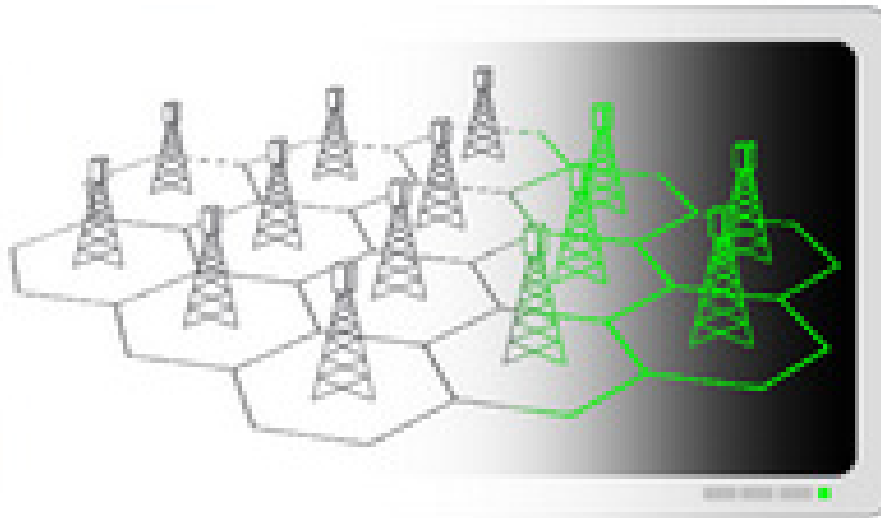




UNIVERSITY OF MACEDONIA
THESSALONIKI.GREECE

**Μ.Ι.Σ – Δ.Π.Μ.Σ στα Πληροφοριακά Συστήματα
ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
Διδάσκων: Οικονομίδης Αναστάσιος**



MONOTAS

**PROJECT MONOTAS
MOBILE Network Optimisation Through Advanced Simulation**

Έρευνα & Συγγραφή:

Μακρίδης Παναγιώτης Α.Μ: 0821

Θεσσαλονίκη , Ιανουάριος 2010

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	2
2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	3
3. Η ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	4
3.1 Υψηλού Επιπέδου Προσομοιωτές Σχεδίαση	4
3.2 Απαίτηση για πληροφορίες θέσης	6
3.3.Πληροφορική συμπλέγματος	6
3.4.Βελτιστοποίηση διαδικασίας.....	7
4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ 3G.....	7
4.1 Οδηγός Δύναμης Βελτιστοποίησης.....	8
4.2 Έλεγχος πρόσβασης κλήσης	9
4.3 Η μεταβίβαση των παραμέτρων βελτιστοποίησης.....	10
5. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ 4G	11
5.1 Περιγραφή Δικτύου 4G	12
5.2 Προοίμιο Ενέργειας Βελτιστοποίησης.....	13
5.3 Βελτιστοποίηση Χρήσης EDR-Based Επιλογής Κελιού.....	13
5.4 Η προσαρμογή επαναχρησιμοποίησης συχνότητας.	14
6. ΈΡΕΥΝΑ ΓΙΑ ΘΕΜΑΤΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ FEMTOCELL	16
6.1 Ανοικτοί και κλειστοί τρόποι ανάπτυξης.....	17
6.2 EDR με επιλογή κελιού.....	17
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	18
8. ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ.....	19
9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	20

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι φορείς εκμετάλλευσης δικτύων καταβάλουν σημαντικά ποσά σε χρόνο, προσπάθεια και χρήμα για ρύθμιση των δικτύων τους για τις ανάγκες των πελατών τους. Αυτό είναι σήμερα μια μη αυτόματη διαδικασία, στηριζόμενη στις γνώσεις και στις ικανότητες των εμπειρών μηχανικών βελτιστοποίησης. Είναι επίσης μια πολύ ενδιαφέρουσα διαδικασία, δεδομένου ότι τα φορτία του δικτύου μπορούν να ποικίλλουν σημαντικά από ώρα σε ώρα ακόμα και από λεπτό προς λεπτό. Τυπικό δίκτυο βελτιστοποίησης κύκλων είναι αυτήν τη στιγμή της τάξης των μηνών και, ως εκ τούτου, οι φορείς εκμετάλλευσης δικτύου πρέπει να συντονίζουν τα δίκτυά τους σε ένα σενάριο μέσης φόρτωσης προκειμένου να διατηρηθεί η ικανοποιητική απόδοση σε ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών φορτίων που μπορεί να προκύψουν στην πράξη. Σε αυτό το έργο, έχουμε εξετάσει τη σκοπιμότητα που παρουσιάζει η δραματική μείωση της βελτιστοποίησης του χρόνου κύκλου ερευνώντας τεχνικές για την αυτοματοποίηση της επιλογής με τις καλύτερες ρυθμίσεις παραμέτρων σε μια δεδομένη χρονική στιγμή.

Η προσέγγιση της βελτιστοποίησης που αποτέλεσαν αντικείμενο της έρευνας ως μέρος αυτού του έργου ήταν η δημιουργία αντιπροσωπευτικών μοντέλων υπολογιστών ενός δικτύου, σχετικά φορτία κίνησης και προσομοιώσεις βάσει αυτών των μοντέλων για την κατανόηση της απόδοσης που επιτυγχάνεται με διαφορετικές παραμέτρους ρυθμίσεων. Εφαρμόζοντας αλγορίθμους βελτιστοποίησης που χρησιμοποιούν τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων αυτών για να προσδιορίσουν τις πιο κατάλληλες ρυθμίσεις παραμέτρων για ένα δεδομένο δίκτυο φορτίο, αποδείξανε ότι είναι εφικτό να χρησιμοποιούν μοντέλα προσομοίωσης στο βρόχο βελτιστοποίησης. Έχει, επίσης, αποδειχτεί ότι είναι εφικτή για την ανάπτυξη μοντέλων δικτύου και προσομοιώσεις που μπορούν να διανεμηθούν σε ένα σύμπλεγμα υπολογιστών μεγάλης κλίμακας για τον περιορισμό του χρόνου που απαιτείται για να προσδιορίσετε τις πιο κατάλληλες ρυθμίσεις παραμέτρων και ως εκ τούτου να επιταχυνθεί η διαδικασία βελτιστοποίησης.

Ως μέρος του έργου, θα πρέπει επίσης να εξετάζεται η ανάπτυξη των μικρών, αυτοεγκατεστημένων εγχώριων σταθμών βάσης, γνωστή ως femtocells. Αυτή τη στιγμή υπάρχουν σημαντικά ενδιαφέροντα στο πλαίσιο της βιομηχανίας γύρω από αυτές τις συσκευές, αλλά πολύ μικρή ανάλυση στις επιδόσεις τους και, ιδίως, τις επιπτώσεις τους στο υπάρχον δίκτυο, που έχει τεθεί στο δημόσιο τομέα. Σε αυτό το έργο εξεταστήκαν οι επιπτώσεις στην απόδοση του δικτύου της femtocells που λειτουργούν σε κατάσταση κλειστή πρόσβασης (δηλαδή, μπορείτε να έχετε πρόσβαση σε αυτά με μόνο ένα μικρό υποσύνολο των συνδρομητών) και σε κατάσταση ανοικτής πρόσβασης (δηλαδή, μπορείτε να έχετε πρόσβαση σε αυτά από οποιοδήποτε δίκτυο συνδρομητή).

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μεγάλης κλίμακας κινητά ραδιο-δίκτυα είναι πολύπλοκα συστήματα και η συμπεριφορά τους διέπεται από μια σειρά από διάφορες παραμέτρους. Αυτές οι παράμετροι κυμαίνονται από φυσικούς παράγοντες, όπως είναι η θέση των σταθμών βάσης και τον προσανατολισμό των κεραιών τους, και με παραμέτρους που ελέγχουν τη λειτουργία του λογισμικού διεργασιών που εκτελούνται στο πλαίσιο του δικτύου. Οι φορείς εκμετάλλευσης δικτύων καταβάλουν σημαντικά ποσά χρόνου, προσπάθειών και χρημάτων στην προσπάθεια για να βρουν ένα σύνολο από αυτές τις παραμέτρους που εξασφαλίζει την απόδοση του δικτύου να ανταποκρίνεται στις ανάγκες των χρηστών.

Μία από τις βασικές προκλήσεις που ο φορέας εκμετάλλευσης δικτύου αντιμετωπίζει είναι η προσαρμογή του δικτύου σε μεταβολές στο φορτίο κυκλοφορίας και η σύνθεση των υπηρεσιών που χρησιμοποιούνται, που μπορεί να διαφέρει σημαντικά από μέρα σε μέρα όπως ακόμη και από λεπτό προς λεπτό. Ορισμένοι παράμετροι δικτύου μπορούν μόνο να προσαρμοστούν σχετικά αργά (π.χ., στη θέση των σταθμών βάσης) και, ως εκ τούτου, αυτό θα χρησιμοποιηθεί για να μεγαλώσουν οι τάσεις του δικτύου στην κυκλοφορία στο δίκτυο. Εργαλεία, που επιτρέπουν σε φορείς εκμετάλλευσης δικτύου να αξιολογήσουν την καλύτερη τοποθέτηση και διαμόρφωση κεραιάς βασισμένα σε μια συγκεκριμένη κίνηση του φορτίου, είναι σαφώς καθορισμένα και υπάρχουν στην αγορά για μερικά χρόνια.

Από την άλλη πλευρά, πολλές από τις παραμέτρους του δικτύου, όπως η ισχύς των σταθμών βάσης ή οι μεταβλητές λογισμικού ελέγχου παράδοσης εντός του δικτύου, μπορεί να διαφέρουν πολύ γρήγορα. Ωστόσο, δεν υπάρχουν εμπορικά διαθέσιμα εργαλεία που θα επιτρέψουν σε έναν χειριστή δικτύου να αξιολογήσει τις επιπτώσεις των αλλαγών αυτών των παραμέτρων και, αντίθετα, τα αποτελέσματα οποιωνδήποτε αλλαγών πρέπει να αξιολογούνται μέσω δοκιμών της μονάδας του δίσκου, στατιστικών στοιχείων επιδόσεων του δικτύου και τα σχόλια των πελατών. Ως εκ τούτου, οι παράμετροι αυτές τείνουν να προσαρμοστούν σχετικά σπάνια ως μέρος των μηνιαίων ή τριμηνιαίων δικτύων βελτιστοποίησης κύκλων.

Ο κύριος στόχος του έργου MONOTAS (κινητό δίκτυο βελτιστοποίησης μέσω προχωρημένης προσομοίωσης) ήταν να διερευνήσει τη χρήση του δικτύου προσομοιώσεων, βασισμένο σε πολύπλοκα μοντέλα υπολογιστών, ως μέσο γρήγορης αναγνώρισης των καλύτερων ρυθμίσεων παραμέτρων που αντιμετωπίζει ένα φορτίο με συγκεκριμένη κίνηση.

Σε ένα έργο αυτού του είδους είναι σημαντικό να εξετάσουμε το πρόβλημα από μια σειρά από διαφορετικές προοπτικές και, για το λόγο αυτό, μια κοινοπραξία του έργου ήταν αποτελούμενη από ένα φορέα εκμετάλλευσης του δικτύου (Vodafone Group Services Limited), έναν προμηθευτή εξοπλισμού (Nortel), εργαλεία και υπηρεσίες παροχής (Multiple Access Communications Limited). Κάθε εταίρος του έργου αφιέρωσε τρία εργατοχρόνια προσπάθειας για το έργο και, ως επικεφαλής έργου, το Multiple Access Communications Limited (MAC Ltd) αφιέρωσε επίσης παραπάνω συν μισή εργατοχρονιά σε καθήκοντα διαχείρισης έργου.

3. Η ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

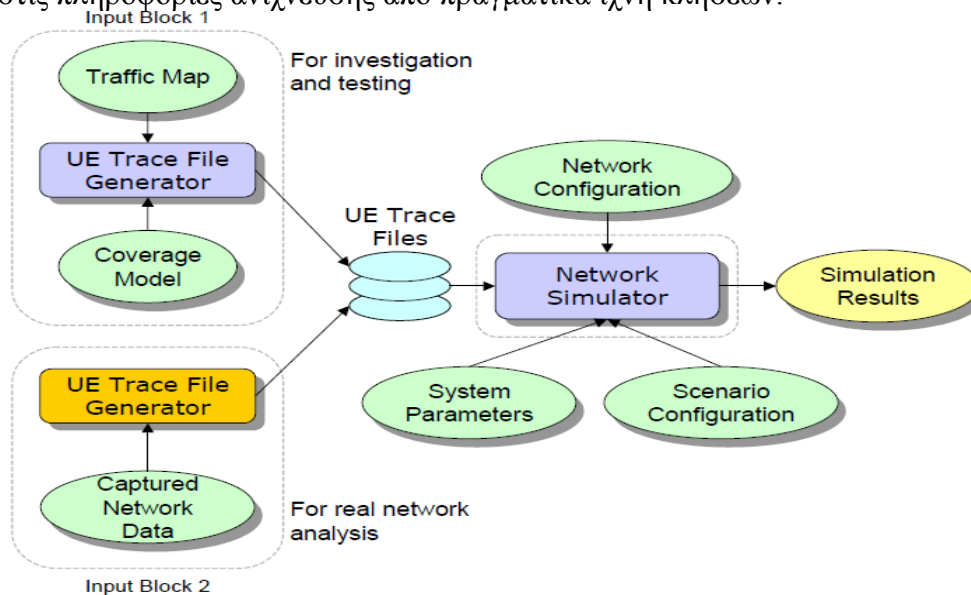
Ένα από τα βασικά στοιχεία του έργου αυτού ήταν ο σχεδιασμός και η εφαρμογή των μοντέλων προσομοίωσης που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την ταχεία αξιολόγηση των επιδόσεων ενός δικτύου σε ένα δεδομένο φόρτο κυκλοφορίας. Αυτά θα χρησιμοποιηθούν για να προσδιορίσουν την απόδοση που θα μπορούσε να επιτευχθεί με ρυθμίσεις συγκεκριμένων παραμέτρων, καθώς και για την εύρεση βέλτιστων ρυθμίσεων παραμέτρων χρησιμοποιώντας διαφορετικούς αλγορίθμους βελτιστοποίησης. Σε αυτήν την ενότητα συζητάμε για την προσέγγιση που πραγματοποιήθηκε στην ανάπτυξη των προσομοιωτών και την εφαρμογή των υπολογιστών του συμπλέγματος στην οποία θα κινούνται οι προσομοιωτές.

3.1. Υψηλού Επιπέδου Προσομοιωτές Σχεδίασης

Οι προσομοιωτές αναπτύχθηκαν ως μέρος του έργου αυτού και χρησιμοποιήθηκαν για τη διερεύνηση των επιπτώσεων της αλλαγής διαφορετικών παραμέτρων στις επιδόσεις του δικτύου και για να εκτιμήσουν την πιθανή βελτίωση των επιδόσεων που θα μπορούσε να επιτευχθεί μέσω της βελτιστοποίησης των παραμέτρων. Ήταν επίσης σημαντικό να καθιερωθεί η αξιοπιστία των προσομοιωτών με βάση τη σύγκριση των αποτελεσμάτων τους, με βάση προκαθορισμένες δοκιμές σεναρίων, με αποτελέσματα που παράγονται με τη χρήση άλλων ανεπτυγμένων ανεξάρτητων εργαλείων και μοντέλων. Αυτό σήμαινε ότι οι προσομοιωτές έπρεπε να έχουν πρόσβαση στα δεδομένα εισόδου που δημιουργούνται με χρήση ενός συνόλου γνωστών παραμέτρων εισόδου. Ωστόσο, σημαντικό ήταν επίσης ως μέρος του έργου να αποδείξει τη σκοπιμότητα της χρησιμοποίησης πληροφοριών που συλλέγονται από ένα πραγματικό δίκτυο σε προσομοιωτή και, ως εκ τούτου, ο προσομοιωτής έπρεπε επίσης να σχεδιάζεται κατά τρόπο που να δέχεται επεξεργασμένα δεδομένα από ένα πραγματικό δίκτυο.

Ο σχεδιασμός υψηλού επιπέδου προσομοιωτή εμφανίζεται σε μορφή διαγράμματος μπλοκ στην εικόνα 1. Στην αριστερή πλευρά του διαγράμματος, έχουμε τα δύο διαφορετικά μπλοκ εισαγωγής. Είσοδος μπλοκ 1 χρησιμοποιείται για τη δημιουργία των αρχείων του χρήστη εξοπλισμού (UE) παρακολούθησης για να δοκιμάσει τους προσομοιωτές και επίσης να ερευνήσει συγκεκριμένες δυνατότητες της λειτουργίας του συστήματος. Μια UE είναι ένα τερματικό συσκευή που χρησιμοποιείται για τη σύνδεση στο δίκτυο του ραδιοφώνου, π.χ., ένα κινητό τηλέφωνο ή μια κάρτα ασύρματης σύνδεσης δεδομένων. Η γεννήτρια αρχείο παρακολούθησης UE χρησιμοποιεί το πρότυπο κάλυψης, που περιέχει την διασπορά απώλειας πληροφοριών, καθώς και θα ξεθωριάσει, για κάθε έναν από τους σταθμούς βάσης στο πλαίσιο του συστήματος, και το Χάρτη οδικής κυκλοφορίας, που περιέχει λεπτομέρειες της UE διανομής και της πυκνότητας, για τη δημιουργία ίχνη UE, τα οποία εγγράφουν την απώλεια διαδρομής από το UE σε κάθε σταθμό βάσης στο δίκτυο με την πάροδο του χρόνου. Αυτά τα ίχνη παράγονται τοποθετώντας φανταστικά UEs εντός της ζώνης κάλυψης του δικτύου, με βάση προκαθορισμένες UE διανομής και πυκνότητας. Η κάλυψη του μοντέλου εισόδου δεδομένων κατά 1 είτε μπορεί να βασίζεται σε ένα απλό δίκτυο καθεστώς (π.χ., tessellated εξάγωνα) ή θα μπορεί να βασίζεται στην ανάπτυξη ενός πραγματικού δικτύου. Ως μέρος αυτού του σχεδίου, μέρος του δικτύου της Vodafone χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία UE ίχνη βάσει ενός πραγματικού δικτύου ανάπτυξης.

Μπλοκ εισόδου κατά 2 χρησιμοποιείται για να μετατρέψουν τα δεδομένα που συλλέγονται από ένα πραγματικό δίκτυο σε ίχνη UE που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε προσομοιωτή. Τα δεδομένα δικτύου αποτελούνται από ίχνη κλήσεων που δημιουργούνται είτε εντός του δικτύου ή από κινητά τηλέφωνα της δοκιμής. Αυτά τα ίχνη κλήσεων αναλύονται για τον καθορισμό, την απώλεια διαδρομής από το UE σε κάθε σταθμό βάσης του δικτύου σε κάθε σημείο σε χρόνο και οι πληροφορίες αυτές χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία των αρχείων παρακολούθησης UE. Στην περίπτωση αυτή μας δεν απαιτούν ένα μοντέλο κάλυψης ή χάρτη οδικής κυκλοφορίας, δεδομένου ότι οι πληροφορίες αυτές θα ενσωματωθούν στις πληροφορίες ανίχνευσης από πραγματικά ίχνη κλήσεων.



Εικόνα 1 Υψηλού Επιπέδου Προσομοιωτές Σχεδίασης

Εκτός από την UE ανίχνευση αρχείων, το δίκτυο προσομοιωτής έχει επίσης έναν αριθμό άλλων εισροών. Η ρύθμιση παραμέτρων δικτύου δεδομένων περιέχει πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο που έχουν ρυθμιστεί οι σταθμοί βάσης στο πλαίσιο του δικτύου (π.χ., η τακτοποίηση των τομέων και τους τύπους). Οι πληροφορίες παραμέτρων συστήματος περιέχει γενικά δεδομένα σχετικά με το σύστημα που είναι το μοντέλο, καθώς και τη μετατροπή μεταξύ του σήματος-προς-θόρυβο-συν-παρεμβολές (SNIR) και την ταχύτητα δεδομένων που μπορεί να επιτευχθεί. Τέλος, οι ρυθμίσεις των δεδομένων του σεναρίου παρέχει πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο που θα χρησιμοποιηθεί το UE ανίχνευση αρχείων. Για παράδειγμα, είναι δυνατό να δημιουργήσει δύο διαφορετικά σύνολα αρχείων παρακολούθησης UE, καθένα από αυτά με διαφορετικούς χρήστες διανομών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναπαράσταση σε διαφορετικές ώρες της ημέρας. Η ρύθμιση παραμέτρων σεναρίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ορίσει τον τρόπο που ο προσομοιωτής μεταβιβάζει μεταξύ αυτών των δύο διαφορετικές διανομές κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης.

Επιπρόσθετα με την ευελιξία που προσφέρεται μέσω αυτής της προσέγγισης, η σχεδίαση προσφέρει επίσης άλλες παροχές σε ό, τι αφορά την ταχύτητα της προσομοίωσης, δεδομένου ότι η αρχιτεκτονική επιτρέπει διάφορες πτυχές του μοντέλου προσομοίωσης να δημιουργούνται μία φορά και να χρησιμοποιούνται σε πολλές μεταγενέστερες προσομοιώσεις, αντί να δημιουργεί τις πληροφορίες σε κάθε εκτέλεση.

3.2. Απαίτηση για πληροφορίες θέσης

Ένας σημαντικός τομέας που αποτέλεσε αντικείμενο της έρευνας ως μέρος αυτού του έργου ήταν η πιθανή χρήση UE πληροφοριών θέσης στο πλαίσιο της διαδικασίας της βελτιστοποίησης. Αυτή η πληροφορία μπορεί να είναι πολύ σημαντικό, όταν πρόκειται για το σχεδιασμό ενός δικτύου ή για να προσαρμόσει τη φυσική ρύθμιση παραμέτρων των σταθμών βάσης (π.χ., τον προσανατολισμό από τις κεραιές). Για παράδειγμα, όταν αποφασίζετε πού θα τοποθετήσετε ένα νέο σταθμό βάσης, είναι σημαντικό να εξασφαλιστεί ότι θα τοποθετείται σε μια περιοχή με υψηλή συγκέντρωση των χρηστών για να διασφαλιστεί ότι υπάρχει αρκετή κυκλοφορία που δικαιολογεί το κόστος. Ωστόσο, όταν αναλύθηκε η πιθανή αξία των πληροφοριών θέσης στη βελτιστοποίηση των παραμέτρων λογισμικού μέσα στο δίκτυο ή το σταθμό βάσης μεταβίβασης αρμοδιοτήτων, καταλήξανε στο συμπέρασμα ότι ήταν λιγότερο σημαντική θέση και, γενικότερα, χρησιμοποιήθηκε ως μέσο για την παραγωγή άλλων πληροφοριών όπως λαμβανόμενα σήματα ισχύς. Ως εκ τούτου, καταλήξανε στο συμπέρασμα ότι η κινητή θέση ήταν περιορισμένης αξίας στην προσαρμογή ταχείου δικτύου και δεδομένα μετρήσεων που αφορούν το περιβάλλον ραδιόφωνο βασισμένα στο UEs ήταν πολύ πιο σημαντικά.

3.3. Πληροφορική συμπλέγματος

Ως μέρος αυτού του σχεδίου, η κοινοπραξία εξέτασε επίσης τρόπους που θα μπορούσαν οι προσομοιώσεις να εκτελεστούν το συντομότερο δυνατόν. Αυτό θα επιτρέψει τα αποτελέσματα των διαφόρων ερευνών να διατεθούν πιο γρήγορα και, ως εκ τούτου, να αυξηθεί ο αριθμός των ερευνών που θα μπορούσαν να εκτελεστούν. Ήταν επίσης σημαντικό να δείξουμε τη σκοπιμότητα χρήσης πολύπλοκων προσομοιώσεων ως μέρος της διαδικασίας βελτιστοποίησης και μία πτυχή αυτής ήταν να καταδείξουν ότι θα μπορούσαν να δημιουργηθούν αποτελέσματα προσομοίωσης εντός εύλογων προθεσμιών. Όπως ήδη έχει αναφερθεί, οι προσομοιωτές είναι σχεδιασμένοι έτσι, ώστε να είναι όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικοί, με τα εισαγόμενα δεδομένα να υποβάλλονται σε επεξεργασία σε μορφή τέτοια που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε πολλαπλές προσομοιώσεις και δεν υπήρχε καμία απαίτηση για τη δημιουργία των πληροφοριών ξανά για κάθε εκτέλεση.

Ωστόσο, είναι επίσης σημαντικό να εξασφαλιστεί ότι η πλατφόρμα προσομοίωσης κατά την οποία θα εκτελεστούν οι προσομοιώσεις έχουν επαρκή ισχύ επεξεργασίας, καθώς επίσης και ότι η εξουσία αυτή χρησιμοποιείται όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικά. Επομένως, ως μέρος αυτού του σχεδίου, η ομάδα κατασκεύασε μεγάλης κλίμακας σύμπλεγμα υπολογιστών που αποτελείται από 29 προσωπικούς υπολογιστές (PC), καθένας με τέσσερις επεξεργαστές (δηλαδή, συνολικά 116 επεξεργαστές). Ο υπολογισμός των πόρων διανεμήθηκε περίπου ομοιόμορφα σε τρεις θέσεις στους εταίρους των σχεδίων και η ομάδα του έργου απέδειξε τη σκοπιμότητα της σύνδεσης του συμπλέγματος μαζί με ένα εικονικό ιδιωτικό δίκτυο (VPN), έτσι ώστε κάθε μέλος της ομάδας έργου θα μπορούσε να αποκτήσει πρόσβαση σε όλες τις δυνατότητες υπολογισμών. Η Εικόνα 2 δείχνει μια φωτογραφία του συμπλέγματος υπολογιστών εγκατεστημένο σε ένα από τα γραφεία των εταίρων.



Εικόνα 2

Κατά τη διάρκεια του έργου, η ομάδα, επίσης, εξέτασε συμπλέγματα διαφορετικών αρχιτεκτονικών και μετρώντας τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τους ανέφερε τα αποτελέσματα σε μεμονωμένες εργασίες. Δεδομένου ότι η δυνατότητα κλιμάκωσης ήταν μια βασική απαίτηση για το σύμπλεγμα υπολογιστών, αποφασίστηκε ότι κάθε υπολογιστής πρέπει να ρυθμιστεί με τον ίδιο τρόπο και κάθε επεξεργαστής θα ήταν σε θέση να εκτελεί την πλήρη προσομοίωση στοιβάς, αντί να διανέμει κάθε προσομοίωση σε πολλούς υπολογιστές, με κάθε υπολογιστή που εκτελεί ένα διαφορετικό στοιχείο της προσομοίωσης.

Το λογισμικό διαχείρισης εργασίας που επελέγη για το σύμπλεγμα υπολογιστών ήταν το περιβάλλον υπολογιστών υψηλής απόδοσης. [Condor 1,2]. Αυτό επιτρέπει την προσομοίωση εργασίας να είναι αποτελεσματικά προγραμματισμένη σε όλους τους διαθέσιμους επεξεργαστές.

3.4. Βελτιστοποίηση διαδικασίας

Η βελτιστοποίηση του δικτύου ήταν ένα από τα βασικά στοιχεία του έργου και εξαρχής μια αναθεώρηση των διαφόρων διαδικασιών βελτιστοποίησης που εκτελούνται [3]. Η σειρά βελτιστοποίησης επελέγη ως η βασική προσέγγιση βελτιστοποίησης και, μαζί με μια βελτίωση στον καλύτερο δυνατό τρόπο υπολογισμού χρόνου προσομοίωσης [4], η μέθοδος αυτή συμπεριλήφθηκε στο λογισμικό ελέγχου που υπέβαλαν προσομοίωσης θέσεις εργασίας για τα συμπλέγματα υπολογιστών και την επεξεργασία των αποτελεσμάτων πριν από την υποβολή νέων θέσεων εργασίας προσομοίωσης. Αυτό ήταν σημαντικό, δεδομένου ότι οι προσομοιώσεις ήτανε στοχαστικού χαρακτήρα και έτσι η απόδοση μιας διαμόρφωσης παραμέτρων του συγκεκριμένου δικτύου ποικίλει μεταξύ προσομοιώσεων που εκτελούνται. Ως εκ τούτου, ένα μέσο έπρεπε να βρεθεί να διασφαλίσει τις πολλά υποσχόμενες ρυθμίσεις παραμέτρων δικτύου που προσδιορίστηκαν και προσομοίωσαν χρησιμοποιώντας τους διαθέσιμους πόρους.

4. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ 3G

Η βελτιστοποίηση των συστημάτων 3 G ήταν η αρχική εστίαση του έργου MONOTAS. Τρεις ξεχωριστές περιοχές ερευνήθηκαν. Ο πρώτος τομέας ήταν ο οδηγός βελτιστοποίησης ενέργειας που περιγράφεται στο σημείο 4.1. Σε συστήματα 3 G, ο οδηγός χρησιμοποιείται για την επιλογή των κελιών και καταναλώνει συνήθως μεταξύ 5 και 10 % της συνολικής ισχύος ενός κελιού. Βελτιστοποιώντας τον οδηγό

ενέργειας επιτρέπει τα όρια ενός κελιού να τροποποιηθούν και να φορτώσουν εξισορρόπηση που θα εκτελεστεί. Επιπλέον, εάν μειώσεις τον οδηγό ενέργειας είναι δυνατόν, να μειωθεί η παρέμβαση στο πλαίσιο του συστήματος και αυτό, με τη σειρά του, θα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση ικανότητας του συστήματος.

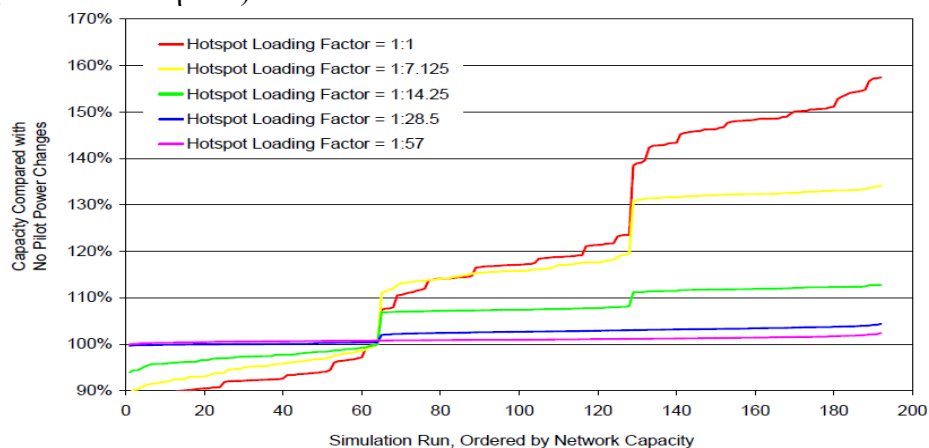
Ο δεύτερος τομέας της έρευνας καλείται εισδοχή ελέγχου, των οποίων η κύρια λειτουργία είναι να συνδεθούν όσο το δυνατόν περισσότεροι χρήστες στο δίκτυο, ενώ εξακολουθεί να διατηρεί μια ικανοποιητική ποιότητα της υπηρεσίας για τους ήδη συνδεδεμένους. Συστήματα 3 G χρησιμοποιούν κώδικα διαίρεσης πολλαπλών προσβάσεων (CDMA) και θεωρούνται ότι έχουν ήπια παραγωγική ικανότητα κατά την οποία περισσότεροι χρήστες μπορούν να συνεχίσουν να προστίθενται στο δίκτυο, αλλά σε βάρος στο ήδη σύστημα. Στην ενότητα 4.2, δείχνουμε πώς κλήση αποδοχής ελέγχου μπορεί να χρησιμοποιεί σύστημα μετρήσιμων αποτελεσμάτων για να ληφθούν υπόψη όταν οι χρήστες πρέπει να αποκλείονται από την εισαγωγή ενός δικτύου.

Η βελτιστοποίηση της ήπιας διαδικασίας παράδοσης θεωρείται η τελική περιοχή. Ήπια παράδοση επιτρέπει ένα κινητό να συνδεθεί ταυτόχρονα σε πολλούς σταθμούς βάσης. Αυτό έχει ως στόχο να αποφευχθεί μια σύνδεση, να χαθεί λόγω της ταχύτατα μεταβαλλόμενης ραδιοσυχνότητας (RF) στο περιβάλλον, με την ελπίδα ότι εάν αποτύχει μια σύνδεση, οι άλλες δεν θα αποτύχουν. Κάθε πρόσθετη σύνδεση που κάνει ένα κινητό καταναλώνει πόρους του δικτύου, που διαφορετικά θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την εξυπηρέτηση σε άλλο κινητό. Η ισορροπία μεταξύ εξασφαλισμένων συνδέσεων μέσω ήπιας παράδοσης για ξεχωριστά κινητά τηλέφωνα και η ικανότητα του συστήματος στο σύνολό της αποτελεί το αντικείμενο των εργασιών βελτιστοποίησης που περιγράφεται στην ενότητα 4.3.

4.1. Οδηγός Δύναμης Βελτιστοποίησης

Έρευνες μας για τη βελτιστοποίηση των οδηγών ισχύος σε κάθε σταθμό βάσης στο πλαίσιο του δικτύου έχουν δείξει ότι υπάρχει το ενδεχόμενο για σημαντικά κέρδη μέσω δικτύου με ένα σταθερό οδηγό ενέργειας σε κάθε σταθμό βάσης. Προσαρμόζοντας τον οδηγό ενέργειας, η κυκλοφορία στο εσωτερικό του δικτύου μπορεί να μετακινηθεί από μεγάλο φόρτο σταθμών βάσης σε μικρότερο φόρτο σταθμών βάσης και αυτό σημαίνει ότι η χωρητικότητα του δικτύου μπορεί να αξιοποιηθεί καλύτερα, σε σύγκριση με ένα δίκτυο που χρησιμοποιεί σταθερό οδηγό δύναμης. Διαπιστώσαμε ότι τα μεγαλύτερα κέρδη επιτυγχάνονται όταν υπάρχει μια ανομοιόμορφη φόρτωση στο πλαίσιο του δικτύου και ο οδηγός δύναμης βελτιστοποίησης εκτελεί καλύτερα όταν υπάρχει μια κίνηση σε ενεργό σημείο σε ένα κελί μέσα στο δίκτυο. Διαπιστώσανε ότι με αρκετά ενεργά σημεία, τα πιθανά κέρδη της ικανότητας από τον οδηγό ενέργειας βελτιστοποίησης μπορεί να είναι πολύ μεγάλα σε σύγκριση με την κατάσταση όπου οι οδηγοί ενέργειας είναι σταθερές σε ολόκληρο το δίκτυο. Στην εικόνα 3 θα εμφανιστούν τα αποτελέσματα για την ανερχόμενη ζεύξη (δηλαδή, τη σύνδεση από το UE με το σταθμό βάσης), θεωρώντας ότι είναι μια ενεργή μέγεθος του συνόλου των έξι (δηλαδή, σε ένα UE μπορούν να συνδεθούν έως και έξι κελιά ταυτόχρονα). Ο άξονας y εμφανίζει την χωρητικότητα του δικτύου που επιτυγχάνεται με ένα συγκεκριμένο συνδυασμό ρυθμίσεων οδηγού ενέργειας σε σχέση με ένα δίκτυο με ένα ενιαίο οδηγό δύναμης σε όλα τα κελιά. Ο άξονας x αντιπροσωπεύει τις ρυθμίσεις παραμέτρων διάφορων οδηγών εξουσίας που αξιολογήθηκαν κατά τη βελτίωση της απόδοσης από αριστερά προς δεξιά. Οι

διαφορετικές καμπύλες αντιπροσωπεύουν τα διαφορετικά ενεργά σημεία φόρτωσης παραγόντων, όπου οι αναλογίες που δίνονται αντιπροσωπεύουν τη σχέση μεταξύ των ενεργών σημείων για την κυκλοφορία του δικτύου στο σύνολό του, δηλαδή, σε αναλογία 1: 57 που σημαίνει ότι για κάθε χρήστη που τοποθετούνται σε αυτό το ενεργό σημείο, 57 χρήστες διανέμονται σε όλο το δίκτυο. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η αύξηση της χωρητικότητας δικτύου ανερχόμενης ζεύξης κοντά στο 60 % είναι δυνατόν για μεγάλη κυκλοφορία ενεργών σημείων (π.χ., ένα ενεργό σημείο φόρτωσης με συντελεστή 1: 1).



Εικόνα 3 Uplink capacity gain for pilot power optimisation with an active set size of six

4.2. Έλεγχος πρόσβασης κλήσης

Ο Έλεγχος πρόσβασης κλήσης περιγράφει τον τρόπο με την οποίο ένα δίκτυο αποφασίζει να επιτρέψει σε έναν νέο χρήστη την πρόσβαση σε πόρους δικτύου ή όχι. Ο κύριος στόχος του αλγορίθμου ελέγχου αποδοχής κλήσης είναι να εξασφαλιστεί ότι, όσο το δυνατόν περισσότερες κλήσεις είναι αποδεκτές στο δίκτυο, ενώ ακόμη τη διατήρηση της ποιότητας των κλήσεων που ήδη εξυπηρετούνται από το δίκτυο. Ως μέρος του έργου MONOTAS, η ομάδα του έργου έχει ερευνήσει αν οι παράμετροι της διαδικασίας ελέγχου πρόσβασης κλήσης πρέπει να προσαρμοστούν ταχέως σε αντίθεση του φόρτου δικτύου που παρέχει μια καλύτερη συνολική απόδοση του δικτύου, σε σύγκριση με σταθερές παραμέτρους ελέγχου πρόσβασης κλήσης.

Απλά συστήματα ελέγχου πρόσβασης κλήσης τείνουν να χρησιμοποιούν ανερχόμενη ζεύξη αύξησης θορύβου (δηλαδή, το συνολικό ποσό των ληφθέντων δυνάμεων που μετράται στο σταθμό βάσης) για να ορίσουν ένα όριο στο ποσό της κυκλοφορίας που μπορεί να υπάρξει σε ένα συγκεκριμένο σταθμό βάσης. Εξετάσανε την πιθανή αύξηση της παραγωγικής ικανότητας που θα μπορούσε να επιτευχθεί εάν η αύξηση του θορύβου μέσα στο δίκτυο θα μπορούσε να αυξηθεί πέραν της συνήθους ορίου των 6 dB. Τα κέρδη που έχουν αξιολογηθεί για διαφορετικές severities του ενεργού σημείου, όπως ορίζονται προηγουμένως, και τα αποτελέσματα θα παρουσιαστούν στην εικόνα 5. Αυτό δείχνει ότι οι δυνατότητες για κέρδη άνω του 18 % θα μπορούσαν να επιτευχθούν, ανάλογα με το μέγεθος του ενεργού σημείου, με μόνο το πιο σοβαρό ενεργό σημείο να εμφανίζει λιγότερα εντυπωσιακά κέρδη.

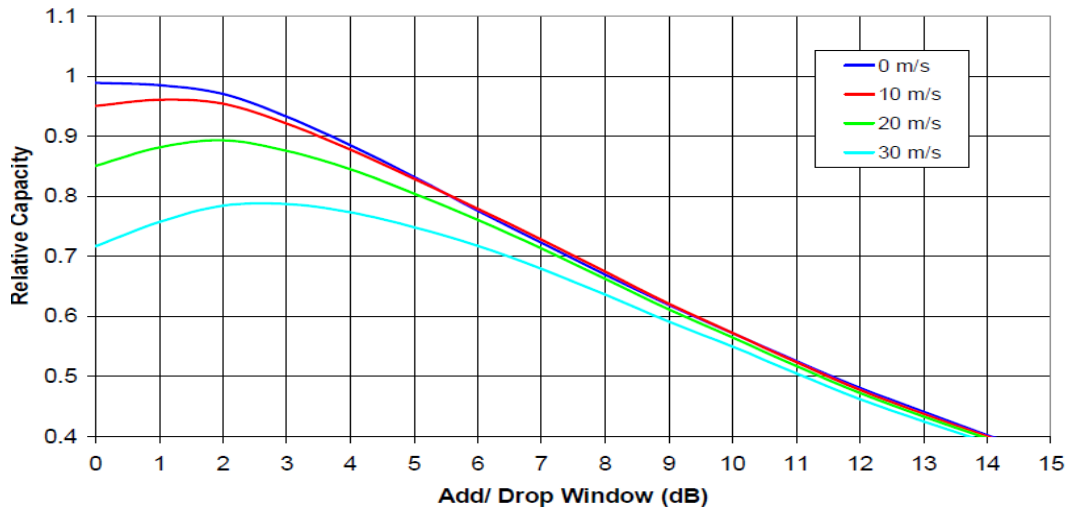
Οι έρευνες για τον έλεγχο πρόσβασης κλήσης πρότειναν επίσης ότι οι απολαβές επιδόσεων ενδέχεται να είναι δυνατές χρησιμοποιώντας πιο πολύπλοκους αλγόριθμους για να ελέγξουν την εισαγωγή δεδομένων σε υψηλό ποσοστό χρηστών. Τρέχων αλγόριθμοι δείχνουν να περιορίζουν τον αριθμό δεδομένων σε υψηλό

ποσοστό χρηστών (δηλαδή, αυτοί οι χρήστες σε πρόσβαση με δεδομένα ποσοστά 384 kb/s και άνω) σε δύο μόνο ανά τομέα, αλλά οι έρευνες έδειξαν ότι χρησιμοποιούν αύξηση θορύβου ως μέτρο της συμφόρησης ενός κελιού επιτρέποντας έναν τρίτο χρήστη με υψηλά ποσοστά δεδομένων να γίνει δεκτός σε ορισμένα κελιά. Αυτό θα μπορούσε να δώσει μια δυνητική αύξηση της παραγωγικής ικανότητας του 17 %.

Κατά τη διάρκεια των ερευνών, διαπιστώσανε επίσης ότι περίπου 15 % της ισχύος του σταθμού βάσης είναι δεσμευμένη για παράδοση κλήσεων, δηλαδή, οι κλήσεις που εισάγονται σε ένα κελί μέσα από μια μεταβίβαση από γειτονικά κελιά. Η εξουσία αυτή προορίζεται για να μειώσει την πιθανότητα ότι οι παραδοτέες κλήσεις τερματίζονται πρόωρα, επειδή δεν υπάρχουν πόροι διαθέσιμοι στο κελί προορισμού εις βάρος της αύξησης της πιθανότητας ότι μια νέα κλήση θα αποκλειστεί. Σε περιπτώσεις χαμηλής κινητικότητας όπου μειώνεται ο αριθμός των handovers, οι βαθμοί δεσμευμένης ενέργειας μπορεί να μειωθούν και μπορεί να βελτιωθεί η συνολική χωρητικότητα του δικτύου.

4.3. Η μεταβίβαση των παραμέτρων βελτιστοποίησης

Μεταβίβαση είναι ο τρόπος με τον οποίο ένα κινητό που παραμένει συνδεδεμένο με το πιο κατάλληλο σταθμό βάσης καθώς μετακινείται γύρω από το δίκτυο. Όπως ήδη εξηγήσαμε, στα συστήματα 3 G, το κινητό έχει τη δυνατότητα να επικοινωνεί με περισσότερα από ένα σταθμό βάσης ταυτόχρονα σε μια διαδικασία γνωστή ως ήπια παράδοση. Υποστηρίζοντας ένα απλό κινητό χρησιμοποιώντας δύο σταθμούς βάσης είναι εγγενώς λιγότερο αποδοτικό σε σύγκριση με ένα κινητό σε ένα ενιαίο, βέλτιστο σταθμό βάσης, αλλά μπορεί να είναι απαραίτητο να αποφευχθεί μια σύνδεση από την απόθεση σε ένα ταχύτατα μεταβαλλόμενο περιβάλλον RF. Ένας αριθμός διαφορετικών παραμέτρων χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο του αριθμού των σταθμών βάσης στην οποία είναι συνδεδεμένο ένα κινητό. Το έργο MONOTAS εξέτασε τη βελτιστοποίηση σε αυτές τις παραμέτρους και, ειδικότερα, εκείνων που ασχολούνται με την «προσθήκη» και «απόρριψη» σταθμών βάσης από ένα κινητό του ενεργού συνόλου, δηλαδή, του συνόλου των σταθμών με τους οποίους το κινητό είναι ενεργό σε επικοινωνία σε οποιοδήποτε σημείο στο χρόνο. Το "παράθυρο προσθήκης/απόρριψης» χρησιμοποιείται για να ορίζει το όριο ισχύος κατά την οποία κελιά μπορούν να προστεθούν ή να καταργηθούν από το ενεργό σύνολο, σε σχέση με το ισχυρότερο κελί και στην εικόνα 4 εμφανίζουν τη σχέση μεταξύ του παραθύρου προσθήκης/απόθεση και της σχετικής ικανότητας δικτύου για κινητά ταχυτήτων. Αυτό αποδεικνύει ότι η προσαρμογή στο κατώτατο όριο προσθήκης/απόθεσης στην κινητή ταχύτητα μπορεί να οδηγήσει σε μια βελτίωση των επιδόσεων, σε σύγκριση με το ίδιο όριο για όλα τα κινητά, ανεξάρτητα από την ταχύτητά τους. Εφαρμόζοντας ένα τυπικό μείγμα κινητής ταχύτητας με τα αποτελέσματα που φαίνεται στην εικόνα 4, διαπιστώσανε ότι η συνολική απόδοση του δικτύου θα μπορούσε να βελτιωθεί κατά 22 % μέσω της χρήσης των ειδικών κινητών, ευαίσθητης ταχύτητας πρόσθεσης/απόρριψης παράθυρα.



Εικόνα 4 The relationship between network capacity and the handover add/drop window

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι, παρά το γεγονός ότι η τεχνική αυτή έχει αξιολογηθεί στο πλαίσιο της τεχνολογίας 3 G, ισχύει για κάθε σύστημα που υποστηρίζει την ήπια παράδοση και, ως εκ τούτου, είναι πιθανό να εφαρμόζονται για τα συστήματα 4 G. Καθώς αυξάνουν τις ταχύτητες δεδομένων που είναι διαθέσιμες για τα συστήματα 3 G και 4 G, είναι εύλογο να αναμένεται ότι τα φορτία που δημιουργούνται από χρήστες με μικρότερη ταχύτητα θα αυξηθούν και αυτό θα αυξήσει περαιτέρω την ικανότητα για διαθέσιμα κέρδη με αυτήν την προσέγγιση.

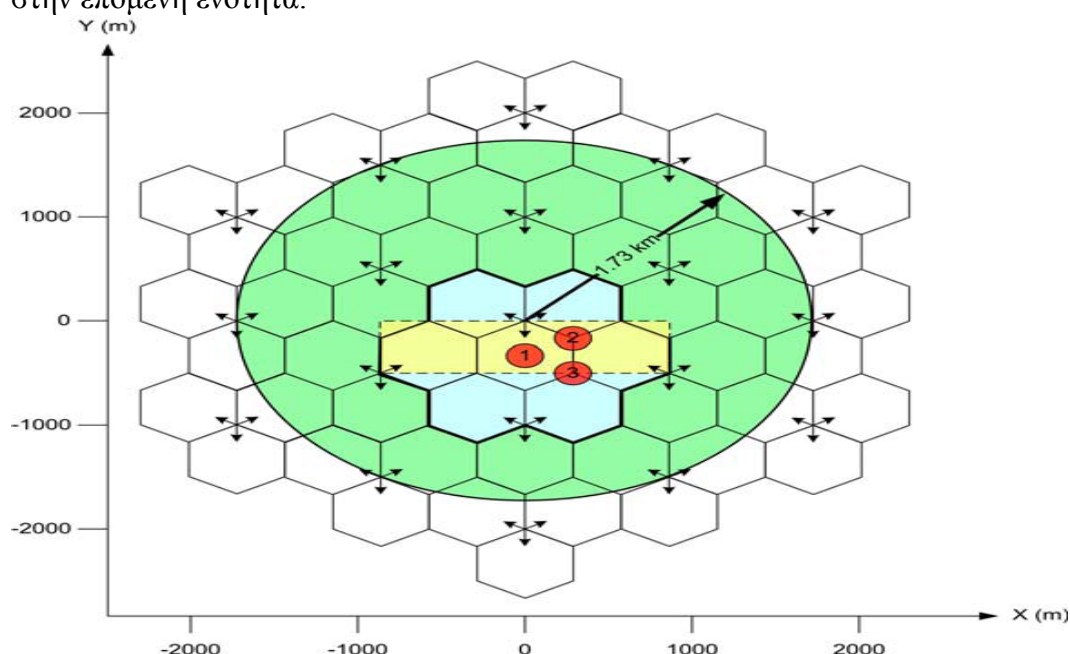
5. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ 4G

Σε αυτήν την ενότητα θα παρουσιάσουμε την εργασία που έχει πραγματοποιηθεί σχετικά με τη βελτιστοποίηση των συστημάτων 4 G, π.χ., WiMAX και Long Term Evolution (LTE), τα οποία χρησιμοποιούν ορθογώνια συχνότητα διαίρεσης πολλαπλών προσβάσεων (OFDMA). Αυτά τα συστήματα είναι στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης (WiMAX) ή στο στάδιο της τυποποίησης (LTE) και, ως εκ τούτου, εκτός από την απαίτηση να γίνει κατανοητό πώς μπορούν να βελτιστοποιηθούν τα εν λόγω συστήματα, υπάρχει επίσης μια απαίτηση για να κατανοήσετε τον τρόπο με τον οποίο τα συστήματα αυτά μπορεί αρχικά να έχουν σχεδιαστεί.

Υπάρχει μια σειρά από διαφορετικές παραμέτρους που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης των δικτύων αυτών, συμπεριλαμβανομένων των πόρων που διατίθενται σε κάθε κελί μέσα στο δίκτυο, τον τρόπο με τον οποίο οι πόροι κατανέμονται μεταξύ των επιμέρους κινητών τηλεφώνων και της ισχύος των επιμέρους sub-carriers εντός του σήματος OFDMA. Ωστόσο, θα ήταν μια πολύ περίπλοκη διαδικασία για τη ρύθμιση όλων των παραμέτρων αυτών ταυτόχρονα και, προκειμένου να καταστεί το πρόβλημα εύχρηστο, αποφασίστηκε να επικεντρωθεί σε τρεις συγκεκριμένους τομείς. Αυτές οι περιοχές έχουν την εξουσία με την οποία το προοίμιο μεταδίδεται από το σταθμό βάσης (δηλαδή, το προοίμιο ενέργειας), τον μηχανισμό που χρησιμοποιείται από το δίκτυο για να προσδιορίσει το πιο κατάλληλο κελί για να εξυπηρετήσουν ένα συγκεκριμένο κινητό (δηλαδή, ο αλγόριθμος επιλογής κελιού) και τον τρόπο με τον οποίο οι διαθέσιμοι πόροι ραδιοεξοπλισμού υποδιαιρούνται μεταξύ των διαφόρων κελιών μέσα στο δίκτυο και διατίθενται στους χρήστες μέσα σε κάθε κελί.

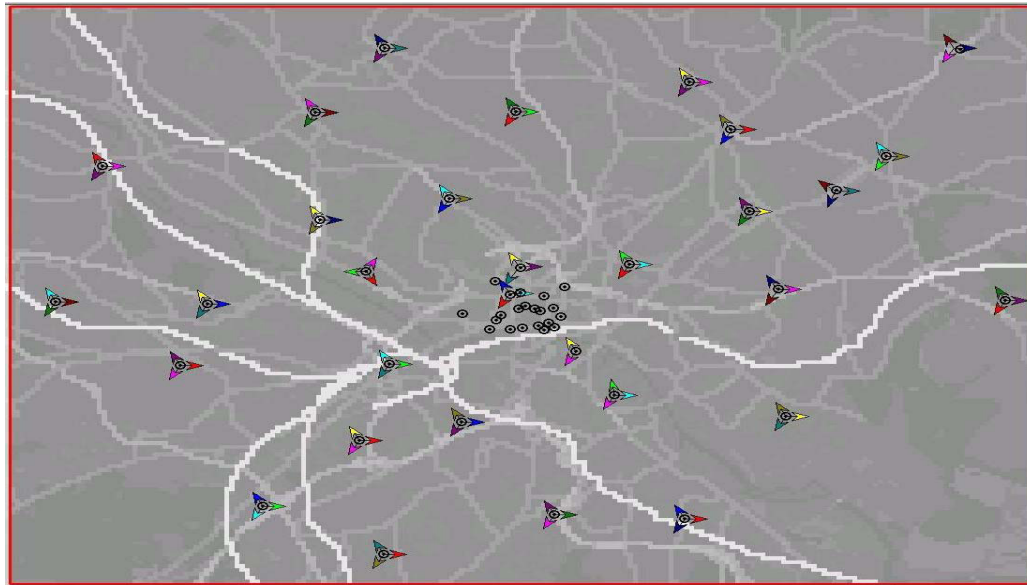
5.1. Περιγραφή Δικτύου 4G

Το δίκτυο που χρησιμοποιείται κατά την έρευνα των συστημάτων 4 G αποτελείται από μια σειρά από τακτικές hexagonal κύτταρα που προέρχονται από δύο δακτυλίους των τριών sectored σταθμών βάσης γύρω από ένα κεντρικό σταθμό βάσης, όπως φαίνεται στην εικόνα 5. Οι τρεις κόκκινοι κύκλοι αντιπροσωπεύουν το κέντρο από τα τρία ενεργά σημεία κυκλοφορίας που περιλαμβάνονταν στο προφίλ κυκλοφορίας για συγκεκριμένα σενάρια. Η κυκλοφορία στα ενεργά σημεία ήταν προσαρμοσμένη για να αντιπροσωπεύει είτε ένα επιπλέον 25 % είτε ένα 50 % φορτίο κελί, σε σχέση με την κατάσταση χωρίς το ενεργό σημείο. Ο πράσινος κύκλος δείχνει την περιοχή όπου οι χρήστες κατανέμονται ομοιόμορφα, και το κίτρινο ορθογώνιο περιέχει τα femtocells που εξετάστηκαν, όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο 6. Τα κελιά που είναι χρωματισμένα μπλε στην εικόνα 5 είναι εκείνα για τα οποία το προοίμιο ενέργειας προσαρμόστηκε στο προοίμιο ενέργειας βελτιστοποίησης έρευνας, που περιγράφεται στην επόμενη ενότητα.



Εικόνα 5 The 4G network used for the simulations

Προσομοιώσεις επίσης εκτελούνται βασισμένες σε ένα μέρος του δικτύου της Vodafone. Αυτό επέτρεψε την ομάδα έργου να διερευνήσει τις επιδόσεις των διαφόρων προσεγγίσεων βελτιστοποίησης για την ανάπτυξη ενός πραγματικού δικτύου. Η διάταξη του παρόντος μέρους του δικτύου της Vodafone, το οποίο περιέχει μια μεγάλη ευρωπαϊκή πόλη, απεικονίζεται στην εικόνα 6. Οι κουκκίδες αντιπροσωπεύουν τις θέσεις των σταθμών βάσης και τα βέλη αντιπροσωπεύουν τον προσανατολισμό που έχουν οι sectored κεραίες. Σταθμοί βάσης χωρίς βέλη είναι μη κατευθυντικές microcell τοποθεσίες. Τα σενάρια προσομοίωσης περιέχουν αντιπροσωπευτικούς χρήστες πυκνοτήτων και μεταφορές φορτίων.



Εικόνα 6 The layout of the part of Vodafone's network used in project

5.2. Προοίμιο Ενέργειας Βελτιστοποίησης

Αρχικά, αναμένουμε τα 4 G συστήματα θα πρέπει να αναπτυχθούν με προεπιλεγμένο προοίμιο ενέργειας 43 dBm. Ωστόσο, αυτή η τιμή μπορεί να προσαρμόζεται για να αλλάξετε το μέγεθος ενός συγκεκριμένου κελιού και να αλλάξει κυκλοφορία από υπερφορτωμένα κελιά σε λιγότερο φορτωμένα κελιά. Διερευνήθηκαν αλγόριθμοι βελτιστοποίησης που μπορούν να υποβαθμίσουν το προοίμιο ενέργειας από τη μέγιστη τιμή σε φυσιολογικά βήματα και, ειδικότερα, διερευνήθηκαν τέσσερις διαφορετικές πιθανές ρυθμίσεις ενέργειας για κάθε κελί στο δίκτυο, δηλαδή 34 dBm, 37 dBm, 40 dBm και 43 dBm.

Στη διαδικασία βελτιστοποίησης, τροποποιήθηκε η ενέργεια προοίμιο των κελιών με σκίαση σε μπλε χρώμα στην εικόνα 5, μαζί με τη δύναμη όλων των υπόλοιπων κελιών στο δίκτυο, που προσαρμόστηκαν μαζί (δηλαδή, όλα είχαν την ίδια ρύθμιση τροφοδοσίας σε ενέργεια προοίμιο). Αυτό έδωσε ένα σύνολο από $4^8 = 65,536$ πιθανούς διαφορετικούς συνδυασμούς από ρυθμίσεις προοιμίου ενέργειας. Για να μειώσετε το χώρο της αναζήτησης, ένας αλγόριθμος σειράς βελτιστοποίησης [5] χρησιμοποιώντας αρχικές ρυθμίσεις παραμέτρων 2049 επιλέχθηκε (2048 τυχαία ρυθμίσεις και η προεπιλεγμένη ρύθμιση όλων των κελιών που έχουν ένα προοίμιο ισχύος 43 dBm). Ο αλγόριθμος βελτιστοποίησης λαμβάνει τα αποτελέσματα από προσομοιώσεις όλων των ρυθμίσεων παραμέτρων 2049 και συνεχίζει να εκτελεί περαιτέρω προσομοιώσεις σε ένα μειωμένο υποσύνολο των ρυθμίσεων, με τα μέλη του υποσύνολου αυτού που επιλέγονται βάσει της μέσης απόδοσή τους και τη διακύμανση των αποτελεσμάτων από τις προηγούμενες προσομοιώσεις.

5.3. Βελτιστοποίηση Χρήσης EDR-Based Επιλογής Κελιού

Μια εναλλακτική στρατηγική για τη βελτιστοποίηση δικτύων macrocellular που θα διερευνηθεί υπό αυτό το έργο είναι η χρήση του συντελεστή αποτελεσματικών δεδομένων (EDR)-με βάση την επιλογή των κελιών. Αυτό αναπτύχθηκε μέσω των εργασιών σε femtocell αναπτύξεις όπου υπάρχουν μεγάλες διαφορές όσον αφορά τη φόρτωση σε κελιά (συνήθως macrocells έχουν φορτώσει τις εκατοντάδες των

χρηστών, ενώ femtocell φόρτωσης είναι της τάξης του 1-2 χρήστες). Το EDR που ένας χρήστης επιτυγχάνει (μετρούμενο σε bps/Hz/χρήστη) είναι ο ρυθμός ακατέργαστων bit που θα μπορούσε να επιτύχει αυτός ο χρήστης, εάν ήταν ο μοναδικός χρήστης που εξυπηρετούνταν από ένα συγκεκριμένο τομέα (μετράται σε bps/Hz), που αποτελεί συνάρτηση του SNIR αυτού του χρήστη, διαιρούμενο με το συνολικό αριθμό των χρηστών που εξυπηρετούνται από αυτόν τον τομέα. Έτσι, όλα τα πράγματα είναι ίσα, ένας τομέας που εύκολα φορτώνεται θα παρέχει μεγαλύτερη EDRs στους χρήστες που θα υπηρετεί από έναν τομέα που φορτώνεται σε μεγάλο βαθμό. Συμβατικά συστήματα κινητής τηλεφωνίας εκχώρησης χρηστών σε τομείς βασίζονται στη βέλτιστη SNIR που μπορεί να επιτευχθεί από το σύνολο των διακομιστών. Η νέα στρατηγική επιλογής κελιού «Βέλτιστες EDR» επιλέγει τον διακομιστή που προσφέρει το καλύτερο EDR, που δεν είναι απαραίτητα ο διακομιστής προσφέρει καλύτερη SNIR. Αυτός ο μηχανισμός επιλογής κελιού βάση EDR, όπως και η διευρυμένη προσαρμογή ενέργειας προοίμιο παραπάνω, αποσκοπεί στην προσαρμογή της φόρτωσης για τους σταθμούς βάσης στο πλαίσιο του δικτύου, και ως εκ τούτου στη μεγιστοποίηση της συνολικής διανομής EDRs σε όλο το δίκτυο.

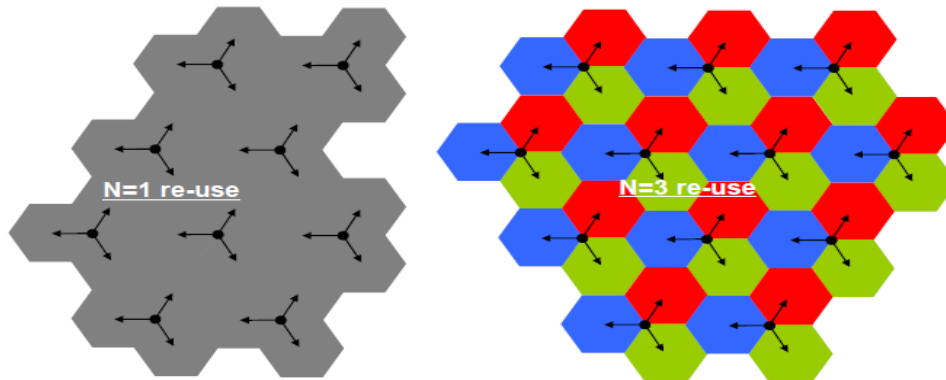
5.4. Η προσαρμογή επαναχρησιμοποίησης συχνότητας

Δίκτυα που βασίζονται σε OFDMA, όπως WiMAX, έχουν τη δυνατότητα να υποστηρίζουν πολλούς συνδυασμούς επαναχρησιμοποίησης συχνότητας μέσα στο ίδιο δίκτυο. Αυτή είναι παρόμοια με την έννοια κλασματική επαναχρησιμοποίηση που χρησιμοποιούνται στα συστήματα δεύτερης γενιάς (π.χ., GSM). Ωστόσο, OFDMA δίκτυα παρέχουν πολύ περισσότερη ευελιξία για την εκχώρηση διαφορετικών αναλογιών των πόρων του ραδιοφώνου στα επίπεδα μια διαφορετικής επαναχρησιμοποίησης σε μια δυναμική βάση.

Ως μέρος αυτού του σχεδίου πρέπει να αξιολογηθεί η πιθανή βελτίωση των επιδόσεων του χρησιμοποιώντας ένα συνδυασμό προσαρμογής επαναχρησιμοποίησης συχνότητας. Με την προσαρμογή επαναχρησιμοποίησης συχνότητας, εννοούν ότι μπορούν να επιλέξουν ένα UE, ανά πάσα στιγμή, με το καλύτερο επίπεδο επαναχρησιμοποίησης με βάση τη δική της παρέμβαση στο περιβάλλον. Στις έρευνες, το καθεστώς αυτό προσαρμογής επαναχρησιμοποίησης έχει συγκριθεί με δίκτυα όπου μόνο ένα ενιαίο σταθερό καθεστώς επαναχρησιμοποίησης χρησιμοποιείται για όλα τα UEs, ανεξάρτητα από τις επιμέρους περιστάσεις. Η προσαρμοστικότητα είναι επιθυμητή, διότι όταν η UE είναι κοντά με το σταθμό βάσης που είναι τοποθετημένη θα υποφέρουν με πολύ μικρή παρέμβαση από τους γειτονικούς σταθμούς βάσης και, ως εκ τούτου, θα μπορούν να χρησιμοποιήσουν τους πόρους ραδιοφώνου που επίσης χρησιμοποιούν σε γειτονικούς σταθμούς βάσης, και έτσι οι πόροι αυτοί χρησιμοποιούνται για την μέγιστη δυνατή αποτελεσματικότητα. Με άλλα λόγια, ένα κινητό κοντά στο σταθμό βάσης θα είναι σε θέση να χρησιμοποιεί το επίπεδο επαναχρησιμοποίησης συχνότητα ενός κελιού ή το 'N=1' επίπεδο. Ωστόσο, ενώ το κινητό πλησιάζει το όριο του κελιού θα αρχίσει να αντιμετωπίζει παρεμβολές από τα γειτονικά κελιά στο επίπεδο $N = 1$ και θα πρέπει να μεταβεί σε άλλο επίπεδο επαναχρησιμοποίησης όταν οι πόροι ραδιοφώνου δεν επαναχρησιμοποιούνται από τα άμεσα γειτονικά κελιά. Έτσι, το επίπεδο κατάλληλης επαναχρησιμοποίησης για μέγιστη συνολική αποδοτικότητα φασματικών συστημάτων είναι σε συνάρτηση με το περιβάλλον προσωρινής παρέμβασης του κάθε φορητού σταθμού. Στην έρευνα έχουν εξετάσει εκ νέου χρήση ενός κελιού ($N = 1$) και τριών κελιών επαναχρησιμοποίησης

($N = 3$), για δύο σταθερές (όλα $N = 1$ ή όλα $N = 3$) και προσαρμογή (κάθε κινητό δυναμικά εναλλάσσει $N = 1$ και $N = 3$) επαναχρησιμοποίησης συστημάτων.

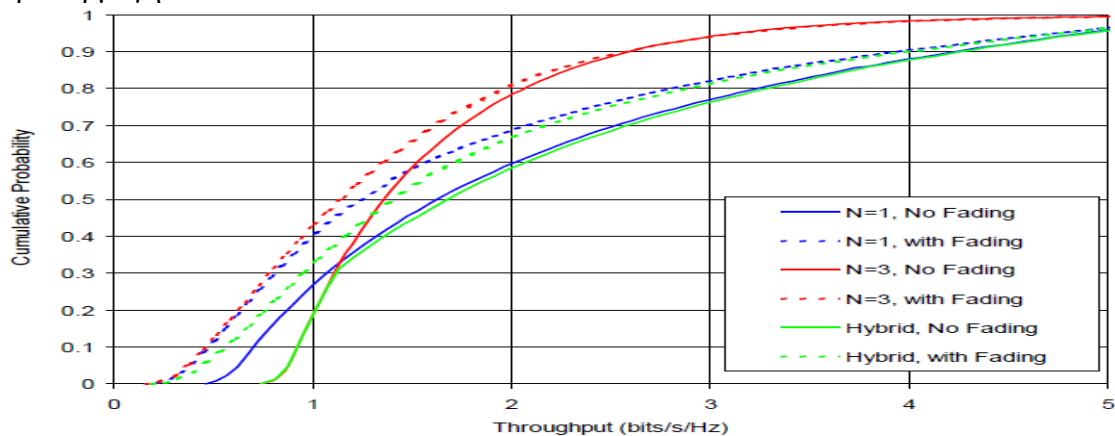
Τυπικές σταθερές συστημάτων $N = 1$ και $N = 3$ επαναχρησιμοποίησης παρουσιάζονται στην εικόνα 7 για τα 4 G downlink, βάσει της οποίας τα χρώματα αντιπροσωπεύουν ομάδες τόνων συχνότητας OFDMA που χρησιμοποιούνται σε κάθε τομέα. Για την επαναχρησιμοποίηση των $N = 1$, όλοι οι τόνοι χρησιμοποιούνται σε όλους τους τομείς, ενώ για την επαναχρησιμοποίηση των $N = 3$ με τρεις τομείς σταθμών βάσης, η ζώνη συχνοτήτων διαιρείται σε τρεις διαφορετικές ομάδες, οι οποίες χρησιμοποιούνται συνήθως όπως φαίνονται (χρωματισμένα «κόκκινο», «πράσινο» και «μπλε»). Μια UE κοντά στην άκρη του κελιού με ένα συνδυασμό επαναχρησιμοποίησης $N = 3$ είναι πιθανό να είναι σε θέση να επιτύχει downlink σήματος-σε-παρεμβολές συντελεστή (SIR) πολύ υψηλότερες από ό, τι σε ένα $N = 1$ καθεστώς επαναχρησιμοποίησης, και έτσι θα μπορέσει να επιτευχθεί ένα σημαντικά υψηλότερος ρυθμός μετάδοσης bit για τους OFDM τόνους που δεν έχουν εκχωρηθεί. Από την άλλη πλευρά, για ένα δεδομένο μέγεθος κατανομής ραδιοφάσματος, αυτό μόνο θα επιμερίζεται το ένα τρίτο των τόνων σε σύγκριση με το εάν θα χρησιμοποιούσανε ένα $N = 1$ επαναχρησιμοποίησης, δεδομένου ότι το συνολικό χώρο συγκέντρωσης των τόνων του χωρίστηκε σε τρεις ομάδες. Ως εκ τούτου, λαμβάνει ένα χαμηλότερο ή υψηλότερο συνολικό μετάδοσης της επαναχρησιμοποίησης $N = 3$ σε σχέση με επαναχρησιμοποίηση $N = 1$ είναι διαφορετική για κάθε επιμέρους UE. Αυτό είναι το όφελος της προσαρμογής επαναχρησιμοποίησης που έρχεται, δεδομένου ότι κάθε UE επιτρέπεται να επιλέξει αν αυτό θα επιτευχθεί σε ένα καλύτερο συνολικά φάσμα αποτελεσματικότητας χρησιμοποιώντας το $N = 1$ ή το $N = 3$ τμήμα της ζώνης.



Εικόνα 7 Typical $N=1$ and $N=3$ reuse patterns for cellular networks

Το διάγραμμα 8 δείχνει τα βασικά αποτελέσματα των ερευνών σε ό, τι αφορά την αθροιστική μετάδοση διανομής επαναχρησιμοποίησης $N = 1$ και $N = 3$, και για επαναχρησιμοποίηση υβριδικών (δηλαδή, όπου κάθε UE να επιλέξει αν θα είναι σε $N = 1$ ή $N = 3$). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται με ή χωρίς 10 dB κανονικής λογαριθμικής ξεθωριασμένης σκιάς. Τα βασικά αποτελέσματα για την περίπτωση με ξεθωριασμένη σκιά συνοψίζονται στον πίνακα 2 που δείχνει ότι το χειρότερο 10 % των χρηστών του δικτύου θα αντιμετωπίσουν μια βελτίωση της μετάδοσης του 18 % και 23 %, συνεπεία της εισαγωγής του καθεστώτος προσαρμογής επαναχρησιμοποίησης συχνότητας, σε σύγκριση με τα δίκτυα που απασχολούν (σταθερό) $N = 1$ ή επαναχρησιμοποίησης των $N = 3$, αντίστοιχα. Αυτό είναι ένα σημαντικό όφελος, που δικαιολογεί την εισαγωγή του εν λόγω καθεστώτος προσαρμογής επαναχρησιμοποίησης για οποιοδήποτε σύστημα που έχει τη

δυνατότητα σηματοδότησης και την ευελιξία για την υποστήριξη αυτής της μορφής προσαρμογή.



Εικόνα 8 Cumulative distribution function of throughput for N=1 and N=3 reuse, along with a hybrid reuse scheme

Percentile of Interest	Throughput Improvement (%)	
	Over N=1	Over N=3
10%	18	23
50%	13	23
90%	1	55

Πίνακας 2 Improvement in throughput offered by an adaptive frequency reuse scheme in WiMAX networks for the 10dB lognormal case

6. ΈΡΕΥΝΑ ΓΙΑ ΘΕΜΑΤΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ FEMTOCELL

Στα συστήματα 3 G και 4 G, ένας τομέας τρέχουσα ενδιαφέροντος είναι η χρήση των χαμηλής ισχύος, αυτο-αναπτυχθέντων σταθμών βάσης για την εγχώρια αγορά και εταιρικό περιβάλλον. Αυτά μερικές φορές είναι γνωστά ως «Femtocells», καθώς και στην οργάνωση των 3GPP προτύπων ως ‘Home e-Node Bs’. Υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον στην εξερεύνηση του τρόπου με τον οποίο αυτά τα femtocells θα πρέπει να λειτουργούν και το όφελος που μπορεί να επιτευχθεί από τη χρήση τους. Από τη σκοπιά της βελτιστοποίησης, το απρόβλεπτο του χαρακτήρα της ανάπτυξης θέτει προκλήσεις σε φορείς εκμετάλλευσης δικτύου που εκτελεί ένα υπάρχον δίκτυο macrocellular, όπου χρησιμοποιείται το ίδιο ραδιοφάσμα, τόσο από το macrocells και το femtocells. Για να κατανοηθούν τα θέματα αυτά πλήρως, ανάλυση μιας αντιπροσωπευτικής ανάπτυξης του femtocells σε ένα δίκτυο 4 G macrocellular έχει γίνει σε προσομοίωση.

Το μοντέλο προσομοίωσης που χρησιμοποιήθηκε βασίζεται σε ένα κανονικό hexagonal πλέγμα τριών τομέων σταθμών βάσης, στο οποίο ένα σύνολο femtocells εισάγονται τυχαία σε ένα πλέγμα από θέσεις που διευρύνονται σε μια περιοχή πλήρη, τριών τομέων σταθμό βάσης. Στατιστικά στοιχεία αγοράζονται σ' αυτήν την περιοχή, γεγονός που αντικατοπτρίζει το πλήρες φάσμα των θέσεων όπου ένας χρήστης θα μπορεί να υπάρχει. Η ανάλυση των επιπτώσεων της femtocells ασχολείται με το SNIR και το EDR πραγματοποιείται από τους χρήστες που διατίθενται στην περιοχή femtocell. Το μοντέλο προσομοίωσης προϋποθέτει μια μετατροπή από SNIR σε ταχύτητα δεδομένων που χρησιμοποιούνται για τις δραστηριότητες του standardisations το 3GPP και ο διαχωρισμός των φασματικών πόρων ομοιόμορφα κατά μήκος των χρηστών που είναι συνδεδεμένοι σε διακομιστή.

6.1. Ανοικτοί και κλειστοί τρόποι ανάπτυξης

Υπάρχουν δύο βασικοί τρόποι που το femtocells μπορεί να ρυθμιστεί να λειτουργεί όταν εισάγονται σε ένα υπάρχον δίκτυο macrocellular. Σε μια ρύθμιση παραμέτρων «Open Access», οι χρήστες που συνδέονται με το macrocells για παράδοση με το femtocells λειτουργούν άψογα σαν το femtocells κατά τον ίδιο τρόπο όπως των σταθμών βάσης macrocellular. Για τα femtocells, που χρησιμοποιούν το ίδιο φάσμα ως το macrocells, η παρουσία τους αυξάνει τα παράσιτα από ένα χρήστη επιπρόσθετα με το να είναι ένας δυνητικός διακομιστής για αυτόν το χρήστη. Σε μια ρύθμιση παραμέτρων 'Closed Access', μόνο για τους χρήστες που έχουν καταχωρηθεί με το femtocell μπορούν να αποκτήσουν πρόσβαση στο δίκτυο μέσω της συσκευής. Μεταβίβαση από και προς το δίκτυο macrocellular θα είχε τη δυνατότητα αυτή σε περιορισμένο σύνολο των χρηστών, αλλά σε άλλους χρήστες, τα femtocells θα εμφανίζονται ως πρόσθετες πηγές παρεμβολών, με τη δυνατότητα να καταστρέψουν τους συντελεστές από ληφθέντα δεδομένα.

6.2. EDR με επιλογή κελιού

Η λειτουργία ανοικτής πρόσβασης femtocells παρέχει και στους χρήστες που διανέμονται από το femtocells και εκείνων που παραμένουν σχετικά με το macrocells από την μειωμένη φόρτωση. Αυτό υποδηλώνει ότι έναν μηχανισμό επιλογής κελιού που κατά προτίμηση παραδίδει πάνω από τους χρήστες το femtocells θα μπορούσε δυνητικά περαιτέρω να ενισχύσει την ικανότητα του δικτύου. Ένας τρόπος για να κάνετε αυτό είναι για τους χρήστες να επιλέξετε το διακομιστή που προσφέρει το καλύτερο EDR από το σύνολο των διακομιστών που μπορούν να δουν, αντί απλώς αυτό που τους προσφέρει την καλύτερη SNIR, όπως γίνεται συμβατικά.

Συνοπτικά, τα βασικά σημεία από την έρευνα των θεμάτων femtocell ανάπτυξης είναι:

- Η femtocells εισαγωγή σε ένα δίκτυο macrocellular μπορεί να παρέχει σημαντικές βελτιώσεις στην ικανότητα του χρήστη και στους ρυθμούς δεδομένων του δικτύου. Ταχύτητες δεδομένων για τους χρήστες που συνδέονται με femtocells είναι δύο έως τρεις τάξεις μεγέθους υψηλότερες από ό, τι σε ένα μόνο macrocell περιβάλλον και οι χρήστες macrocell εξυπηρετούνται επίσης προς όφελος λόγω της μειωμένης φόρτωση macrocell.
- Η χρήση femtocells μειώνει τη φόρτωση του macrocell και ένα σχετικά μικρό μόνο ποσοστό (περίπου 10 %) των femtocells δεν επαρκούν για να off-load το ήμισυ των χρηστών macrocellular, εφόσον χρησιμοποιείται μια στρατηγική ανάπτυξης femtocell με ανοικτή πρόσβαση.
- Η κλειστή πρόσβασης femtocell λειτουργία έχει πιο περιορισμένα οφέλη και απαιτεί προσεκτικό έλεγχο του femtocell μετάδοσης σε επίπεδο ενέργειας για την πρόληψη της υποβάθμισης του macrocellular δικτύου απόδοσης.
- Η χρήση από μια μέθοδο επιλογής με βάση το EDR κελί, σε αντίθεση με τους πιο συμβατικούς αλγόριθμους που βασίζονται σε SNIR είναι ένας πολύ χρήσιμος μηχανισμός σε δίκτυα femtocell ανοικτής πρόσβασης για την προώθηση των χρηστών σε femtocells. Αυτό είναι ιδιαίτερα επωφελής για τους χρήστες στο χαμηλότερο τμήμα της κατανομής EDR, που μπορεί με βελτιώσεις στα δεδομένα ποσοστά της τάξης του 3,7 φορές να θεωρηθεί από τις φτωχότερες στο 10 % των χρηστών (πάνω από τη χρήση της επιλογής συμβατικών κελιών με βάση το SNIR).

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αυτό το έργο έχει αποδείξει και ποσοτικά τα οφέλη της βελτιστοποίησης των ήπιων παραμέτρων στο πλαίσιο δικτύων 3 G και 4 G. Το έργο έχει δείξει ότι κέρδη χωρητικότητας έως 60 % μπορούν να επιτευχθούν μέσω της πιλοτικά δύναμης βελτιστοποίησης στα δίκτυα 3 G, ιδιαίτερα όταν υπάρχουν ενεργά σημεία μεγάλης κυκλοφορίας. Το έργο στον τομέα των δικτύων 3 G έδειξε επίσης ότι οι βελτιώσεις στη διαδικασία ελέγχου της αποδοχής των κλήσεων θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε 18 % ικανότητα κέρδη και την ταχεία προσαρμογή των μαλακών παραμέτρων μεταβίβασης βάση της κινητής ταχύτητας που έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει την ικανότητα του δικτύου από περίπου 20 %.

Στην περίπτωση των 4 G δικτύων, το έργο επικεντρώθηκε στην βελτιστοποίηση των προοίμιο δυνάμεων, στις προσαρμόσιμες συχνότητες επαναχρησιμοποίησης και στην επιλογή βάση EDR κελιού. Τα αποτελέσματα για την δύναμη βελτιστοποίησης απόδειξαν ότι η ικανότητα για κέρδη έως 80 %, μπορεί να επιτευχθεί εάν μπορείτε να βρείτε τη βέλτιστη ρύθμιση τροφοδοσίας. Ουσιαστικά, αυτό αποδεικνύει την ικανότητα του δικτύου για την διαμόρφωση της διαθέσιμης χωρητικότητας στα φορτία που προσφέρονται.

Αποδείχτηκε ότι με την αξιοποίηση της προσαρμόσιμης συχνότητας επαναχρησιμοποίησης σε συστήματα 4 G, μπορούμε να επιτύχουμε βελτιώσεις μετάδοσης 18-23 % για τους χρήστες worst-off 10 % σε σύγκριση με σταθερή συχνότητα επαναχρησιμοποίησης.

Η τεχνική επιλογής κελιού που βασίζεται σε EDR επιτρέπει τις ταχύτητες δεδομένων να βελτιωθούν για τους πιο μειονεκτούντες χρήστες στο πλαίσιο του δικτύου. Για μεικτές femtocell και macrocell αναπτύξεις, οι ταχύτητες δεδομένων που επωφελούνται από τις φτωχότερες 10 % των χρηστών μπορούν να αυξηθούν περίπου 4 ώρες, χωρίς καμία σημαντική υποβάθμιση των συντελεστών δεδομένων που βιώνουν οι άλλοι χρήστες στο δίκτυο. Για αναπτύξεις μόνο για macrocell, οι βελτιώσεις στην ταχύτητα δεδομένων είναι πιο μετριοπαθής με μόνο μια βελτίωση 30 % για τις φτωχότερες 10 % των χρηστών, αλλά εξακολουθεί να αποτελεί μια πολύ σημαντική κερδοφόρα επίδοση όσον αφορά την επίτευξη των στόχων απόδοσης για το δίκτυο.

Η Femtocell ανάπτυξη αποτέλεσε επίσης μέρος του έργου και, ειδικότερα, τα χαρακτηριστικά σε λειτουργία με ανοικτή και κλειστή πρόσβαση. Το έργο έδειξε ότι, όταν λειτουργεί σε κατάσταση λειτουργίας ανοικτής πρόσβασης, τα femtocells έχουν τη δυνατότητα να μειώνονται δραματικά στη φόρτωση ενός macrocellular δικτύου, παρέχοντας σημαντικά πλεονεκτήματα ταχύτητας πρόσβασης και στους δύο χρήστες που εξακολουθούν να εξυπηρετούνται από τα macrocells, καθώς και εκείνους τους χρήστες που εξυπηρετούνται από τα femtocells. Σε κατάσταση λειτουργίας κλειστής πρόσβασης, διαπιστώσαμε ότι μολονότι τα femtocells μπορούν να παρέχουν σημαντικά πλεονεκτήματα ταχύτητας πρόσβασης στους χρήστες που εξυπηρετούνται από αυτές τις συσκευές, οι χρήστες οι οποίοι παραμένουν να εξυπηρετούνται από τους σταθμούς βάσης macrocellular θα υποστούν σε μεγάλο βαθμό μια υποβαθμισμένη στην ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών, λόγω των παρεμβολών που προκαλούνται από τα femtocells.

Το έργο απέδειξε επίσης τη σκοπιμότητα της δημιουργίας ενός προσομοιωτή για να διερευνήσει τις επιδόσεις ενός δικτύου 4 G και έδειξε επίσης ότι ένας τέτοιος προσομοιωτής μπορεί να κατανεμηθεί στο σύμπλεγμα μεγάλης κλίμακας πληροφορικής για τη βελτίωση της ταχύτητας προσομοίωσης. Κατά τη διάρκεια του έργου έδειξαν επίσης τον τρόπο με τον οποίο προσομοιώσεις δικτύου μπορούν να ενσωματωθούν ως μέρος της διαδικασίας βελτιστοποίησης και έχουν δοκιμαστεί σε πολλούς αλγορίθμους βελτιστοποίησης.

8. ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Σχετικά με την εκμετάλλευση των αποτελεσμάτων του έργου, υπάρχουν ορισμένες πιθανές εφαρμογές από τις καινοτομίες που δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια του έργου. Σε σύντομο χρονικό διάστημα, η γνώση και η κατανόηση των συστημάτων 3 G και 4 G θα αξιοποιηθεί για την παροχή της βιομηχανίας τηλεπικοινωνιών με την καθοδήγηση εμπειρογνομόνων σχετικά με τους καλύτερους τρόπους για να σχεδιαστούν και να βελτιστοποιηθούν τα συστήματα αυτά. Αυτό θα επιτευχθεί μέσω της παροχής μαθημάτων και ειδικές συμβουλευτικές υπηρεσίες με βάση τη γνώση που αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια του έργου. Ο λεπτομερές προσομοιωτής του συστήματος που αναπτύχθηκε ως μέρος αυτού του έργου, και το συνδεδεμένων υπολογιστών σύμπλεγμα, θα χρησιμοποιηθεί επίσης για την υποστήριξη αυτών των υπηρεσιών, επιτρέποντας στα μέλη της κοινοπραξίας να παρέχουν συμβουλές σχετικά με τις πιο κατάλληλες ρυθμίσεις παραμέτρων για ένα συγκεκριμένο δίκτυο. Τα αποτελέσματα του έργου θα χρησιμοποιηθούν επίσης για να επηρεάσουν το σχεδιασμό των 4 G και του μετέπειτα εξοπλισμού μέσω της διάδοσης των αποτελεσμάτων έργου σε διάφορα φόρουμ τυποποίησης, καθώς και στο 3GPP και στη πρωτοβουλία Next Generation Mobile Networks (NGMN).

Επίσης, οι εργασίες για τα femtocells θα βοηθήσουν να ενημερώνει τον κλάδο παραγωγής με τα σχετικά πλεονεκτήματα της ανάπτυξης ανοικτής και κλειστής πρόσβασης. Τα Femtocells ανοικτής πρόσβασης έχουν τη δυνατότητα να βελτίωσουν δραματικά την απόδοση των κινητών δικτύων, ενώ επίσης οδηγούν σε σημαντική μείωση του αριθμού των σταθμών βάσης macrocellular που απαιτείται. Έπειτα από αυτό το έργο, οι εταίροι των διαφόρων σχεδίων θα χρησιμοποιήσουν αυτό το έργο ως μια καλή βάση για περαιτέρω έρευνες στον τομέα αυτό, που οδηγεί σε πιο εξελιγμένα προϊόντα απ' ό,τι τα διαθέσιμα σήμερα, που είναι σε θέση να κάνουν αυτόματη ρύθμιση παραμέτρων και να διαχειριστούν τις δικές τους παρεμβολές. Οι έρευνες femtocells κλειστής πρόσβασης και τα σχετικά ζητήματα, τα αποτελέσματα της οποίας ήδη διαδίδονται μέσω το 3GPP, καλύτερα θα πρέπει να ενημερώνουν τον κλάδο παραγωγής για τις παγίδες που σχετίζονται με αυτόν τον τρόπο λειτουργίας για να αποφευχθεί δαπανηρά λάθη. Μεσοπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα, τα καινοτόμα κελιά επιλογής και το κανάλι ανάθεσης αλγορίθμων αναπτύχθηκαν ως μέρος αυτού του έργου και θα αναπτυχθούν περαιτέρω και πιθανώς να ενσωματωθούν μελλοντικά στον εξοπλισμό για τη βελτίωση της απόδοσης των δικτύων 4 G. Χρήση προηγμένων προσομοιώσεων με τη βελτιστοποίηση των κινητών δικτύων επικοινωνιών έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει δραματικά την απόδοση των συστημάτων αυτών, η οποία θα γίνει όλο και πιο σημαντική, όπως το δίκτυο μεταφορών φορτίων που εξακολουθούν να αυξάνονται με την εισαγωγή των υπηρεσιών υψηλότερων ρυθμών δεδομένων. Κατά τη διάρκεια αυτού του έργου, έχουν αντιμετωπιστεί πολλές πτυχές της χρήσης προσομοιωτών στο βρόχο βελτιστοποίησης και αυτό θα αποτελέσει μια καλή βάση για την τόνωση του ενδιαφέροντος περαιτέρω και έρευνας στον τομέα αυτό.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Todd Tannenbaum, Derek Wright, Karen Miller and Miron Livny, ‘Condor - A Distributed Job Scheduler’, in *Beowulf Cluster Computing with Linux*, Thomas Sterling [Editor], The MIT Press, 2002, ISBN: 0-262-69274-0

[2] The Condor Project, ‘Condor High Throughput Computing’, <http://www.cs.wisc.edu/condor/>

[3] Multiple Access Communications Limited, ‘A Survey of Optimisation Techniques’, Project MONOTAS Document No. 020.PUB.2, 8 March 2006, available from www.macltd.com/monotas.

[4] Chun-Hung Chen, Jianwu Lin, Enver Yücesan and Stephen E. Chick, ‘Simulation Budget Allocation for Further Enhancing the Efficiency of Ordinal Optimisation’, *Journal of Discrete Event Dynamic Systems: Theory and Application*, Vol 10, No 3, pp 251-270, July 2000.

[5] Vodafone and Nortel, ‘Open and Closed Access for Home Node Bs’, submission to 3GPP TSG-RAN WG4 Meeting 44, Athens, Greece, 20-24th August 2007, Document No: R4-071231.

[6] MONOTAS, www.macltd.com/monotas