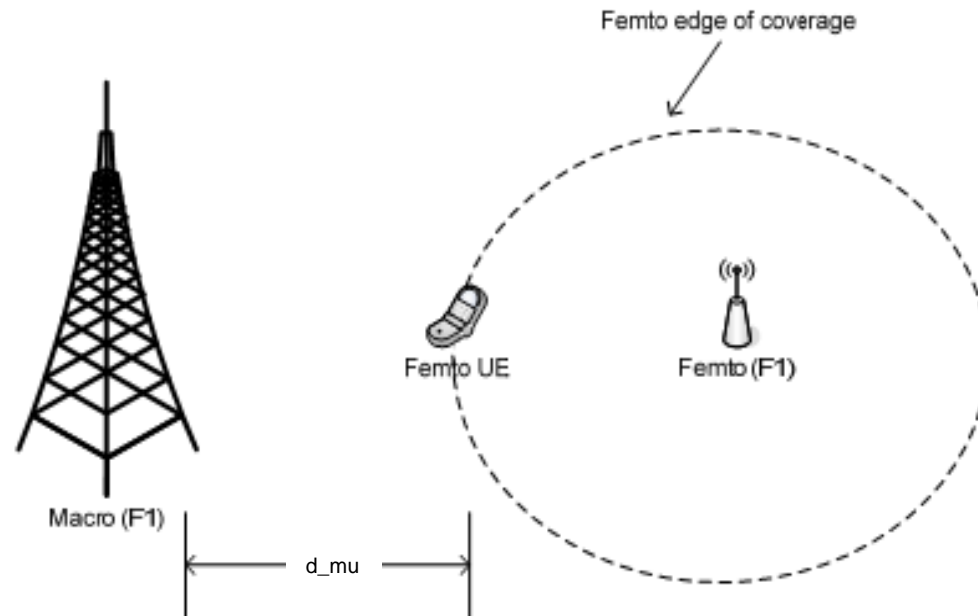
Η επίδραση της κάτω ζεύξης της Femtocell στην χωρητικότητα της κάτω ζεύξης της Μακροκυψέλης. Σενάριο C'

Καθορισμός της ελάχιστης απόστασης μεταξύ FAP και MUE για παραμονή του χρήστη στην Μακροκυψέλη.

| | Τιμές | Συμβολισμός |
|-----------------------------------|--------------|----------------|
| Μέγιστη Ισχύς Tx Femtocell | 10dBm | P_{tx_f} |
| Όροφος FAP-MUE | Ίδιος όροφος | $n=1$ |
| Κτίριο | Κατοικία | Residential=28 |



Σενάριο D'. Η άνω ζεύξη του χρήστη Femtocell παρεμβάλλει τον σταθμό βάσης της Μακροκυψέλης (Macro Node B).

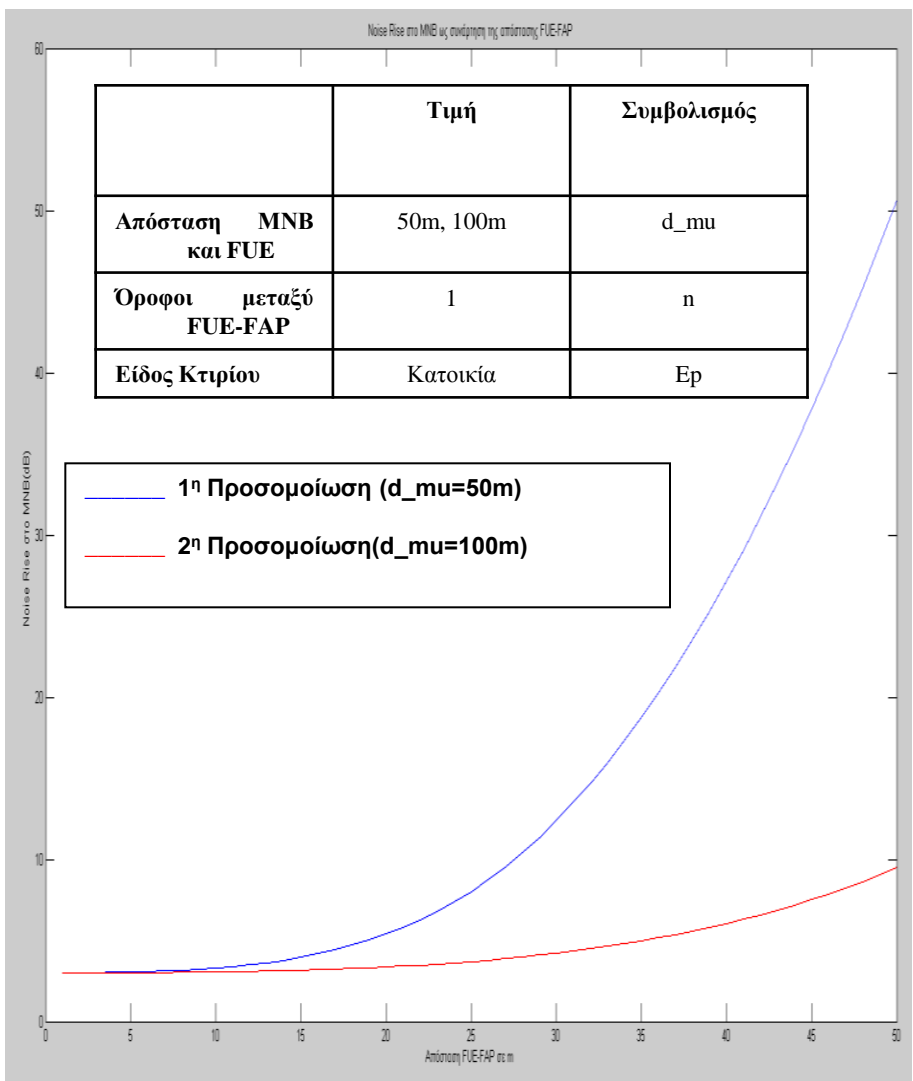
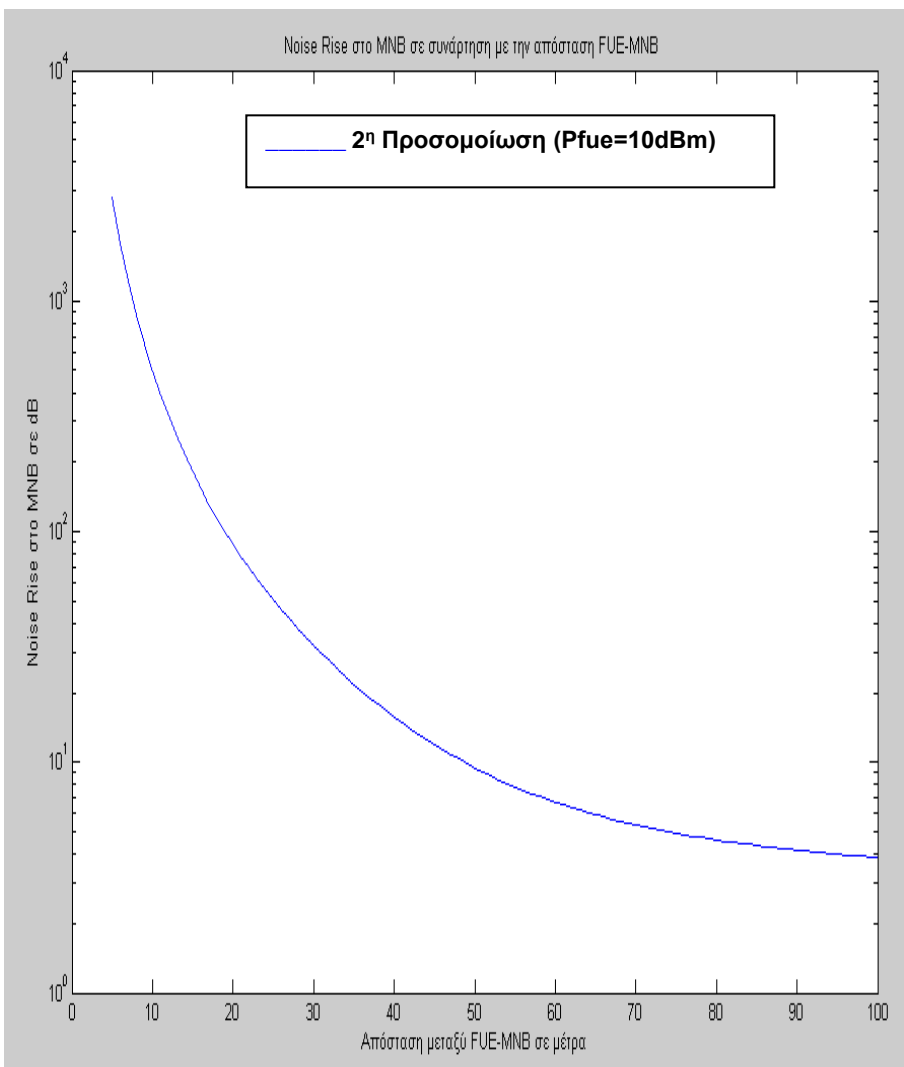


Η μελέτη έχει δύο προσεγγίσεις.

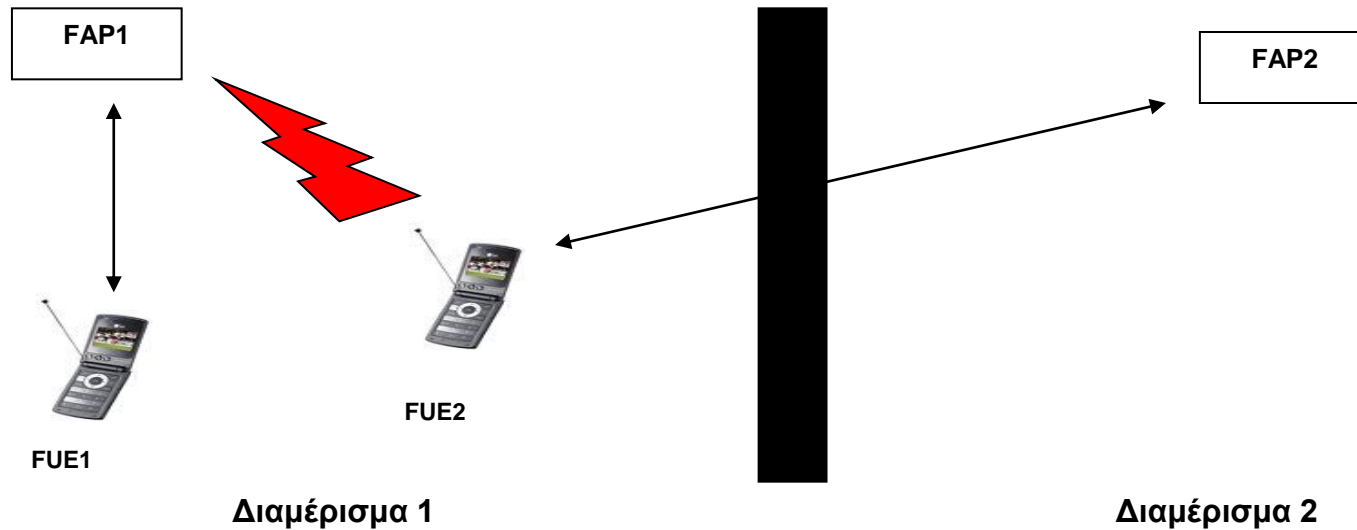
A) Την μεταβολή του Noise Rise στο MNB, εξαιτίας της άνω ζεύξης της Femtocell.

B) Την μεταβολή του Noise Rise στο MNB, εξαιτίας υπηρεσίας στο FUE 2Mbps.

Η μεταβολή του Noise Rise στο MNB, εξαιτίας της άνω ζεύξης της Femtocell. Σενάριο D'



Σενάριο Ε' .Η κάτω ζεύξη του Femtocell παρεμβάλλει διπλανούς χρήστες της Femtocell.



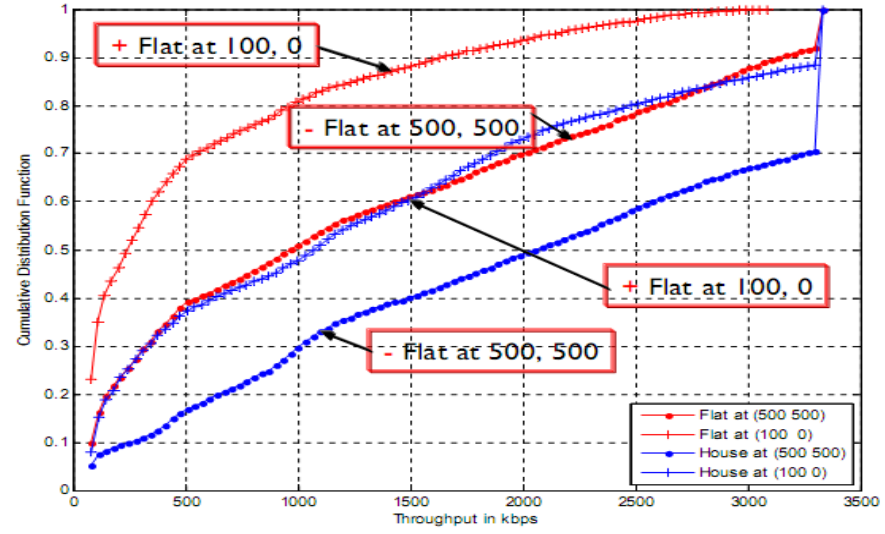
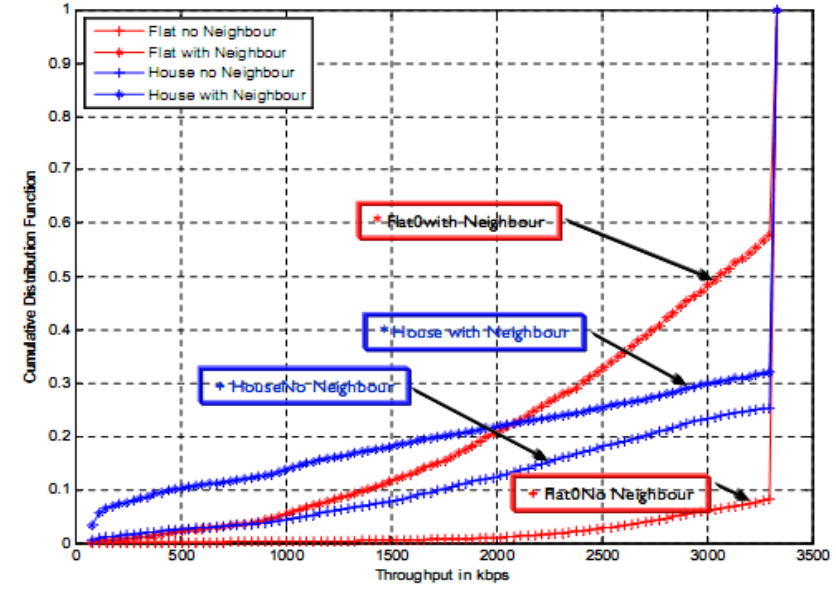
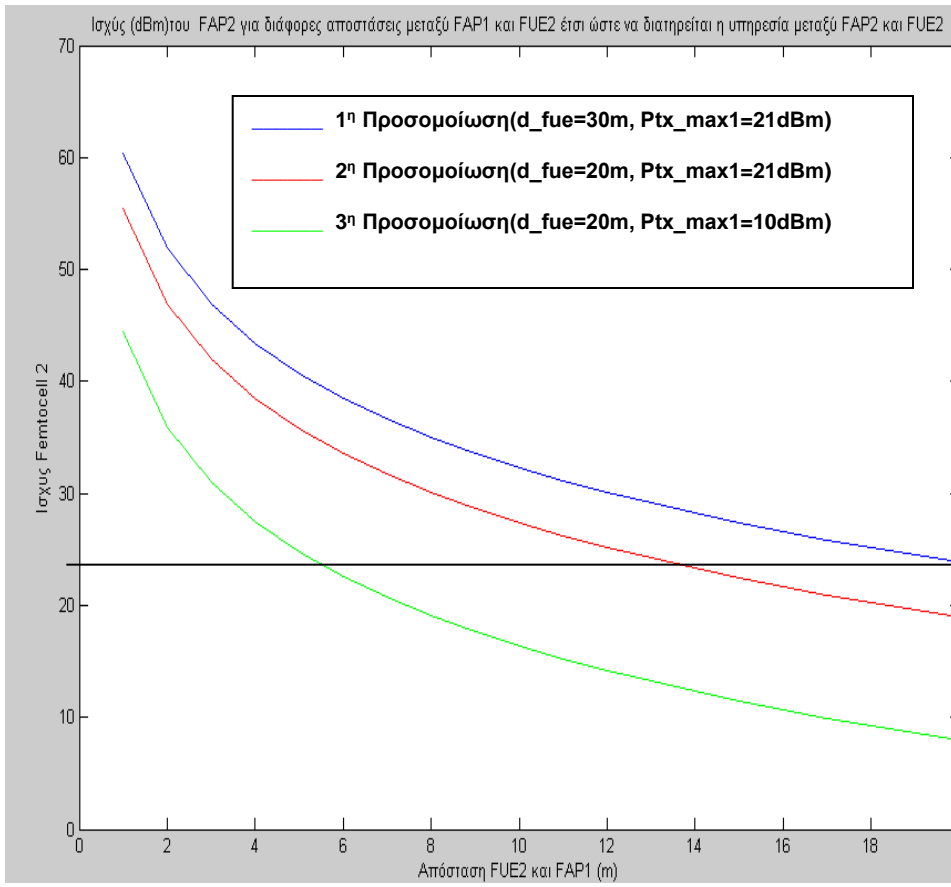
Γι' αυτό το σενάριο πραγματοποιούνται 2 αναλύσεις:

A) Υπολογισμός της ισχύος του FAP2, για την εξυπηρέτηση του FUE2, λαμβάνοντας υπόψιν την παρεμβολή του FAP1 στο FUE2 .

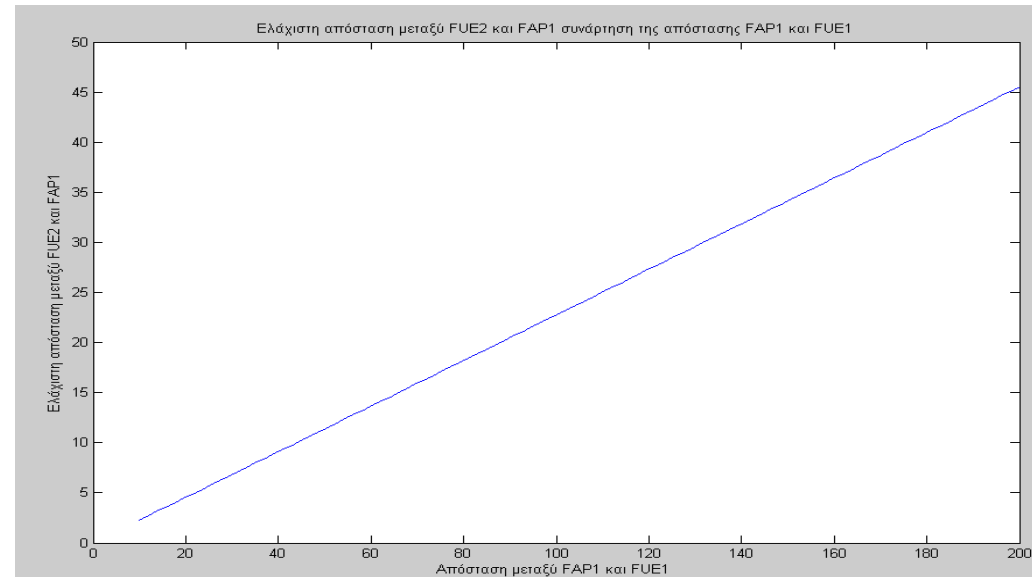
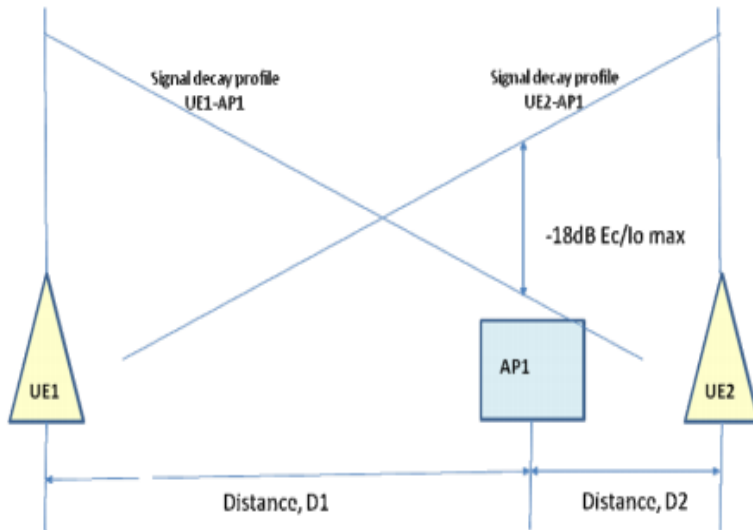
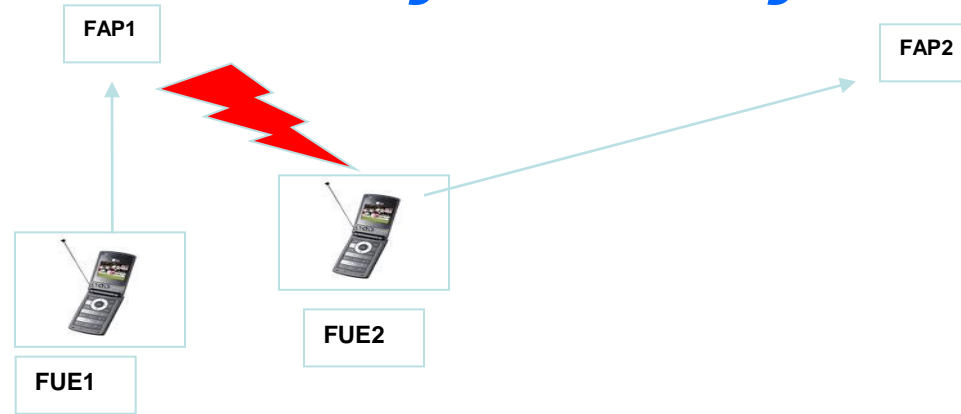
B) Μελέτη χωρητικότητας, σε περίπτωση που έχουμε την παρουσία πλήθους Femtocells.

Υπολογισμός της ισχύος του FAP2 για την εξυπηρέτηση του FUE2 λαμβάνοντας υπόψιν την παρεμβολή του FAP1 στο FUE2-Χωρητικότητα Σενάριο Ε'

| | Τιμές | Συμβολισμοί |
|------------------------------|--------------|-------------|
| Απόσταση μεταξύ AP2-UE2 | 30m, 20m | d_fue |
| Είδος κτιρίου | Κατοικία | ch |
| Πλήθος ορόφων μεταξύ FAP-FUE | 1 | N |
| Ισχύς κάτω ζεύξης AP1 | 21dBm, 10dBm | Ptx_max1 |



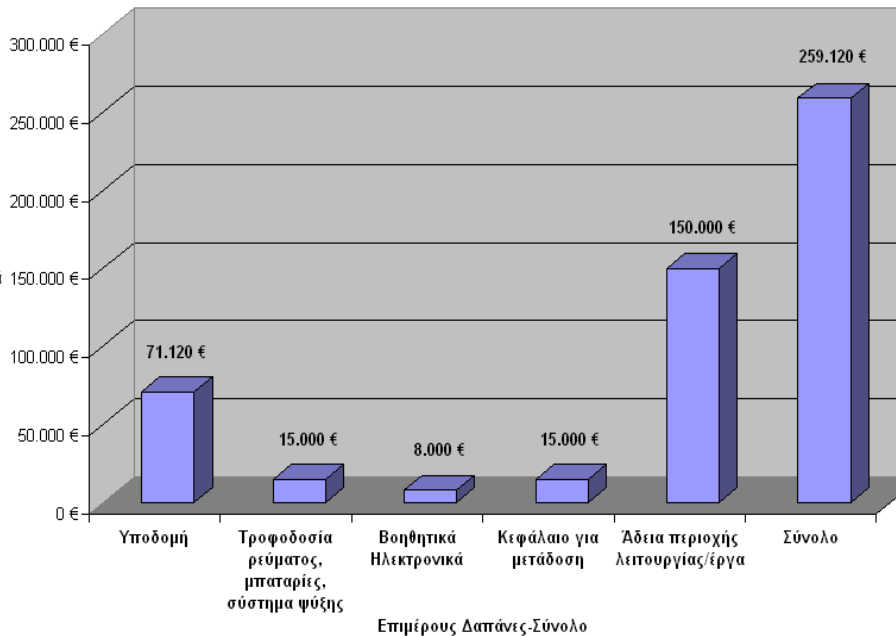
Σενάριο F'. Η άνω ζεύξη του Femtocell παρεμβάλλει διπλανές συσκευές Femtocell



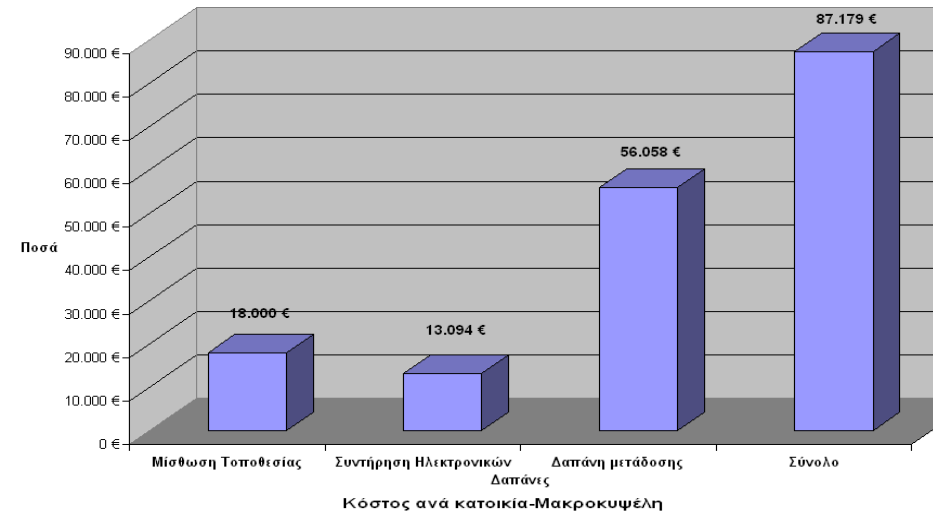
Το ζητούμενο είναι η ελάχιστη απόσταση FUE2-FAP1, για κάθε απόσταση μεταξύ FAP1-FUE1.

Οικονομική Μελέτη ανάπτυξης δικτύου Μακροκυψέλης-Κόστος Ετήσια Λειτουργία

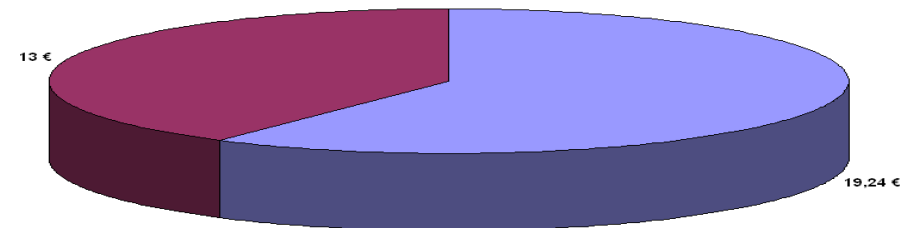
Επένδυση Κεφαλαίου-Μακροκυψέλη



Ετήσια Δαπάνη Λειτουργίας

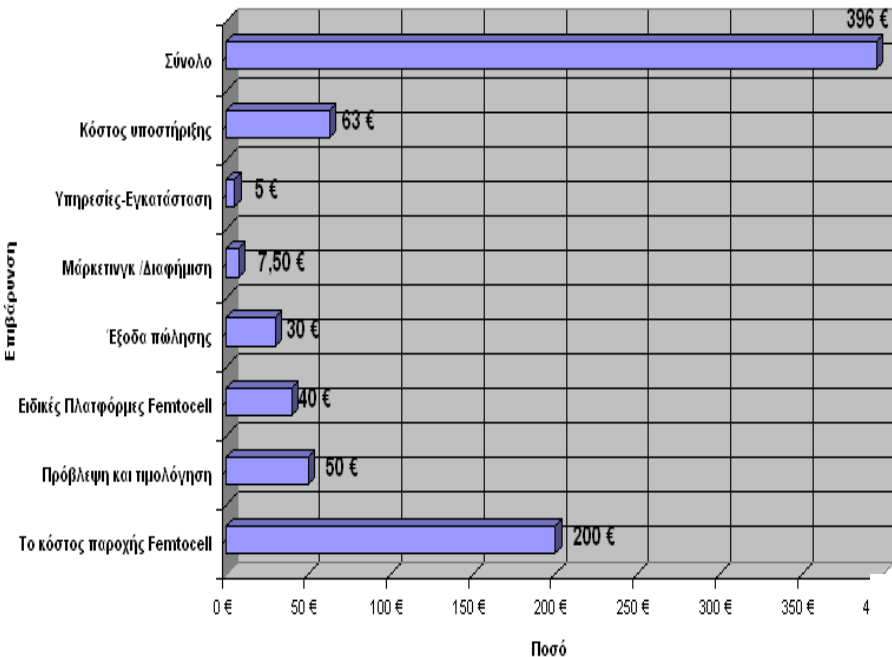


Υπολογίζεται ότι το κόστος ανά κατοικία ανέρχεται στα $13€ + 19,24€ = 32,24€$ ή $16,12€/$ Συνδρομητή (2 Συνδρομητές / Κατοικία).



Κοστολόγηση Femtocell

Κοστολόγηση Femtocell

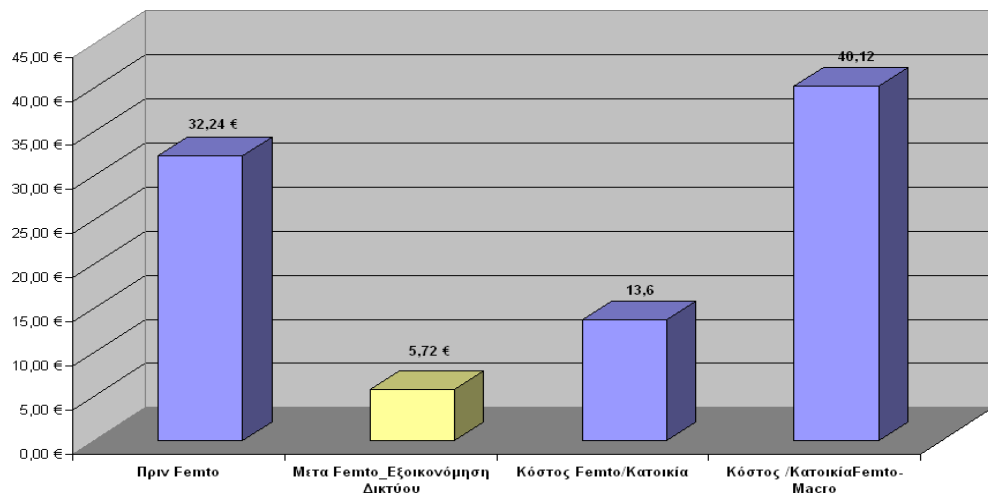


| Κόστη /Εξοικονομήσεις | Ποσό |
|---|----------------------|
| Αγορά Femtocell κόστος στην οικογένεια | 67,50€ |
| Επιβάρυνση Παρόχου ανά κατοικία | $395,50€-67,50=328€$ |
| Εξοικονόμηση κόστους από την μεταφόρτωση κίνησης στην Femtocell | 68€ |
| Κόστος για κάλυψη Femtocell στην περιοχή | |
| Επένδυση για σύνολο κατοικιών | $328€*561=184.008€$ |
| Απόσβεση σε 24 μήνες/Κόστος ανά μήνα | $184008€/24=7.664€$ |
| Κόστος ανά κατοικία | $7664€/561=13,6€$ |

Κόστος ανά κατοικία Μακροκυψέλης με την παρουσία Femtocell :32.24€(Διαφάνεια 15) +13,6€=45.84€

Προσαρμογή Κόστους ανα Κατοικία παρουσία Femto

| Δαπάνη | Ποσό |
|----------------------------|---|
| Ετήσια λειτουργία | $87.179€-38.148€=49.031€$ |
| Λειτουργία ανά μήνα | $49.031€/12(Μήνες)=4.085€$ |
| Ποσό ανά νοικ. | $4.085€/561(Κατοικίες)=7,28€$ |



Οικονομική Επίδραση παρουσίας Femtocell-Επιπλέον Επιβαρύνσεις

| Υπηρεσία | Μηνιαία Συνδρομή |
|-----------------------|------------------|
| Δωρεάν χρόνος ομιλίας | 20€ |
| Μηνιαία Συνδρομή | 6,75€ |

Το μηνιαίο κόστος ανά νοικοκυριό, διαμορφώνεται λαμβάνοντας υπόψιν τα προηγούμενα :

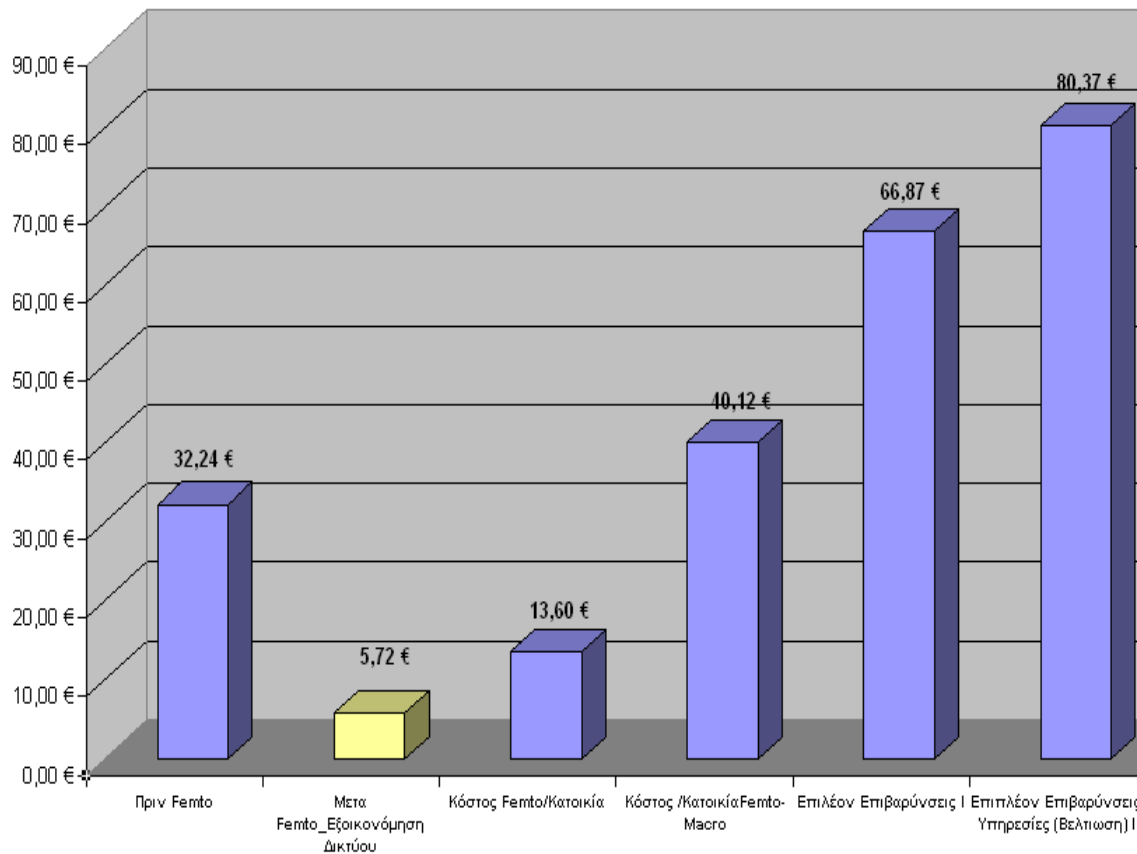
$$40,12€ + 20€ + 6,75€ = 66,87€ (33,4€/Συνδρομητή)$$

| Υπηρεσία | Μηνιαία Συνδρομή |
|--|------------------|
| Νέες Βελτιωμένες Υπηρεσίες σε σχέση με την Μακροκυψέλη | 6,75€ |
| Βελτίωση υπηρεσιών που υπολειπούνταν | 6,75€ |

Το μηνιαίο κόστος ανά κατοικία (Μακροκυψέλη-Femtocell-Επιπλέον υπηρεσίες-Υποστήριξη υπαρχόντων υπηρεσιών), λαμβάνοντας υπόψιν τα προηγούμενα διαμορφώνεται στα :

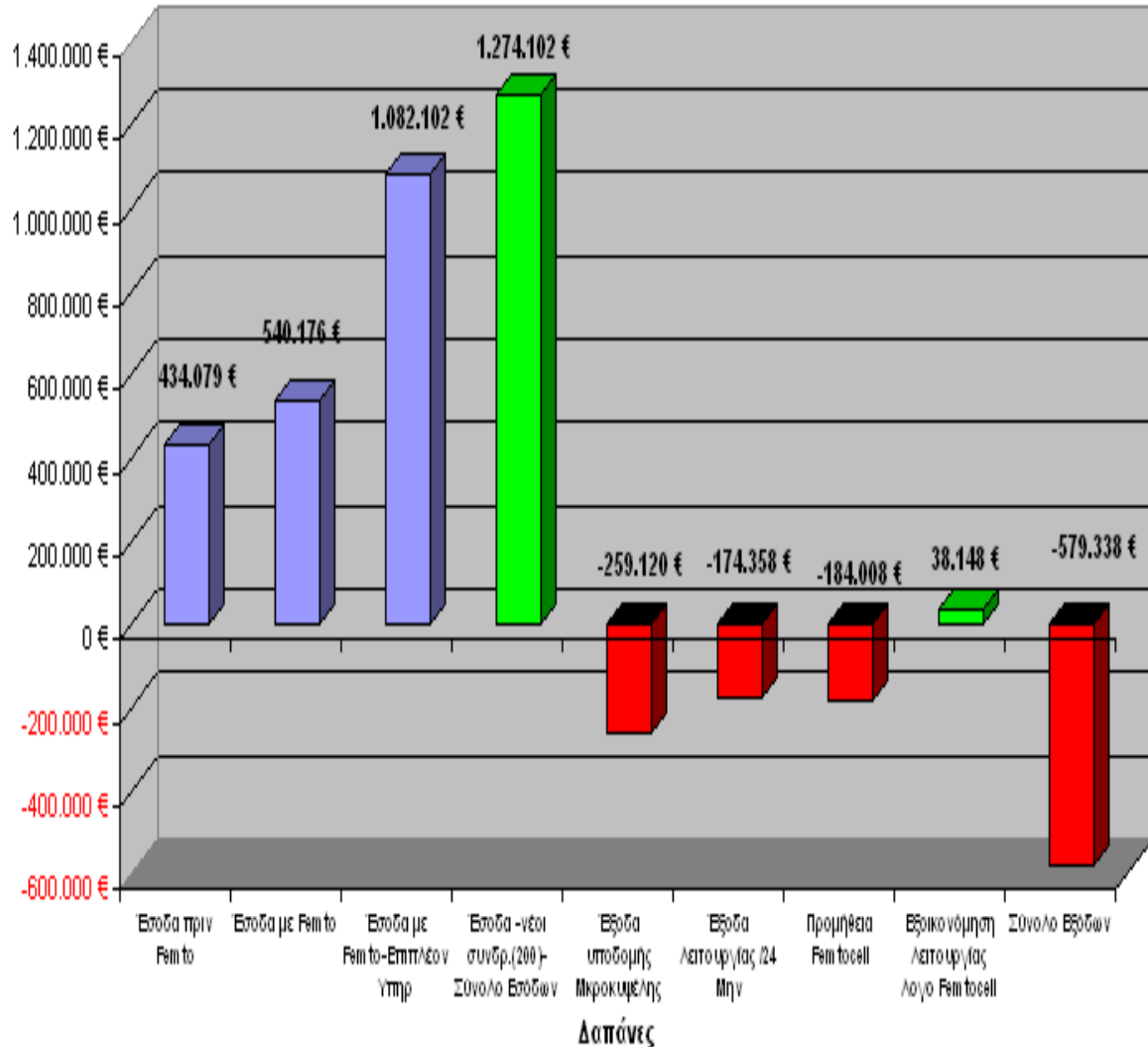
$$66,87€ + 6,75€ + 6,75€ = 80,37€. (40,2€/Συνδρομητή)$$

Προσαρμογή Κόστους ανα Κατοικία παρουσία Femto



Καταγραφή Ισολογισμού διάρκειας 24 μηνών

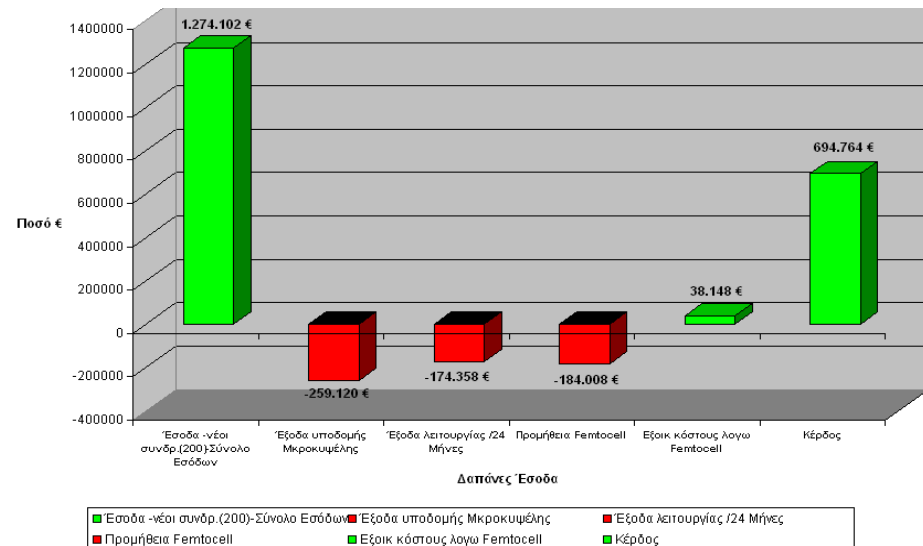
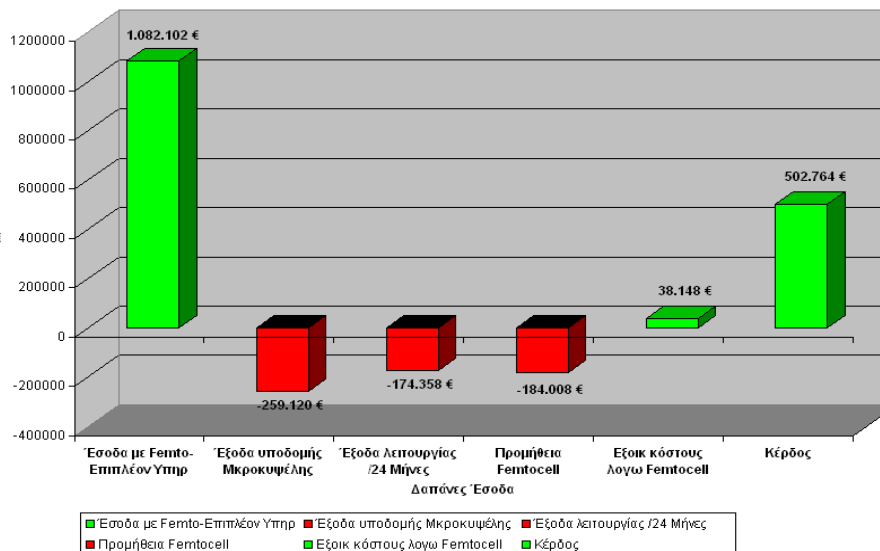
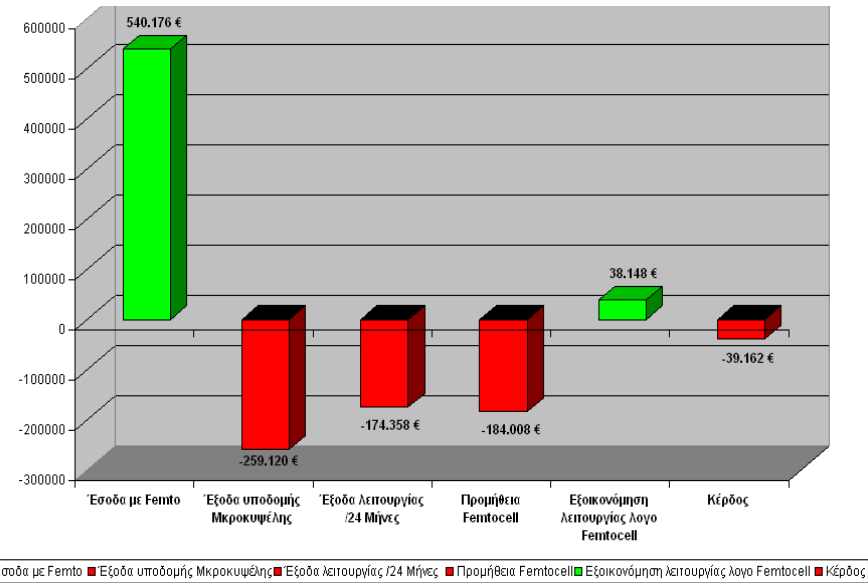
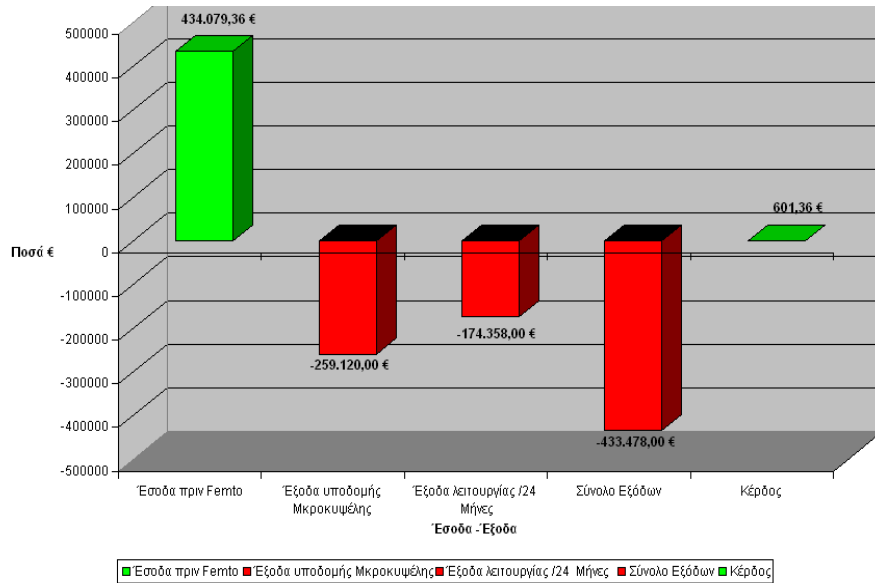
| Έσοδα- Έξοδα | Υπολογισμός | Ποσό |
|---|-----------------------------------|----------------------|
| Έσοδα πριν Femto | 32,24€/Νοικ*561 Νοικ*24μ ην | 434.079,36€ |
| Έσοδα με Femto | 40,12€/Νοικ*561 Νοικ*24μ ην | 540.175,68€ |
| Έσοδα με Femto- Επιπλέον Υπηρ | 80,37€/Νοικ*561 *24μην | 1.082.101,68€ |
| Έσοδα -με νέους συνδρομητές(200σ υν) | 1.082.101,68€+19 2.000€ | 1.274.101,68€ |
| Έξοδα υποδομής Μακροκυψέλης | | 259.120€ |
| Έξοδα λειτουργίας | 87.179€ *2έτη | 174.358€ |
| Προμήθεια Femtocell | 328€*561 Νοικ | 184.008€ |
| Εξοικονόμηση λειτουργίας λόγω Femtocell | | 38.148€ |
| Σύνολο Εξόδων | | 579.338€ |



Γενικό Οικονομικό Μοντέλο

| Περίπτωση | Υπολογισμός | |
|---|---|------|
| Σύνολο Κατοικιών (Femtocells) | | (1) |
| Χρόνος Απόσβεσης (σε μήνες) | | (2) |
| Επένδυση Κεφαλαίου (Πριν Femto) | Υποδομή + Τροφοδοσία Ρεύματος + Βοηθητικά Ηλεκτρονικά + Κεφάλαια για Μετάδοση + Άδεια Περιοχής | (3) |
| Ετήσια Δαπάνη Λειτουργίας (Πριν Femto) | Μίσθωση Τοποθεσίας + Συντήρηση Ηλεκτρονικών + Δαπάνη Μετάδοσης | (4) |
| Ετήσια Δαπάνη Λειτουργίας ανά Κατοικία (Πριν Femto) | Ετήσια Δαπάνη Λειτουργίας /12 Μήνες / (1) | (5) |
| Επένδυση Κεφαλαίου ανά Κατοικία | (3) / (2) / (1) | (6) |
| Μηνιαίο Κόστος ανά Κατοικία (Χρέωση) | (5)+(6) | (7) |
| Κόστος Femtocell | Κόστος παροχής Femtocell + Πρόβλεψη και τιμολόγηση + Ειδικές Πλατφόρμες Femtocell + Έξοδα πώλησης + Μάρκετινγκ / Διαφήμιση + Υπηρεσίες-Εγκατάσταση + Κόστος υποστήριξης | (8) |
| Κόστος Femtocell ανά κατοικία | {Συμμετοχή Παρόχου * (1)} / (2) / (1) | (9) |
| Κόστος Femtocell & Μακροκυπέλης ανά Κατοικία(Χρέωση) | (7) + (9) | (10) |
| Εξοικονόμηση Κόστους | Ποσό Εξοικονόμησης * (1) | (11) |
| Ετήσιας Δαπάνης Λειτουργίας με Εξοικονόμηση Κόστους ανά Κατοικία | {(5)-(11)} /12 (μήνες) / (1) | (12) |
| Κόστος Femtocell & Μακροκυπέλης ανά Κατοικία(με εξοικονόμηση)(Χρέωση) | (9)+(6)+(12) | (13) |
| Προσαρμογή Πρότασης (χρέωση) | (13)+Μηνιαία συνδρομή για κάθε νέα υπηρεσία. | (14) |
| Έσοδα πριν Femto | (7)*(1)*μήνες | (15) |
| Έσοδα με Femto | (10)*(1)*μήνες | (16) |
| Έσοδα με Femto-Επιπλέον Υπηρ | (14)*(1)*μήνες | (17) |
| Έσοδα από Έγγραφή χρηστών | {(14)/Πλήθ. Συνδ ανά κατοικία}*Πληθος Εγγραφών*Διάρκεια απόσβεσης | (18) |

Καταγραφή Ισολογισμού διάρκειας 24 μηνών



Συμπεράσματα-Προτάσεις

Τεχνική Μελέτη

1. Η ισχύς του FAP, πρέπει να προσαρμόζεται ανά περίπτωση και να μην παραμένει σταθερή, έτσι ώστε να μειώνονται οι παρεμβολές τόσο στα MUE όσο και στο MNB, αλλά και για εξοικονόμηση ενέργειας . Βέβαια ο έλεγχος ισχύος αυξάνει την πολυπλοκότητα και το κόστος δικτύου.
2. Όταν ένα MUE βρίσκεται στα όρια κάλυψης της Μακροκυψέλης, αλλά και στην περιοχή κάλυψης μιας Femtocell, εκπέμπει σε μέγιστη ισχύ προκαλώντας παρεμβολή στα FUE, αλλά και στο FAP. Σε αυτές τις περιπτώσεις, προτείνεται η μεταπομπή του MUE σε κοντινότερο MNB ή ακόμη και στην Femtocell .
3. Προτείνεται η μεταπομπή του FUE στην Μακροκυψέλη όταν το FUE παρεμβάλλει MUE, άλλες Femtocells ή όταν βρίσκεται κοντά σε MNB.
4. Στην περίπτωση των γειτονικών Femtocells, είναι αναγκαία η ύπαρξη δυνατότητας της προσαρμογής της ισχύος. Εκμεταλλευόμενοι την συγκεκριμένη δυνατότητα, η ισχύς θα πρέπει προσαρμόζεται έτσι ώστε να υπάρχει κάλυψη έως τα όρια του διαμερίσματος.
5. Με την μεταπομπή χρηστών από την Μακροκυψέλη στην Femtocell μειώνονται οι παρεμβολές με αποτέλεσμα να αυξάνεται το Qos στην Μακροκυψέλη.
6. Η παρουσία Femtocell σε μια περιοχή, περιορίζει τον ρυθμό μετάδοσης της Μακροκυψέλης, ειδικά όταν δεν έχουμε προσαρμογή στην ισχύ και κατά επέκταση στα όρια κάλυψης της Μακροκυψέλης
7. Γενικά είναι σαφές ότι η ομοδιαυλική παρεμβολή περιορίζεται με την προσαρμογή της ισχύος της Femtocell, ενώ έχουμε βελτιωμένη φασματική απόδοση. Λόγω της μικρής ακτίνας κάλυψης, είναι δυνατό η συχνή επαναχρησιμοποίηση φάσματος σε σχέση με την Μακροκυψέλη, με λιγότερο κόστος, αυξάνοντας την χωρητικότητα

Οικονομική Μελέτη

1. Η συνδρομή του χρήστη αυξάνεται αλλά η αύξηση αντισταθμίζεται με την βελτίωση των υπάρχουσων υπηρεσιών αλλά και με την προσθήκη νέων υπηρεσιών (δωρεάν χρόνο ομιλίας κτλ).
2. Με την χρήση της Femtocell αυξάνονται σταδιακά τα έσοδα μαζί βέβαια με τις προσφερόμενες υπηρεσίες αλλά και με την εγγραφή νέων πελατών, παρουσιάζοντας τελικά κέρδος στο όριο του 24μήνου αφήνοντας περιθώρια μείωσης της συνδρομής των χρηστών .
3. Οι υπηρεσίες του χρήστη βελτιώνονται, με τον απεριόριστο χρόνο ομιλίας, με την φθηνότερη χρέωση ανά μονάδα MB σε σχέση με την Μακροκυψέλη. Έτσι όταν θέλει να μεταδώσει δεδομένα ή να μιλήσει προτιμά να το κάνει όταν βρεθεί στα όρια κάλυψης της Femtocell .

Παρατηρήσεις

•Μελετώντας τα σενάρια στην τεχνική μελέτη θα μπορούσε να πει κανείς ότι ίσως να υπάρχουν προβλήματα παρεμβολών, αλλά και περιορισμός στον ρυθμό μετάδοσης με άμεσο αρνητικό αντίκτυπο στην ποιότητα των υπηρεσιών.
•Η πιθανότητα όμως να συμβούν τα συγκεκριμένα σενάρια είναι μικρή, αφού μιλάμε για ακραία σενάρια (worst case), οπότε τα συγκεκριμένα προβλήματα είναι πολύ λιγότερα πιθανά να συμβούν από εκείνα λόγω της παρουσίας μόνο της Μακροκυψέλης.

Τέλος Παρουσίασης

Σας ευχαριστώ

Βύρης Μ. Δημήτριος