



Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ - ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ - ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ, ΔΙΚΤΥΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
(COMNETTA GROUP)

ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ ΓΙΑ ΜΕΤΑΓΩΓΗ ΚΥΨΕΛΗΣ (HANDOVER) ΣΕ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
Του
ΜΑΓΕΡΑ Γ. ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ

Επιβλέπων Καθηγητής
Καθηγητής Εφαρμογών Γεώργιος Λιοδάκης

ΧΑΝΙΑ, ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2005

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.

ABSTRACT

Mobility management and handover in particular, is an issue of primary importance for cellular wireless networks. Handover represents a process of changing some of the parameters of a channel (frequency, time slot, spreading code, or combination of them) associated with an existing connection.

The purpose of this thesis is to examine available algorithms for handover that are based on various approaches (such as the received signal power, fuzzy logic theory or to priority reservation schemes), as well as, to present issues related to handover simulation tools and performance. Furthermore, a simulation model using MATLAB software was developed. Simulation results of handover QoS performance issues with emphasis on blocking probability are presented.

Η διαχείριση κινητής τηλεφωνίας, και η μεταγωγή κυψέλης αποτελούν στοιχεία ύψιστης σημασίας για τα δίκτυα ασύρματης κυψελωτής τηλεφωνίας. Η μεταγωγή κυψέλης αναλύει μια διαδικασία μετατροπής ορισμένων παραμέτρων ενός καναλιού (συχνότητα, θυρίδα χρόνου, κώδικας εκπομπής) που σχετίζονται με μια υπάρχουσα σύνδεση.

Στόχος αυτής της εργασίας είναι η εξέταση των διαθέσιμων αλγόριθμων για μεταγωγή κυψέλης που βασίζονται σε διάφορες προσεγγίσεις, με σκοπό την παρουσίαση στοιχείων σχετικά με την μεταγωγή κυψέλης και την απόδοσή της. Περαιτέρω, ένα μοντέλο προσομοίωσης μέσω Matlab αναπτύσσεται, και τα αποτελέσματα της προσομοίωσης μεταγωγής κυψέλης, με τα χαρακτηριστικά της απόδοσης, παρουσιάζονται εντός.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την εκπόνηση αυτής της εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα Καθηγητή Εφαρμογών κ. Γεώργιο Λιοδάκη για τη βοήθεια, τις συμβουλές και την υπομονή που επέδειξε όλο αυτό το διάστημα. Η συμβολή του στην εκπόνηση και τελική μορφή της παρούσας πτυχιακής εργασίας ήταν καθοριστική κάνοντας την όλη διαδικασία πολύ πιο ενδιαφέρουσα.

Ευχαριστίες επίσης, θα ήθελα να εκφράσω και στα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της πτυχιακής εργασίας μου, για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μου και για τις πολύτιμες υποδείξεις τους.

Τέλος, επειδή με την εργασία αυτή, ολοκληρώνονται και οι σπουδές μου ως προπτυχιακού φοιτητή θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, που με υποστήριξε σε όλες μου τις αποφάσεις με κάθε τρόπο.

Αθανάσιος Γ. Μάγερας

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή.

Περιεχόμενα:

Κεφάλαιο 1° : HANDOVER ΚΑΙ ΚΥΨΕΛΩΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.

1.0 Διαχείριση Κινητικότητας (Mobility Management).

1.1 Ορισμός , Φάσεις και Μεγέθη περί του Handover.

1.1.1 Ορισμός Handover.

1.1.2 Φάσεις του Handover.

1.1.3 Μεγέθη για την απόφαση του Handover.

1.2 Handover και κυψελωτά συστήματα.

1.2.1 Φάση απόφασης.

1.2.2 Είδη Handover.

1.2.3 Handover σε δορυφορικά συστήματα.

1.3 GSM και Handover.

1.4 Handover και κυψελωτά συστήματα γενιάς 2.5G/3G/4G.

Κεφάλαιο 2° : ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ HANDOVER.

2.0 Εισαγωγή.

2.1 Αλγόριθμοι βασισμένοι στην Λαμβανόμενη ισχύ.

2.1.0 Εισαγωγή.

2.1.1 Αλγόριθμοι με χρήση κατωφλίου (threshold).

2.1.2 Αλγόριθμοι με υστέρηση (hysteresis).

2.2 Αλγόριθμοι βασιζόμενοι σε Fuzzy Logic.

2.2.1 Θεωρία της Fuzzy Logic.

2.2.2 Αλγόριθμοι βασιζόμενοι σε Fuzzy Logic.

2.3 Αλγόριθμος Handover βασισμένος στην διατήρηση προτεραιότητας (Priority reservation handover algorithm).

Κεφάλαιο 3^ο : ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ HANDOVER ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ

3.1 Εργαλεία για ανάλυση και αξιολόγηση αλγορίθμων handover.

3.2 Μέτρα αξιολόγησης (Performance measurements) αλγορίθμων handover.

3.3 Ανάλυση απόδοσης priority reservation handover αλγόριθμου.

3.4 Υλοποίηση του priority reservation handover αλγόριθμου σε περιβάλλον MATLAB.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Πίνακας Σχημάτων:

Σχήμα 1.0.1 GSM αρχιτεκτονική

Σχήμα 1.0.2 Roaming & Location Areas (LA)

Σχήμα 1.2.3.1 Μέγιστος χρόνος Handover μεταξύ 2 δορυφόρων

Σχήμα 1.3.1 Αρχιτεκτονική του ασύρματου δικτύου:

Σχήμα 1.3.2 Βασικό μοντέλο αναφοράς για το GSM δίκτυο.

Σχήμα 1.4.1 Μηνύματα Handover

Σχήμα 1.4.2 WCDMA σε GSM

Σχήμα 1.4.3 GSM σε WCDMA

Σχήμα 2.1.1 Παράδειγμα αλγορίθμου.

Σχήμα 2.1.2 Ανταλλαγή καθυστέρησης handover για μειωμένο αριθμό handovers

Σχήμα 2.2.1.1 Συναρτήσεις membership τριών fuzzy sets με τα ονόματα 'slow', 'medium' και 'fast' για την fuzzy μεταβλητή ταχύτητα ενός αυτοκινήτου

Σχήμα 2.2.1.2 Βασική δομή συστημάτων με fuzzifier και defuzzifier.

Σχήμα 2.2.2.1 Συνάρτηση membership των τριών fuzzy sets για το RSS.

Σχήμα 2.2.2.2 Συνάρτηση membership των τριών fuzzy sets για το SCU.

Σχήμα 2.2.2.3 Συνάρτηση membership των τριών fuzzy sets για το Δθ.

Σχήμα 2.2.2.4 Συνάρτηση membership των τριών fuzzy sets για το ΔV.

Σχήμα 2.2.2.5 Κανόνες στην βάση κανόνων fuzzy.

Σχήμα 2.2.2.6 αντιστοιχίες μεταξύ των ψηφοφοριών των στοιχείων του πίνακα εισόδου και τον βαθμό του κανόνα.

Σχήμα 2.2.2.7 Block διάγραμμα του συστήματος για την απόφαση για handover.

Σχήμα 2.3.1 Μοντέλο συστήματος στην υπόψη κυψέλη.

Σχήμα 2.3.2 Διάγραμμα ροής για την διαχείριση των originating κλήσεων.

Σχήμα 2.3.3 Διάγραμμα ροής για την διαχείριση των αιτήσεων handover.

Σχήμα 3.3.1 Performance Measurements.

Σχήμα 3.4.1 Αλγόριθμος σε μορφή stateflow για τον αλγόριθμο του σχήματος
2.3.2

Σχήμα 3.4.2 Αλγόριθμος σε μορφή stateflow για τον αλγόριθμο του σχήματος
2.3.3

Σχήμα 3.4.3 Κλήσεις που δημιουργούνται.

Σχήμα 3.4.4 Μπλοκ διάγραμμα στο Simulink.

Σκοπός και διάρθρωση της πτυχιακής.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάλυση αλγορίθμων handover σε συστήματα κινητών επικοινωνιών και εν τέλει η προσομοίωση και ανάλυση αποτελεσμάτων ενός αλγορίθμου χρησιμοποιώντας τα εργαλεία του Matlab Simulink και Stateflow.

Διάρθρωση

Στο πρώτο κεφάλαιο ξεκινάει μια περιγραφή του τι είναι Mobility και πώς αυτή σχετίζεται με το handover. Ακολουθεί ο ορισμός οι φάσεις και τα μεγέθη για την απόφαση του handover, τα διάφορα είδη handover που υπάρχουν στις γενιές κινητών 2, 3, 4 και από την μια γενιά στην άλλη.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται αλγόριθμοι που βασίζονται σε threshold, hysteresis, Fuzzy Logic και σε Priority reservation.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται διάφορα προγράμματα και εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση, ανάλυση και αξιολόγηση αλγορίθμων. Επίσης αναφέρονται και κάποια performance measures μαζί με κάποιες γραφικές που έχουν βρεθεί σε άλλες εργασίες. Τέλος έχουμε την ανάλυση του αλγορίθμου που προσομοιώθηκε σε Matlab με αποτελέσματα και γραφικές παραστάσεις των performance measures που υπολογίστηκαν από τον αλγόριθμο.

Κεφάλαιο 1^ο : HANDOVER ΚΑΙ ΚΥΨΕΛΩΤΑ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.

1.0 Διαχείριση Κινητικότητας (Mobility Management).

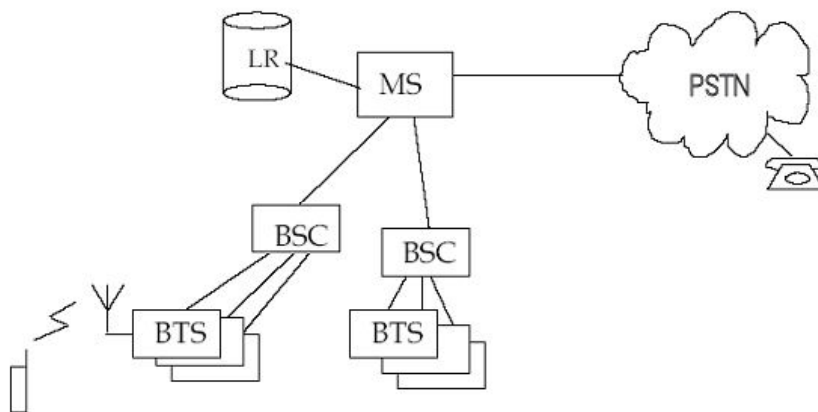
[13] Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά των ασύρματων επικοινωνιών είναι η κινητικότητα (Mobility), δηλαδή η δυνατότητα να επικοινωνούμε σε διαφορετικές τοποθεσίες καθώς είμαστε σε κίνηση. Κατά μια έννοια αυτό είναι απαραίτητο από το γεγονός ότι τα τερματικά (terminals) ή κινητά δεν είναι συνδεδεμένα στο υλοποιηθέν σύστημα με καλώδια.

Η κίνηση σε απόσταση μερικών μέτρων είναι ξεκάθαρο ότι δεν είναι μεγάλο πρόβλημα. Μεγαλύτερο ενδιαφέρον έχει το τι συμβαίνει στα κινητά όταν κινούνται σε μεγαλύτερες αποστάσεις, όταν οι χρήστες οδηγούν ή ακόμα και όταν βγαίνουν από ένα αεροπλάνο και συνδέονται με το κινητό τους καθώς είναι σε μεγάλη απόσταση από το σπίτι τους, πιθανότατα σε κάποια άλλη ήπειρο. Δύο ειδών προβλήματα παρουσιάζονται σε αυτό το σημείο.

Το πρώτο είναι η ανίχνευση των μη ενεργών κινητών με σκοπό να μπορούν γρήγορα να ανταποκρίνονται σε requests από το σταθερό μέρος του δικτύου για την εξασφάλιση επικοινωνίας με το κινητό. Το πρόβλημα είναι σε παγκόσμια κλίμακα και δεν επηρεάζει μόνο τον operator ενός δικτύου, αφού το κινητό μπορεί να φύγει από την περιοχή εξυπηρέτησης ενός operator και να μπει στην περιοχή εξυπηρέτησης ενός άλλου operator. Αυτό συχνά αναφέρεται σαν roaming ή locating network functionality.

Το άλλο πρόβλημα είναι ότι ένα κινούμενο ενεργό κινητό θα αντιμετωπίσει τον κίνδυνο να φύγει από την περιοχή που του προσφέρει την

απαιτούμενη ραδιοκάλυψη και επαρκές QoS(Quality of Service). Για να παρέχεται μια συνεχή ή seamless υπηρεσία, η σύνδεση θα πρέπει να κάνει μεταγωγή (Handover) σε κάποιο άλλο σημείο ραδιοκάλυψης (radio access point) που θα μπορεί να αντεπεξέλθει στις απαιτήσεις της συγκεκριμένης υπηρεσίας. Το μετέπειτα πρόβλημα είναι ότι σε πραγματικό χρόνο θα πρέπει να υπάρξει μεταγωγή της κίνησης όπου λίγη ή καμία απώλεια δεδομένων δεν είναι επιτρεπτή.



Σχήμα 1.0.1 GSM αρχιτεκτονική

Το πρόβλημα του roaming είναι κυρίως θέμα του σταθερού μέρους του δικτύου και λύνεται με το να διατηρούνται κεντρικές βάσεις δεδομένων που περιέχουν τις τοποθεσίες κάθε στιγμή για όλα τα κινητά του δικτύου, οι λεγόμενοι καταχωρητές τοποθεσίας Location Registers (LR) (βλέπε Σχήμα 1.0.1). Οποτεδήποτε δημιουργείται μια σύνδεση τα τρέχοντα δεδομένα τοποθεσίας (και άλλα στοιχεία που αφορούν τον χρήστη) παραλαμβάνονται από τον LR ο οποίος τα χρησιμοποιεί για να βρεθεί το σωστό σημείο ραδιοκάλυψης που θα χρησιμοποιηθεί σαν το σημείο για την ασύρματη

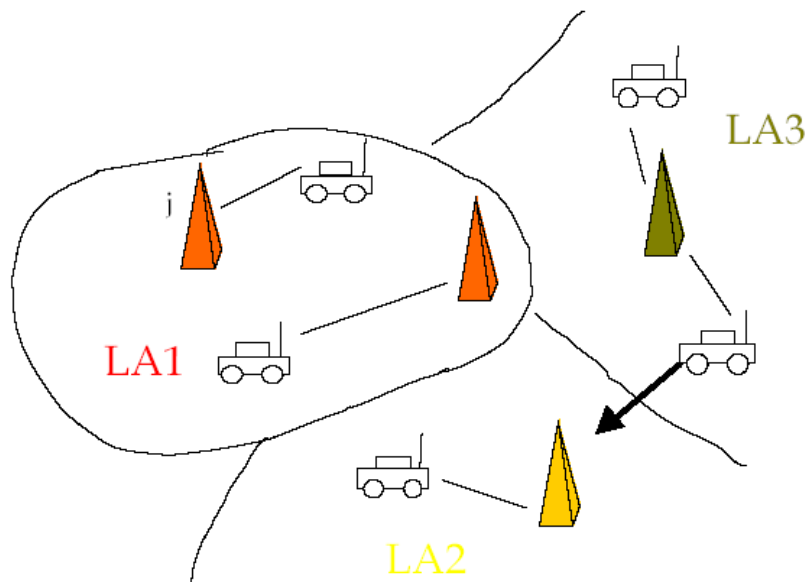
επικοινωνία. Είναι ένα σημαντικό θέμα όμως που επηρεάζει τον ασύρματο εντοπισμό και θα αναφερθούμε τώρα σε αυτό.

Το κινητό μπορεί να κινείται συνέχεια και έτσι η ακρίβεια των δεδομένων της τοποθεσίας μπορεί να διαφέρει και αυτό εξαρτάται από τον ρυθμό με τον οποίο γίνεται η ανανέωση αυτών των πληροφοριών. Για να ανανεώνεται συχνά η πληροφορία αυτή θα πρέπει τα τερματικά να μεταδίδουν μηνύματα ανανέωσης της τοποθεσίας (Location Update messages) προς το δίκτυο έτσι ώστε να αναφέρει πού βρίσκεται την συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

Στην πραγματικότητα η φυσική τοποθεσία μπορεί να μην είναι εύκολο να βρεθεί ή να μην είναι και απαραίτητη. Αντιθέτως στα περισσότερα συστήματα τα ανενεργά κινητά θα πρέπει να καταγράφουν την στάθμη ισχύος από τους γειτονικούς σταθμούς και να αναφέρουν ποιοι από αυτούς είναι καλοί υποψήφιοι για να γίνουν θύρες επικοινωνίας αν μια σύνδεση που εμπλέκει το τερματικό ζητηθεί από κάποιον τρίτο.

Αν αυτή η ανανέωση γίνεται με μικρό ρυθμό υπάρχει μια πιθανότητα το τερματικό να έχει απομακρυνθεί αρκετά όταν ζητηθούν τα LR-data. Για να μπορεί να πραγματοποιηθεί μια σύνδεση μηνύματα αναζήτησης ή paging στέλνονται όχι μόνο από τον προηγούμενο υποψήφιο για σημείο πρόσβασης (access point) αλλά και από τα γειτονικά σημεία πρόσβασης. Το μέγεθος της περιοχής που πρέπει να γίνει η αναζήτηση είναι άμεσα εξαρτώμενο από τον ρυθμό των location updates και την κινητικότητα των κινητών σταθμών (ΚΣ). Από την πλευρά του διαχειριστή των πόρων του συστήματος βλέπουμε ότι γίνεται μια ενδιαφέρων ανταλλαγή: πόσοι πόροι θα δαπανηθούν για την εκπομπή του μηνύματος του location update από τα μη ενεργά τερματικά (τα

οποία μπορεί να είναι μεγάλος αριθμός) έτσι ώστε να υπάρχουν επαρκής πόροι του συστήματος όταν θα χρειαστούν για κάποια σύνδεση.



Σχήμα 1.0.2 Roaming & Location Areas (LA)

Σαν παράδειγμα μπορούμε να πάρουμε το GSM σύστημα όπου η περιοχή εξυπηρέτησης(serving area) διαιρείται σε location areas (LA:s) που περιέχουν κάποια σημεία πρόσβασης τους λεγόμενους Σταθμούς Βάσης (ΣΒ ή base stations)(Σχήμα 1.0.2). Κάθε ΣΒ εκπέμπει συνέχεια την ταυτότητά του και την τοποθεσία της περιοχή που ανήκει σε ένα κανάλι εκπομπής το Broadcast Control Channel(BCCH). Τα μη ενεργά κινητά (ΚΣ) συνεχώς καταγράφουν τις ταυτότητες των ΣΒ που τα περιβάλλουν και όταν ο πρωτεύων ΣΒ για μια μελλοντική σύνδεση ανήκει σε διαφορετικό LA, ένα μήνυμα location update εκπέμπεται σε αυτόν τον ΣΒ. Επιπροσθέτως τα κινητά εκπέμπουν μηνύματα τοποθεσίας και όταν ενεργοποιούνται ή απενεργοποιούνται (τα λεγόμενα “attach” και “detach” messages). Ο

διαχειριστής του δικτύου θα πρέπει να διαλέξει το μέγεθος των LAs. Μεγάλα LAs με πολλούς ΣΒ θα έχουν σαν αποτέλεσμα λίγα location update messages αλλά θα χρειάζονται ένα μεγάλο αριθμό από paging messages (σε όλους τους ΣΒ μέσα στην LA) για να βρουν το κινητό. Μικρά LAs θα αυξήσουν τα location updates αλλά θα έχουν σαν αποτέλεσμα την ακριβή και γρήγορη δημιουργία συνδέσεων με μικρή σπατάλη πόρων στα κανάλια σηματοδότησης.

1.1 Ορισμός , Φάσεις και Μεγέθη περί του Handover.

1.1.1 Ορισμός Handover.

[12] Ο αυξανόμενος αριθμός των συνδρομητών κινητής τηλεφωνίας απαιτεί πιο αποδοτική χρήση του περιορισμένου εύρους ζώνης. Ένας τρόπος για να επιτευχθεί αυτό είναι η χρήση μικρότερων κυψελών. Αυτό αυξάνει την αποδοτικότητα του φάσματος αλλά με κόστος τον αυξανόμενο αριθμό από handovers και το overhead στη διαχείριση του όλου συστήματος. Οι μικρότερες κυψέλες μας παρέχουν κινητές συσκευές με μικρότερη κατανάλωση ισχύος.

Τα κυψελωτά συστήματα θα πρέπει να έχουν την δυνατότητα να διατηρούν μια κλήση καθώς ο συνδρομητής κινείται μέσα σε μια κυψελωτή περιοχή εξυπηρέτησης. Αυτό επιτυγχάνεται μεταφέροντας τον κινητό σταθμό από ένα σταθμό βάσης ή κανάλι σε άλλο χωρίς επιπτώσεις στην ποιότητα του σήματος. Η αλλαγή του καναλιού γίνεται ανάλογα με το σύστημα που χρησιμοποιείται, όπως για παράδειγμα σε μια μπάντα συχνοτήτων για τα FDMA (frequency division multiple access) συστήματα, σε μια κωδικολέξη για τα CDMA (code division multiple access) συστήματα ή συνδυασμός αυτών σε κάποιο υβριδικό σύστημα.

1.1.2 Φάσεις του Handover.

Το handover γίνεται σε τρία στάδια:

1. Στάδιο της απόφασης (decision stage)

2. Στάδιο του σχεδιασμού (planning stage)
3. Στάδιο της εκτέλεσης (execution stage)

Στο στάδιο της απόφασης, η απόφαση για handover παίρνεται από το δίκτυο ή από τον κινητό σταθμό βάσει κάποιων μετρήσεων όπως RSS (Received Signal Strength ή λαμβανόμενη ισχύς), BER (Bit Error Rate ή ρυθμός λανθασμένων bit), SNR (Signal to Noise Ratio ή λόγος σήματος προς θόρυβο), Cell traffic (φορτίο κίνησης μιας κυψέλης). Έτσι προκύπτουν αλγόριθμοι για απόφαση μεταγωγής (Handover decision algorithm) που είναι γνωστοί ως RSS with threshold (κατώφλι), RSS with hysteresis (υστέρηση), RSS with threshold and hysteresis, velocity adaptive handover algorithm (αλγόριθμος μεταγωγής προσαρμοζόμενος στην ταχύτητα του Κ.Σ.), multi-criteria handover algorithm (πολυκριτηριακός αλγόριθμος μεταγωγής), ή κάποιος αλγόριθμος handover βασισμένος στην αναγνώριση patterns, σε μεθόδους τεχνητής νοημοσύνης, Fuzzy Logic, κ.λ.π. Όταν ένα handover αποφασιστεί, τότε το επόμενο στάδιο είναι το στάδιο του σχεδιασμού όπου το κατάλληλο κανάλι που είναι ελεύθερο και έχει την μικρότερη παρεμβολή από τον υποψήφιο σταθμό βάσης θα βρεθεί και αν χρειαστούν θα αναπτυχθούν και τα κατάλληλα πρωτόκολλα επιβεβαίωσης.

Τώρα το handover μπορεί να εκτελεστεί όπου ο κινητός σταθμός αποσυνδέεται από τον παλιό σταθμό βάσης που τον εξυπηρετούσε και συνδέεται στον νέο υποψήφιο σταθμό βάσης.

Εκτός από τον αλγόριθμο του handover αναγκαίος είναι και ένας αλγόριθμος επαναδρομολόγησης (rerouting algorithm) για την εδραίωση της καινούργιας σύνδεσης με τον κινητό σταθμό. Ανάλογα με τον τύπο κίνησης

διαλέγουμε και τον αντίστοιχο αλγόριθμο επαναδρομολόγησης. Για παράδειγμα, αν έχουμε να μεταδώσουμε φωνή τότε δεν μας ενδιαφέρει και να χαθεί κάποιο μικρό ποσοστό (γιατί από τα συμφραζόμενα θα γίνει κατανοητό το περιεχόμενο της συνομιλίας). Αν έχουμε, όμως, να μεταδώσουμε δεδομένα τότε δεν μας ενδιαφέρει τόσο ο χρόνος μεταγωγής όσο η προστασία των δεδομένων.

1.1.3 Μεγέθη για την απόφαση του Handover.

Πολλοί αλγόριθμοι που παρουσιάζονται στην βιβλιογραφία βασίζονται στις μετρήσεις που χρησιμοποιούν για να αποφασίσουν αν ένα handover είναι απαραίτητο για κάποιο κινητό ή όχι. Αυτές οι μετρήσεις συλλέγονται και αναλύονται στο δίκτυο ή στον ίδιο τον κινητό σταθμό.

Τα αίτια για το handover σχετίζονται κύρια με την ασύρματη σύνδεση, την διαχείριση του δικτύου ή το είδος των προσφερομένων υπηρεσιών. Η λαμβανόμενη ισχύς σήματος (Received Signal Strength-RSS), ο λόγος σήματος προς παρεμβολές και κάποια που έχουν σχέση με το σύστημα όπως ο συγχρονισμός που χρειάζεται για τα συστήματα με πολλαπλή προσπέλαση με διαίρεση χρόνου (Time Division Multiple Access-TDMA) που όταν χαθεί θα πρέπει το σύστημα να οδηγηθεί σε handover.

Μια πληθώρα παραμέτρων υπάρχουν για την αξιολόγηση της ποιότητας της ζεύξης για να αποφασιστεί πότε πρέπει να εκτελεστεί ένα handover. Μερικές από αυτές τις παραμέτρους αναφέρονται παρακάτω:

- Bit error rate (BER)
- Signal to noise ratio (SNR)
- Distance (απόσταση)

- Traffic load (φορτίο κίνησης)
- Signal Strength (ισχύ σήματος)
- Word error indicator (δείκτης λάθος λέξεων)
- Quality indicator (δείκτης ποιότητας)
- Συνδυασμός των παραπάνω
- Mobile location estimator (εκτιμητής θέσεως του ΚΣ)
- Mobile velocity estimator (εκτιμητής ταχύτητας του ΚΣ)

1.2 Handover και κυψελωτά συστήματα.

1.2.1 Φάση απόφασης (decision stage).

[12] Ο αλγόριθμος για handover βασιζόμενος στην λαμβανόμενη ισχύ σήματος (Received Signal Strength-RSS) σχετίζει τον κινητό σταθμό με τον σταθμό βάσης από τον οποίο έχει την ισχυρότερη λαμβανόμενη ισχύ σήματος. Είναι προφανές ότι αυτός ο αλγόριθμος είναι τρωτός στην επίδραση του φαινομένου ping-pong. Για να υπερνικηθεί αυτή η δυσκολία εισάγουμε ένα κατώφλι στον αλγόριθμο βασισμένο στην ισχύ του σήματος. Αυτό καλείται απόλυτος αλγόριθμος ισχύος σημάτων (Absolute Signal Strength algorithm) ή εισάγουμε μια υστέρηση στον αλγόριθμο RSS που αυτό είναι ο αποκαλούμενος σχετικός αλγόριθμος ισχύος σημάτων (Relative Signal Strength algorithm). Η εισαγωγή και της υστέρησης και του κατωφλίου είναι ο αποκαλούμενος συνδυασμένος απόλυτος και σχετικός αλγόριθμος ισχύος σημάτων (combined Absolute and Relative Signal Strength algorithm). Οι αναφερθέντες αλγόριθμοι ήταν βασισμένοι στην ισχύ σημάτων. Υπάρχουν και οι βασισμένοι στην απόσταση αλγόριθμοι που αφορούν το κινητό με τον πιο κοντινό σταθμό βάσης. Οι σχετικές μετρήσεις απόστασης μπορούν να ληφθούν μέσω σύγκρισης στους χρόνους καθυστέρησης διάδοσης του λαμβανόμενου σήματος. Οι αλγόριθμοι handover βασισμένοι στην ισχύ σήματος ως προς τις παρεμβολές (Signal to Interference Ratio-SIR) εξετάζουν την ποιότητα επικοινωνίας. Όταν ένας άλλος σταθμός βάσης ή ένα άλλο κανάλι του ίδιου σταθμού βάσης παρέχει

καλύτερο SIR, εξετάζεται αν μπορεί να γίνει ένα handover σε εκείνο το σταθμό ή κανάλι βάσεως. Το πρώτο καλείται inter-cell handover και το δεύτερο καλείται intra-cell handover. Οι προσαρμοστικοί αλγόριθμοι handover ταχύτητας εξετάζουν κινητά με διαφορετικές ταχύτητες (π.χ. οι ανάγκες για handover σε γρήγορα κινούμενους κινητούς σταθμούς πρέπει να υλοποιηθούν άμεσα. Στους αλγόριθμους με βάση την κατεύθυνση (direction based algorithms), τα handovers στους σταθμούς βάσεων προς τους οποίους ο κινητός σταθμός προσεγγίζει ενθαρρύνονται, ενώ τα handovers στους σταθμούς βάσεων από τους οποίους ο κινητός σταθμός απομακρύνεται αποθαρρύνονται. Στους αλγορίθμους προεπιλογής handover (pre-selection handover algorithms) ο κινητός σταθμός κάνει μεταγωγή στο σταθμό βάσης προς τον οποίο κινείται ο κινητός σταθμός, ακόμα κι αν οι μετρήσεις για την απόφαση του handover σε εκείνο το σταθμό βάσης δεν είναι καλύτερες, στη λογική του ότι αυτές οι μετρήσεις αναμένεται ότι θα βελτιωθούν σύντομα. Οι αλγόριθμοι ελάχιστης ισχύος (Minimum Power Algorithms) ελαχιστοποιούν την uplink (mobile to base) εκπεμπόμενη ισχύ με την έρευνα για έναν κατάλληλο συνδυασμό σταθμού βάσεως και ενός καναλιού.

Για τους αλγορίθμους απόφασης handover πολλαπλών κριτηρίων (multi-criteria handover decision algorithms), έχουν προταθεί αλγόριθμοι αναγνώρισης προτύπων (pattern recognition) για τους αλγόριθμους αποφάσεως για handover. Τα συστήματα ασαφούς λογικής (Fuzzy Logic) και ταξινομητές μέσω νευρωνικών δικτύων (neural network classifiers)

είναι καλοί υποψήφιοι για τους αλγόριθμους αναγνώρισης σχεδίων λόγω της μη γραμμικότητάς τους και της ικανότητας γενίκευσης. Όταν εισάγουμε αλγορίθμους βασιζόμενους στην αναγνώριση προτύπων έχουμε το πάνω χέρι της λήψης των στοιχείων κατάρτισης και προδιαμόρφωση του συστήματος. Αντίθετα, όταν το σύστημα εκπαιδεύεται, έχουμε τη δυνατότητα να εισάγουμε τους αλγορίθμους πολλαπλών κριτηρίων και να βελτιστοποιηθεί η απόφαση του handover με τα όποια συγκρουόμενα κριτήρια (π.χ. καθυστέρηση handover και αριθμός handovers).

1.2.2 Είδη Handover.

[1] Οι αλγόριθμοι απόφασης handover μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με το βαθμό εμπλοκής του σταθμού δικτύου ή/και του κινητού σταθμού. Έτσι προκύπτουν το handover το ελεγχόμενο από το δίκτυο (Network Controlled Handover-NCHO) και το handover το ελεγχόμενο από τον κινητό σταθμό (Mobile Controlled Handover-MCHO). Στην περίπτωση του NCHO το δίκτυο καταγράφει τις παραμέτρους για την απόφαση του handover για όλους τους κινητούς σταθμούς και αποφασίζει εάν το handover για έναν κινητό είναι απαραίτητο ή όχι. Ομοίως για MCHO, κάθε κινητός σταθμός καταγράφει τις παραμέτρους για την απόφαση για handover και αποφασίζει εάν ένα handover είναι απαραίτητο ή όχι. Ένας άλλος μηχανισμός ελέγχου handover είναι αυτός που ο κινητός σταθμός ελέγχει τις παραμέτρους και τις αναφέρει στο δίκτυο και είναι αυτό που αποφασίζει εάν ένα handover για εκείνο τον κινητό σταθμό είναι απαραίτητο ή όχι. Αυτός ο μηχανισμός καλείται Mobile Assisted Handover-MAHO.

Στην περίπτωση του NCHO, το δίκτυο στέλνει την εντολή για handover και, συνήθως αποκαθιστά επιπλέον μια σύνδεση μεταξύ του παλαιού και νέου σταθμού βάσεως για ελαχιστοποίηση της διάρκειας του handover.

Στην περίπτωση του MCHO ο κινητός σταθμός δεν έχει πληροφορίες για την ποιότητα σημάτων άλλων χρηστών και επιπλέον το handover δεν πρέπει να προκαλέσει παρεμβολές σε άλλους χρήστες. Ο κινητός σταθμός μετρά την ισχύ του σήματος από τους περιβάλλοντες σταθμούς βάσης και τα επίπεδα παρεμβολών σε όλα τα κανάλια.

Ο κινητός σταθμός ζητά ένα κανάλι από το σταθμό βάσης με τη χαμηλότερη παρεμβολή.

Το NCHO παρουσιάζει την περισσότερη καθυστέρηση στο handover (π.χ., ο χρόνος που απαιτείται για να εκτελέσει ένα handover request) δεδομένου ότι χρησιμοποιεί τις περισσότερες πληροφορίες μέτρησης για να αποφασίσει για ένα handover. Το MAHO είναι μέσης καθυστέρησης ενώ το MCHO είναι το γρηγορότερο αλλά κάνει χρήση λιγότερων πληροφοριών μέτρησης. Σύμφωνα με τη συνολική καθυστέρηση μπορεί να είναι περίπου πέντε έως δέκα δευτερόλεπτα για το NCHO, ένα δευτερόλεπτο για το MAHO, και 100ms για το MCHO. Πιο αναλυτικά:

Network-Controlled Handover

Σε ένα πρωτόκολλο NCHO, το δίκτυο λαμβάνει μια απόφαση handover με βάση τις μετρήσεις του RSS των κινητών σταθμών από διάφορα BSS(σταθμός βάσης), ενώ μερικές φορές το δίκτυο οργανώνει μια σύνδεση-γέφυρα μεταξύ του παλαιού και νέου BSS (για ελαχιστοποίηση έτσι της διάρκειας του handover). Γενικά, η διαδικασία handover

(συμπεριλαμβανομένων της μετάδοσης δεδομένων, της αλλαγής καναλιών και της αλλαγής δικτύων) παίρνουν 100 200ms και παράγει έναν αξιοπρόσεχτο κρότο στη συνομιλία. Αυτός ο κρότος είναι απαραίτητος σε ένα θορυβώδες κανάλι φωνής εντούτοις, αυτός είναι αντιληπτός όταν το handover εμφανίζεται σε μια λογική ποιότητα σήματος. Οι πληροφορίες για την ποιότητα σημάτων για όλους τους χρήστες είναι τοποθετημένος σε ένα ενιαίο σημείο (το MSC). Αυτές οι πληροφορίες διευκολύνουν κατανομή των πόρων.

Η γενική καθυστέρηση μπορεί να είναι της τάξης των 5 –10 sec. Αυτός ο τύπος handover δεν είναι κατάλληλος για το γρήγορα μεταβαλλόμενο περιβάλλον και εμφανίζεται μια υψηλή πυκνότητα χρηστών που οφείλονται στη σχετική καθυστέρηση. Το NCHO έχει χρησιμοποιηθεί στα πρώτης γενιάς κυβελωτά συστήματα όπως AMPS,

Total Accesess Communications Systems(TACS), και Nordic Mobile Telephone (NMT).

Mobile-Assisted Handover

Ένα πρωτόκολλο MAHO αποκεντρώνει τη διαδικασία απόφασης handover. Ο κινητός σταθμός κάνει τις μετρήσεις, και το MSC λαμβάνει τις αποφάσεις. Μπορεί να υπάρξει μια καθυστέρηση 1 sec που μπορεί να είναι σημαντική στην περίπτωση εμφάνισης του street corner effect. Στο GSM, το υποσύστημα των BS (BSS) περιλαμβάνει έναν πομποδέκτη σταθμού βάσης (BTS) και έναν ελεγκτή σταθμών βάσης (BSC). Το BTS είναι σε επαφή με το MSS μέσω της ράδιο διεπαφής και περιλαμβάνει τη ράδιο μετάδοση και τις συσκευές δεκτών και επεξεργασίας σήματος. Το BSC είναι σε επαφή με το

δίκτυο και είναι υπεύθυνο της ραδιο διαχείρισης διεπαφών, κυρίως για την κατανομή και απελευθέρωση των ραδιο καναλιών και της διαχείρισης των handover. Ένα BSC εξυπηρετεί διάφορα BTSs, και διάφορα BSCs που συνδέονται σε ένα MSC.

Ο χρόνος για handover (ο χρόνος μεταξύ απόφασης και εκτέλεσης) στο GSM είναι περίπου 1 sec. Εάν ο εξυπηρετών και ο στοχεύων BTS βρίσκονται μέσα στο ίδιο BSS, το BSC για το BSS μπορεί να εκτελέσει handover χωρίς τη συμμετοχή του MSC. Αυτό αναφέρεται ως intra-BSS handover. Όταν το MSC συντονίζει τη διαδικασία handover, τότε το handover αυτό αναφέρεται ως intra-MSC (μέσα στο ίδιο MSC) ή inter-MSC(μεταξύ των MSC).

Σε ένα κυψελωτό σύστημα με βάση το πρότυπο IS-95 χρησιμοποιείται το SHO μαζί με το MAHO. Το SHO χρησιμοποιεί τη λογική make before break, δηλαδή η σύνδεση στα παλιά BS δεν απολύεται μέχρι να γίνει μια σύνδεση στα νέα BS. Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές από SHO. Ο όρος μαλακό handover (soft handover) χρησιμοποιείται όταν παλαιό και νέο BSs ανήκουν σε δύο διαφορετικά κελιά(cells). Ο όρος μαλακότερο handover (Softer handover) χρησιμοποιείται όταν τα δύο σήματα αντιστοιχούν σε δύο διαφορετικούς τομείς (Sectors) του ίδιου cell. Όταν soft και softer handovers

Εμφανίζονται ταυτόχρονα, ο όρος soft-softer handover χρησιμοποιείται. Όσον αφορά το κινητό, δεν υπάρχει καμία διαφορά μεταξύ SHO και softer handover. Για το δίκτυο, πρόσθετο υλικό απαιτείται για το soft handover. Ένα Hardware υλικό για τα κανάλια και ένας κορμός BS-to-MSC απαιτούνται για κάθε κελί που περιλαμβάνεται στο SHO. Πρόσθετη επιλογή ποικιλομορφίας πλαίσιο-από-πλαίσιο (frame by frame) απαιτείται στο

διακόπτη (switch). Κανένα πρόσθετο υλικό δεν απαιτείται στο BS για το softer handover από το υλικό καναλιών μπορεί να διαμορφωθεί για να διαβιβάσει το σήμα σε πολλαπλές κεραίες τομέα και να γίνει χρήση συνδυασμένων τεχνικών ποικιλομορφίας για να επεξεργαστούν τα σήματα από τις πολλαπλές κεραίες τομέα.

Το κατώφλι του handover πρέπει να είναι αρκετά μικρό για να δεσμεύσει το γενικό ποσοστό SHO αλλά αρκετά μεγάλο για να επιτρέψει αποδοτικό συνδυασμό ποικιλομορφίας.

Το κινητό χρειάζεται περισσότερους από έναν αποδιαμορφωτές για να εκμεταλλευτούν τις τεχνικές συνδυασμού της ποικιλομορφίας. Το SHO μπορεί να αυξήσει την χωρητικότητα εάν μελετηθεί προσεκτικά. Το SHO έχει ένα πλεονέκτημα να μεταβάλλει την SIR διανομή. Τα κινητά μακριά από τα BS λαμβάνουν περισσότερη ισχύ σήματος, η οποία μειώνει την πιθανότητα διακοπής λειτουργίας.

Ένα άλλο πλεονέκτημα του SHO είναι ότι η αυξανόμενη ισχύ σήματος μειώνει τη αλλαγή της κλήσης μεταξύ των BSs. Αυτό μειώνει το υπολογιστικό φορτίο. Ειδικότερα, κατάλληλη επιλογή της περιοχής SHO και τις σχετικές παραμέτρους του μπορεί να αποφευχθεί η επίδραση του φαινομένου ring-rong το οποίο είναι κοινό στο σκληρό handover (hard handover).

Ένα μειονέκτημα του SHO είναι ότι το κινητό καταλαμβάνει τα κανάλια μεταξύ διαφορετικών BSs και του διακόπτη (MSC). Επιπλέον, το SHO τείνει να αυξήσει την κυκλοφορία στα συνδεδεμένα με καλώδιο κανάλια σε ένα σταθερό δίκτυο. Όσο μεγαλύτερος ο αριθμός BSs που περιλαμβάνονται σε ένα SHO, τόσο περισσότερη κυκλοφορία θα υπάρχει στο σταθερό δίκτυο.

Mobile-Controlled Handover

Στο MCHO το κινητό έχει εντελώς τον έλεγχο της διαδικασίας handover. Αυτός ο τύπος handover έχει έναν σύντομο χρόνο αντίδρασης (της τάξης 0,1 sec) και είναι κατάλληλη για τα microcellular συστήματα. Το κινητό δεν έχει τις πληροφορίες για την ποιότητα σημάτων των άλλων χρηστών, αλλά το handover δεν πρέπει να προκαλέσει παρεμβολές σε άλλους χρήστες. Το κινητό μετρά τις ισχύεις σημάτων από τα περιβάλλοντα BSs και τα επίπεδα παρεμβολών σε όλα τα κανάλια. Ένα handover μπορεί να αρχίσει εάν η λαμβανόμενη ισχύς σήματος από τον BS που μας εξυπηρετεί είναι χαμηλότερη από αυτή των γειτονικών BS από ένα ορισμένο κατώτατο όριο. Το κινητό ζητά από ένα γειτονικό BS για ένα κανάλι με τη χαμηλότερη παρεμβολή. Το MCHO είναι ο υψηλότερος βαθμός διοικητικής αποκέντρωσης του handover (handover decentralization). Μερικά από τα πλεονεκτήματα του handover decentralization είναι ότι οι αποφάσεις για handover μπορούν να ληφθούν γρήγορα, καθώς το MSC δεν έχει να λάβει αποφάσεις για handover για κάθε κινητό, κάτι το οποίο είναι πολύ ένας δύσκολος στόχος για το MSC των μεγάλης χωρητικότητας microcellular συστημάτων.

Το MCHO χρησιμοποιείται στα ευρωπαϊκά πρότυπα για τα ασύρματα τηλέφωνα, (DECT). Τα κινητά και οι BS ελέγχουν το τρέχον κανάλι,

και οι BS αναφέρουν τις μετρήσεις - RSS και το Bit Error Rate(BER) - στο κινητό. Τα C/Is των ελεύθερων καναλιών επίσης μετρούνται. Οι

αποφάσεις handover λαμβάνονται από το κινητό. Τόσο intracell και intercell handovers είναι δυνατά ενώ ο χρόνος handover είναι περίπου 100msec.

1.2.3 Handover σε δορυφορικά συστήματα.

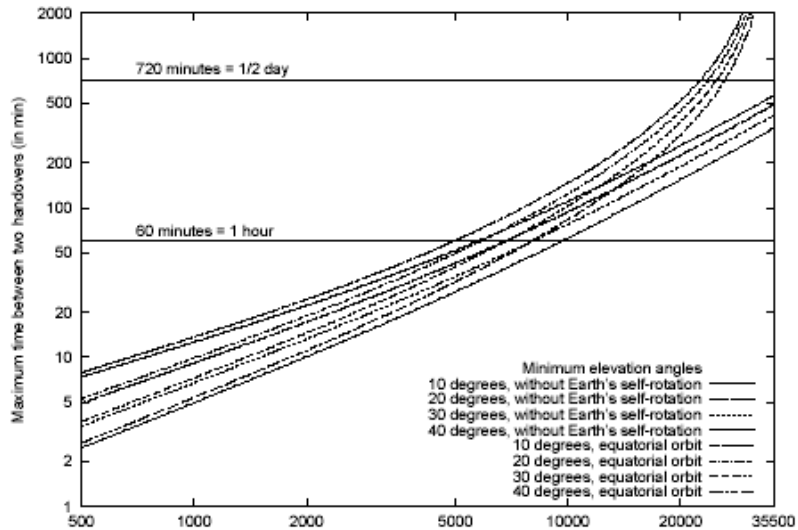
[11] Δύο λόγοι υπάρχουν για την δημιουργία handover σε δορυφορικά συστήματα:

-Η κίνηση του δορυφόρου που είναι και η πιο κύρια αιτία και προκαλεί δύο τύπων handover:

- Satellite handover δηλαδή η μεταφορά ενός χρήστη από ένα δορυφόρο σε ένα άλλο.
- Cell handover δηλαδή η μεταφορά ενός χρήστη από μία ακτίνα (spot-beam) σε μια άλλη στον ίδιο δορυφόρο.

-Ο δεύτερος λόγος για handover είναι η κίνηση της ίδιας της γης που μας εισάγει μεγαλύτερη πολυπλοκότητα από την ήδη υπάρχουσα.

Στο σχήμα 1.2.3.1 βλέπουμε τον μέγιστο χρόνο που χρειάζονται δύο δορυφόροι για να κάνουν handover συναρτήσει του ύψους h και της γωνίας ανύψωσης ε

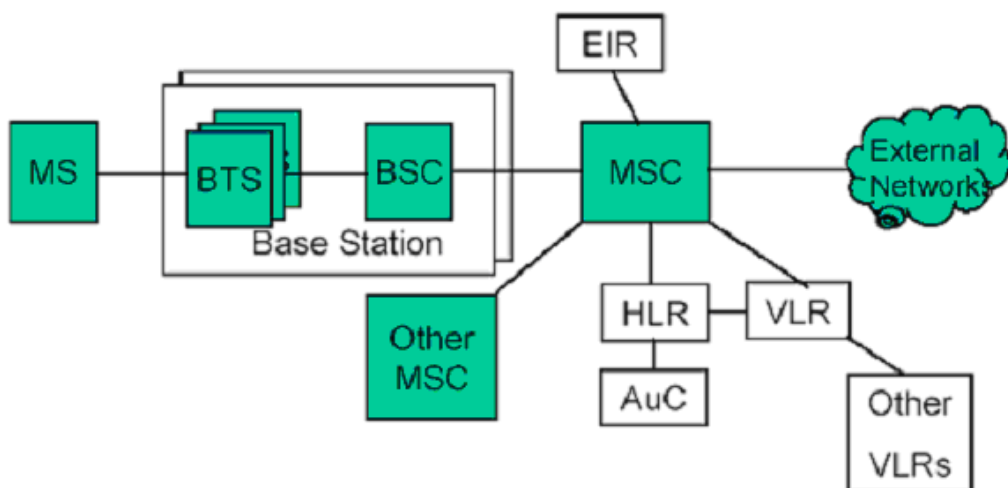


Σχήμα 1.2.3.1 Μέγιστος χρόνος Handover μεταξύ δύο δορυφόρων

Παρατηρούμε ότι ο μέγιστος χρόνος για handover μπορεί να ποικίλει από μερικά λεπτά μέχρι αρκετές ώρες. Επίσης, οι inclined τροχιές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εκμεταλλευτούν τη γήινη περιστροφή για να αυξήσουν την περίοδο διαφάνειας του δορυφόρου από την γη.

Ως εκ τούτου, η κινητικότητα του δικτύου μπορεί επίσης να ποικίλει πολύ. Χοντρικά, μπορούν να διακριθούν μεταξύ χαμηλής και υψηλής κινητικότητας, ανάλογα με το μέγιστο χρόνο για handover.

1.3 GSM και Handover.



Σχήμα 1.3.1 Αρχιτεκτονική του ασύρματου δικτύου:

[10], [14], [20] Με την βοήθεια των σχημάτων 1.3.1 και 1.3.2, μπορούμε να διακρίνουμε τα ακόλουθα δομικά στοιχεία ενός GSM δικτύου:

- MS – Κινητός σταθμός

Ο πομποδέκτης του κινητού σταθμού που επικοινωνεί με το υπόλοιπο δίκτυο GSM.

- MSC – Κινητό κέντρο μετατροπής

Το MSC είναι υπεύθυνο για την έναρξη, τη δρομολόγηση και την επίβλεψη των κλήσεων από και προς τον συνδρομητή.

- HLR – Κατάλογος εγχώριας θέσης

Στο GSM κάθε operator έχει μια βάση δεδομένων που περιέχει πληροφορίες σχετικά με όλους τους συνδρομητές που ανήκουν στο συγκεκριμένο δημόσιο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας.

- VLR – Κατάλογος θέσης επισκεπτών

Το συγκεκριμένο σύστημα είναι συνήθως ενοποιημένο με το MSC. Περιέχει πληροφορίες σχετικά με τους κινητούς σταθμούς που επισκέπτονται μία συγκεκριμένη location area.

- AuC – Κέντρο επικύρωσης

Το AuC παρέχει παραμέτρους κρυπτογράφησης και πιστοποίησης που απαιτούνται για την εξακρίβωση του συνδρομητή αλλά και για εμπιστευτικότητα της κλήσης.

- EIR – Κατάλογος ταυτότητας εξοπλισμού

Ο EIR ελέγχει την κινητή μονάδα προκειμένου να αποφευχθεί η χρήση κλεμμένων συσκευών ή η χρήση μιας μη εγκεκριμένου τύπου κινητής μονάδας.

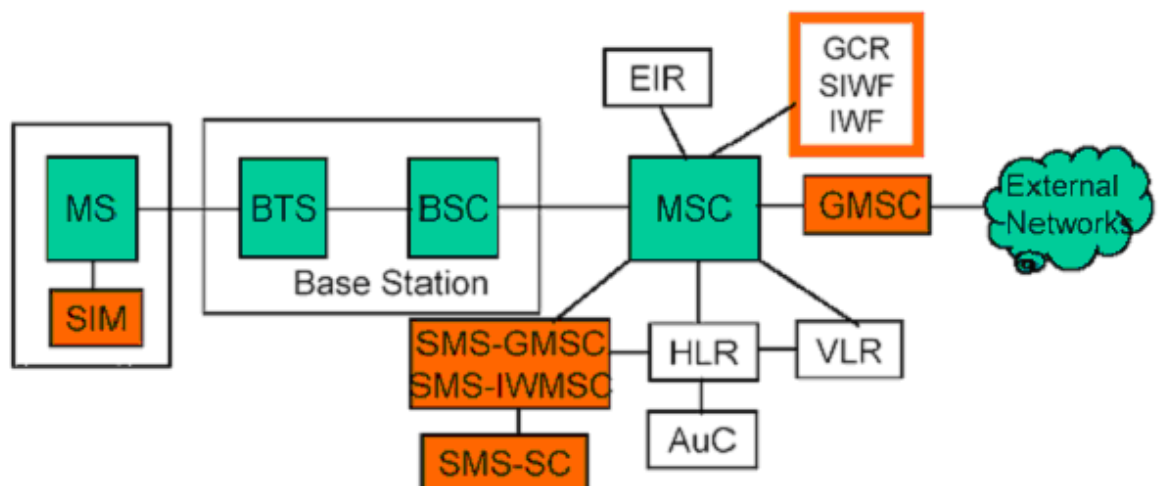
- BTS – Πομποδέκτης Σταθμού Βάσης

Ο BTS περιλαμβάνει τον ράδιο-εξοπλισμό και τον εξοπλισμό μετάδοσης. Κάθε BTS λειτουργεί σε ένα ή περισσότερα ζευγάρια συχνοτήτων, από τα οποία το ένα για την DL (Down Link) ζεύξη και το άλλο για την UL (Up Link).

- BSC – Ελεγκτής Σταθμού Βάσης

Το BSC μπορεί να διαχειριστεί ολόκληρο το ασύρματο δίκτυο και εκτελεί τις παρακάτω λειτουργίες:

- Διαχειρίζεται τη σύνδεση με τον κινητό σταθμό και την μεταγωγή(HandOver)
- Διαχειρίζεται το ασύρματο δίκτυο
- Transcoding and Rate Adaptation (Πολυπλεξία και προσαρμογή του ρυθμού μετάδοσης)
- Traffic Concentration (Συγκέντρωση της Τηλεπικοινωνιακής Κίνησης)
- Διαχείριση της μετάδοσης του Σ/Β και εκ του μακρόθεν έλεγχος του Σ/Β.



- SIM – Μοντέλο επικύρωσης συνδρομητών
- GCR- Κατάλογος κλήσης ομάδας
- IWF – InterWorking λειτουργία

- SIWF – Κοινός IWF
- GMSC- Πύλη MSC
- SMS – Υπηρεσία Σύντομου Μηνύματος
- SC – Κέντρο υπηρεσιών

Σχήμα 1.3.2 Βασικό μοντέλο αναφοράς για το GSM δίκτυο.

Ως κριτήρια για την υλοποίηση της διαδικασίας εναλλαγής κυψέλης χρησιμοποιούνται οι τιμές των μεγεθών της λαμβανόμενης έντασης σήματος RSS και η απόσταση ΚΣ-ΣΒ.

Τρεις τύποι HO μπορούν να διακριθούν ανάλογα με την δομή του δικτύου:

- Intra-BSC Handover.
- Inter-BSC Handover.
- Inter-MSC Handover.

Ο κινητός σταθμός μέσω των λογικών καναλιών (BCCH) μίας κυψέλης και των γειτονικών αυτής μετρά την λαμβανόμενη ένταση σήματος (RXLEV) και την στέλνει στον Σ/Β μέσω του SACCH. Όμοια η ποιότητα σήματος εκφράζεται μέσω του RXQUAL που παίρνει τιμές από 0 έως 7 ανάλογα με την εκτίμηση για το εμφανιζόμενο BER. Το BSS (BTS+BSC) αποφασίζει ποίο cell είναι καλύτερο για μια σύνδεση όταν το κινητό είναι απασχολημένο.

Η εκτέλεση αυτή καθ' αυτή του HO είναι ένα σύνολο από πολύπλοκες διαδικασίες που βασίζεται σε μετρήσεις από τον υπόψη Σ/Β των μεγεθών RXLEV, RXQUAL, απόσταση καθώς και της παρεμβολής (μέσω αντίστοιχων τιμών RXLEV και RXQUAL) σε αχρησιμοποίητες χρονοθυρίδες λόγω της λειτουργίας γειτονικών cell.

Για την υλοποίηση του HO χρησιμοποιείται κάποιος αλγόριθμος (π.χ. κατωφλίου, υστέρησης ή συνδυασμός αυτών) που παίρνει την απόφαση για το αν θα γίνει μεταγωγή ή όχι. Για αυτούς του αλγόριθμους θα μιλήσουμε αναλυτικότερα στο κεφάλαιο 2.

1.4 Handover και κυψελωτά συστήματα γενιάς

2.5G/3G/4G.

2.5G:

[2] Το 2.5G ουσιαστικά είναι μια μεταβατική γενιά από την δεύτερη γενιά στην τρίτη γενιά κυψελωτών συστημάτων. Χρησιμοποιώντας το GSM σύστημα για μεταφορά δεδομένων έχουμε μέγιστο rate 9.6 kb/sec. Με την χρήση διαφόρων μεθόδων για πιο γρήγορη μεταφορά δεδομένων φτάνουμε τα 115 kb/sec και 384 kb/sec. Αυτές οι μέθοδοι κάνουν χρήση περισσότερων από ένα κανάλια καταφέροντας έτσι να ανεβάσουν τον ρυθμό των δεδομένων. Έτσι προκύπτουν δίκτυα όπως το GPRS (General Packet Radio

Service) με data rate μέχρι 115 kb/sec και το EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution) με data rate μέχρι 384 kb/sec.

3G:

[6], [16] Δύο διαφορετικές τεχνολογίες έχουν αναπτυχθεί για την τρίτη γενιά κυψελωτών συστημάτων, με τα προκύψαντα πρότυπα και είναι τα CDMA2000 (Code Division Multiple Access) και UMTS (Universal Mobile Telephone System).

Το UMTS αναπτύχθηκε κυρίως για χώρες με υπάρχοντα GSM δίκτυα οι οποίες έχουν συμφωνήσει να ελευθερώσουν καινούργιες συχνότητες για τα UMTS δίκτυα. Το πλεονέκτημα είναι ότι οι νέες συχνότητες δίνουν πιο πολύ χωρητικότητα στο δίκτυο. Η 3GPP προσπάθησε στην ανάπτυξη της τρίτης γενιάς να κρατήσει τον πυρήνα του δικτύου όσο γίνεται πιο κοντά στον πυρήνα του GSM. Το UMTS δεν έχει συμβατότητα προς τα πίσω με το GSM (αλλά τα τηλέφωνα με dual mode θα λύσουν το πρόβλημα αυτό). Το UMTS κάνει χρήση τόσο FDD (Frequency Division Duplex) και TDD (Time Division Duplex) τεχνικών duplexing.

Γενικά σε ένα UMTS δίκτυο μπορούν να προκύψουν διάφοροι τύποι handover όπως:

- Handover 3G-3G (π.χ. UMTS με άλλα 3G συστήματα)
- FDD Soft/Softer handover.
- FDD inter-frequency hard handover.
- FDD/TDD handover (αλλαγή cell).
- TDD/FDD handover (αλλαγή cell).
- TDD/TDD handover.

-Handover 3G-2G (π.χ. handover προς GSM).

-Handover 2G-3G (π.χ. handover από GSM).

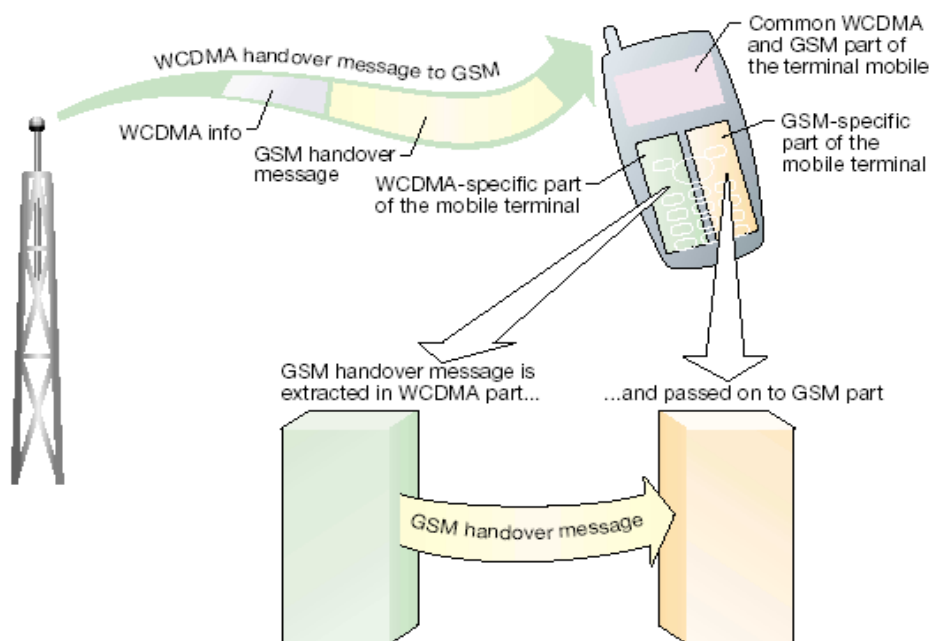
Το CDMA2000 χρησιμοποιεί μόνο μια περιοχή συχνοτήτων και για αυτό χρησιμοποιεί ένα ειδικό σχέδιο handover το λεγόμενο soft HO. Το soft HO είναι μια έξυπνη τεχνολογία και έχει κάποια ορισμένα πλεονεκτήματα σε σχέση με τα συμβατικά σχέδια για HO όπως: καλύτερευση του fade margin, υψηλότερη Uplink χωρητικότητα, ελαχιστοποίηση ή εξάλειψη του φαινομένου ping-pong και hysteresis margin και επιβολή λιγότερων χρονικών περιορισμών στο δίκτυο. Έχει και κάποια μειονεκτήματα, όπως: αύξηση της downlink παρεμβολής, ανάγκη για επιπλέον πόρους δικτύου και πολύπλοκη υλοποίηση.

Handover Μεταξύ WCDMA και GSM.

Μερικές προκλήσεις που πρέπει να ξεπεραστούν για να επιτευχθεί η επικοινωνία μεταξύ WCDMA και GSM είναι οι παρακάτω:

Πρώτον για να γίνει εφικτή η επικοινωνία πρέπει να υπάρχουν κάποιοι περιορισμοί. Για παράδειγμα δεν γίνεται να έχουμε μια κλήση φωνής στο WCDMA καθώς στέλνουμε δεδομένα στο GSM. Για αυτό περιοριστήκαμε στο να μπορούμε να χρησιμοποιούμε μια τεχνολογία κάθε φορά (WCDMA ή GSM).

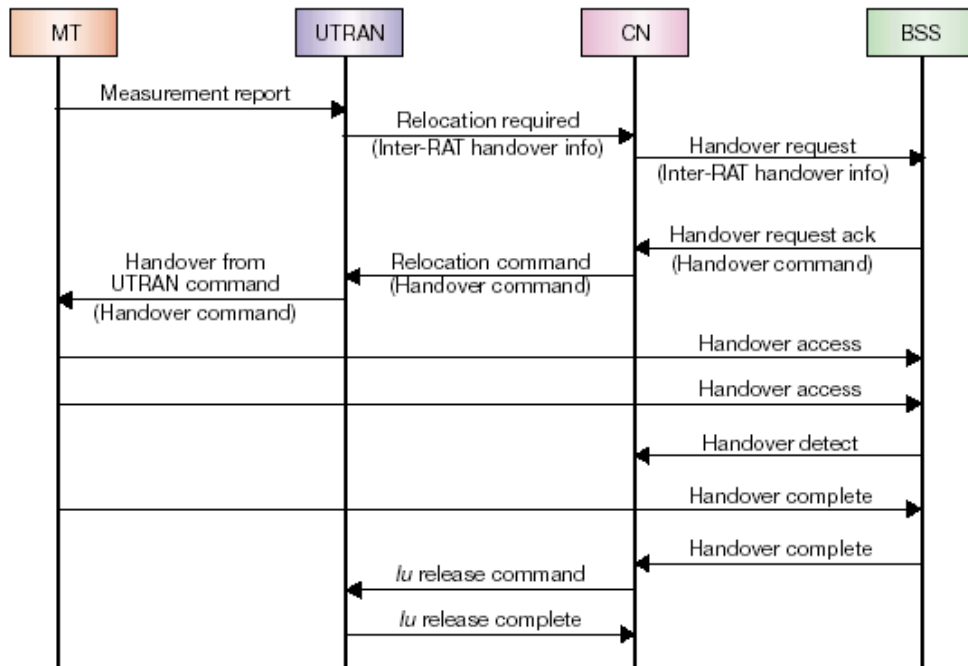
Μια άλλη πρόκληση είναι η ελαχιστοποίηση στις αλλαγές στο υπάρχον δίκτυο GSM. Η λύση είναι να τοποθετεί τα μηνύματα σε δοχεία (Containers) όπως φαίνεται στο σχήμα 1.4.1, όταν το δίκτυο στέλνει ένα μήνυμα στο WCDMA για handover σε GSM, ένα μέρος του μηνύματος περιλαμβάνει και ένα GSM μήνυμα που μοιάζει σαν να είχε σταλθεί σε radio interface GSM. Αυτό το μέρος του μηνύματος αποσπάται στο κινητό και επεξεργάζεται σαν οποιοδήποτε μήνυμα GSM. Η ίδια αρχή ισχύει και για handover από GSM σε WCDMA και όταν οι πληροφορίες περνάνε στους κόμβους του δικτύου.



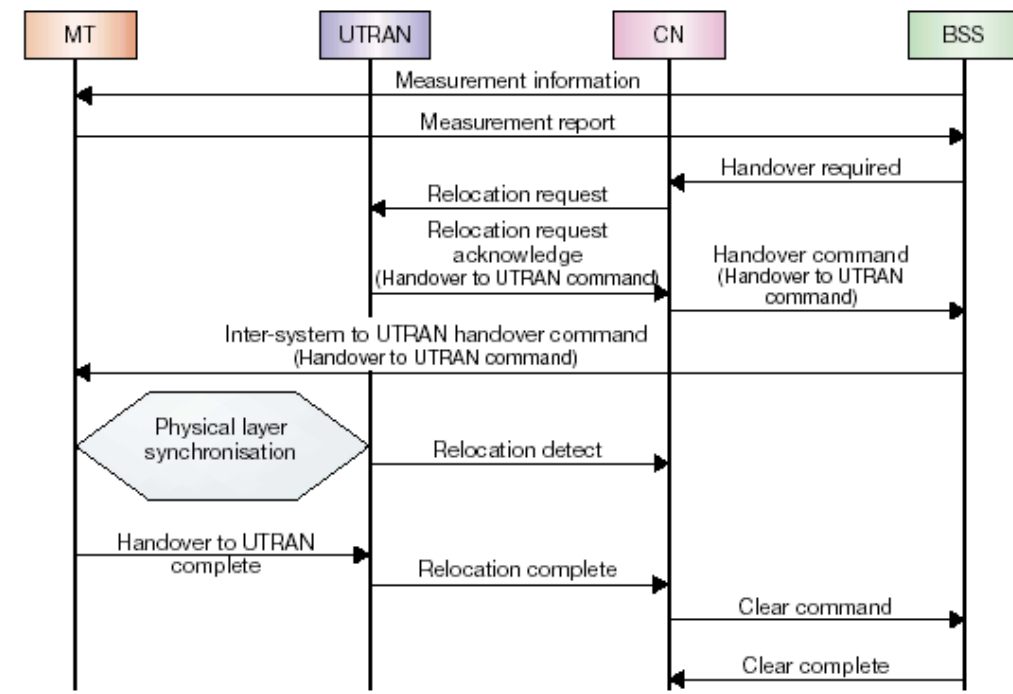
Σχήμα 1.4.1 Μηνύματα Handover

Στα παρακάτω σχήματα βλέπουμε τη διαδικασία του handover μέσω των σημάτων που ανταλλάσσουν ο κινητός σταθμός και ο

σταθμός βάσης από WCDMA σε GSM (σχήμα 1.4.2) και από GSM σε WCDMA (σχήμα 1.4.3).



Σχήμα 1.4.2 WCDMA σε GSM



Σχήμα 1.4.3 GSM σε WCDMA

BSS: Base Station Subsystem

UTRAN: UMTS Terrestrial Radio Access Network
CN: Core Network
MT: Mobile Terminal

4G:

[7] Ερευνητές και βιομηχανίες συμβάλουν στην ανάπτυξη της τέταρτης γενιάς συστημάτων που αναμένεται ότι θα αρχίσουν να λειτουργούν περίπου το 2010. Η ιδέα είναι να έχουμε μια seamless συνχώνευση έτσι ώστε οι συνδρομητές να μπορούν να κινούνται ελεύθερα μεταξύ συστημάτων διαφόρων στάνταρντ. Μια πολυστρωματική δομή προτείνεται για την τέταρτη γενιά. Τα πέντε στρώματα χωρίζονται σε cellular, hot spot, personal network και fixed layer. Το 4G πρέπει να είναι δυναμικό και ευπροσάρμοστο (adaptable) με κάποια νοημοσύνη. Οι προκλήσεις κλειδιά θα είναι: personalization, seamless access, quality of service και intelligent billing. Μια πιο ευέλικτη δομή χρειάζεται για να υποστηρίξει ένα multi-service περιβάλλον.

Αυτό που θα παίξει ζωτικό ρόλο στο 4G δίκτυα είναι το HO μεταξύ μη ομογενών συστημάτων. Στο 4G έχουμε το Vertical HO που συμβαίνει όταν μετακινούμαστε μεταξύ δικτύων με διαφορετική τεχνολογία. Οι πρωτεύοντες τεχνικοί στόχοι για ένα seamless vertical HO είναι η αντιστάθμιση για διάφορες απαιτήσεις (όπως handover latency, power consumption, το wasted bandwidth). Τρεις ερευνητικοί τομείς έχουν αναπτυχθεί για τον τομέα των vertical HO:

- interworking between access networks.
- Ελαχιστοποίηση του handover delay.

- Διατήρηση των παραμέτρων του QOS όσο το δυνατόν πιο κοντά στις τιμές που είχαν πριν από την διεξαγωγή του handover.

Κεφάλαιο 2^ο : ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ HANDOVER.

2.0 Εισαγωγή.

[12] Τα κυψελωτά συστήματα θα πρέπει να έχουν την δυνατότητα να διατηρούν μια κλήση καθώς ο συνδρομητής κινείται μέσα σε μια κυψελωτή περιοχή εξυπηρέτησης. Αυτό επιτυγχάνεται μεταφέροντας τον κινητό σταθμό από ένα σταθμό βάσης ή κανάλι σε άλλο χωρίς επιπτώσεις στην ποιότητα του σήματος. Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 1 το handover γίνεται σε τρία στάδια:

1. Στάδιο της απόφασης (decision stage)
2. Στάδιο του σχεδιασμού (planning stage)

3. Στάδιο της εκτέλεσης (execution stage)

Στο στάδιο της απόφασης χρησιμοποιείται ένας αλγόριθμος που θα κάνει τη μεταγωγή του κινητού σταθμού έτσι ώστε να μην έχουμε απώλειες ή να έχουμε όσο μικρότερες είναι εφικτό. Η αποδοτικότητα του αλγορίθμου φαίνεται χρησιμοποιώντας κάποια performance measurements που ορίζουν το σχετικό QoS (Quality of Service).

Έχουμε τους αλγόριθμους που βασίζονται στην λαμβανόμενη ισχύ RSS (Received Signal Strength) όπως: RSS with threshold (κατώφλι), RSS with hysteresis (υστέρηση), RSS with threshold and hysteresis, Velocity adaptive handover algorithm (αλγόριθμος μεταγωγής βασισμένος στην ταχύτητα), multi-criteria handover algorithm (πολυκριτηριακός αλγόριθμος μεταγωγής), ή κάποιος αλγόριθμος handover βασισμένος στην αναγνώριση προτύπων στον οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί Fuzzy Logic. Υπάρχουν και οι αλγόριθμοι που βασίζονται στην διατήρηση προτεραιότητας (Priority Reservation Handover Algorithm).

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε με περισσότερες λεπτομέρειες σε κάποιους από αυτούς τους αλγόριθμους δίνοντας ταυτόχρονα και κάποια στοιχεία ανάλυσης και τρόπους υλοποίησης αυτών.

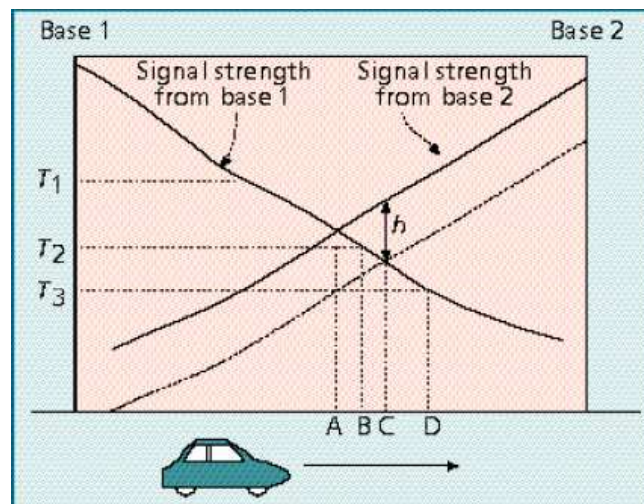
2.1 Αλγόριθμοι βασιζόμενοι στην Λαμβανόμενη ισχύ.

2.1.0 Εισαγωγή.

[12] Στην βέλτιστη περίπτωση περιμένουμε το κινητό να κάνει μεταγωγή από τον ένα σταθμό βάσης (base 1) στον άλλο (base 2) στην μέση της απόστασης των δύο σταθμών (σημείο A στο σχέδιο 2.1.1). Αυτό μπορεί να αποφασιστεί όταν η

λαμβανόμενη ισχύ από τον σταθμό βάσης 2 ξεπερνά την λαμβανόμενη ισχύ του σταθμού βάσης 1. Το σήμα που γίνεται αντιληπτό από τον σταθμό βάσης μειώνεται καθώς το κινητό απομακρύνεται από τον σταθμό βάσης. Όμως η μείωση αυτή ακολουθεί τυχαία κατανομή λόγω του των συνθηκών στο περιβάλλον διάδοσης. Έτσι στο σημείο A η λαμβανόμενη ισχύ από τους δύο σταθμούς ταλαντεύεται και το κινητό κάνει handover μερικές φορές μεταξύ του σταθμού 1 και σταθμού 2. Αυτό ονομάζεται φαινόμενο ping-pong.

Υπάρχουν κάποιες τεχνικές που έχουν προταθεί για την αποφυγή του φαινομένου αυτού και θα τις δούμε παρακάτω.



Σχήμα 2.1.1 Παράδειγμα αλγορίθμου.

2.1.1 Αλγόριθμοι με χρήση κατωφλίου (threshold).

Αν έχουμε εισάγει ένα threshold level στον αλγόριθμο, ο κινητός σταθμός δεν προβαίνει σε handover όσο η λαμβανόμενη ισχύ από τον εξυπηρετούμενο (τρέχοντα) σταθμό βάσης δεν πέσει κάτω από το προκαθορισμένο επίπεδο κατωφλίου (threshold level).

Αυτό σημαίνει ότι το handover θα γίνει στον νέο σταθμό βάσης αν ισχύει η παρακάτω συνθήκη:

$$(RSS_{current} < \text{Threshold}) \text{ and } (RSS_{new} > RSS_{current})$$

όπου :

$RSS_{current}$ είναι η λαμβανόμενη ισχύ από τον τρέχοντα σταθμό βάσης.

RSS_{new} είναι η λαμβανόμενη ισχύ από τον υποψήφιο για μεταγωγή σταθμό βάσης.

Threshold είναι το κατώτατο όριο για την ενεργοποίηση του αλγορίθμου για την απόφαση του handover.

Στο σχήμα 2.1.1 αν χρησιμοποιήσουμε την λαμβανόμενη ισχύ με threshold T_3 dB και το κινητό πάει από το σταθμό 1 στο 2 θα κάνει handover στο σημείο D. Για T_1 dB threshold το handover θα συμβεί στο σημείο A όπου η ισχύ από τον σταθμό 2 είναι μεγαλύτερη από του σταθμού 1. Παρόμοια με T_2 dB threshold θα γίνει handover στο σημείο B.

2.1.2 Αλγόριθμος με υστέρηση (hysteresis).

Μια άλλη τεχνική είναι να εισάγουμε κάποια υστέρηση (hysteresis). Αυτό σημαίνει ότι το κινητό δεν θα κάνει handover αν η λαμβανόμενη ισχύ από τον υποψήφιο για μεταγωγή σταθμό βάσης δεν είναι καλύτερη κατά κάποια προκαθορισμένη τιμή υστέρησης από την λαμβανόμενη ισχύ του τρέχοντα σταθμού βάσης. Αυτό σημαίνει ότι το handover θα εκτελεστεί μόνο όταν:

$$(RSS_{current} < RSS_{new} - \text{hysteresis})$$

όπου :

$RSS_{current}$ είναι η λαμβανόμενη ισχύ από τον τρέχοντα σταθμό βάσης.

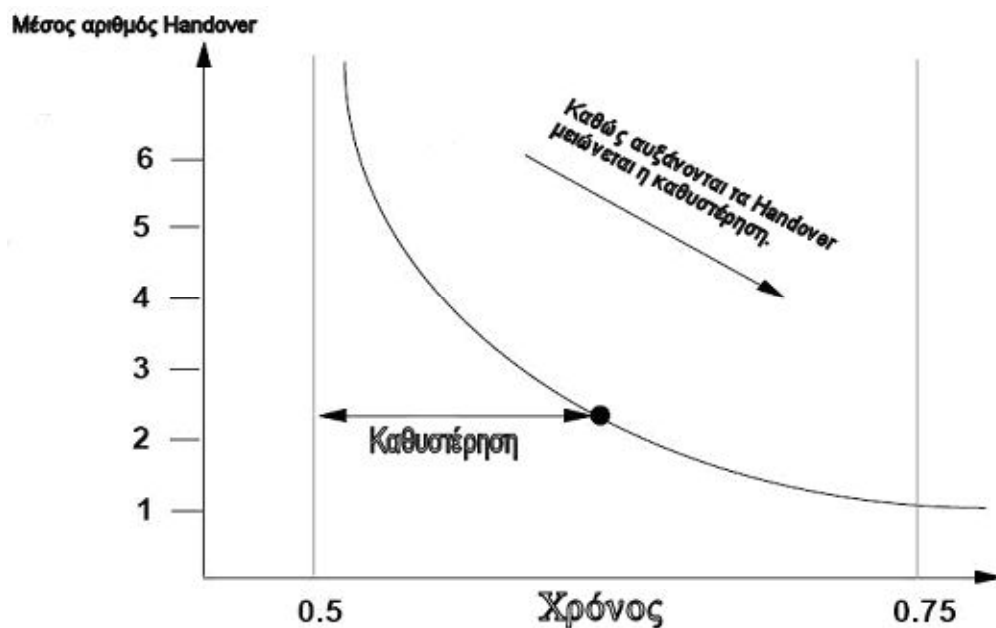
RSS_{new} είναι η λαμβανόμενη ισχύ από τον υποψήφιο για μεταγωγή σταθμό βάσης.

Hysteresis η τιμή που πρέπει να είναι μεγαλύτερη η λαμβανόμενη ισχύ RSS_{new} από την ισχύ $RSS_{current}$.

Στο σχήμα 2.1.1 αν χρησιμοποιήσουμε την λαμβανόμενη ισχύ με h dB hysteresis το κινητό θα κάνει handover από τον σταθμό 1 στον σταθμό 2 στο σημείο C όπου η λαμβανόμενη ισχύ από τον σταθμό 2 είναι καλύτερη από αυτή του σταθμού 1 κατά h dB.

Μπορούμε επίσης να χρησιμοποιήσουμε και συνδυασμό threshold και hysteresis για να έχουμε καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με το φαινόμενο ping-pong. Όμως όποιον αλγόριθμο και να χρησιμοποιήσουμε για την εξάλειψη του φαινομένου εισάγουμε μια καθυστέρηση στην εκτέλεση του handover το οποίο καθυστερεί να γίνει και έχει σαν αποτέλεσμα αυξημένη παρεμβολή

και κατά συνέπεια χαμηλή ποιότητα επικοινωνίας (QoS) όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.1.2.



Σχήμα 2.1.2 Ανταλλαγή καθυστέρησης handover για μειωμένο αριθμό handovers

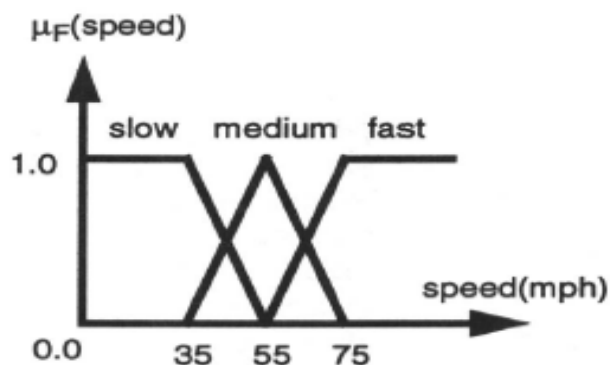
2.2 Αλγόριθμοι βασιζόμενοι σε Fuzzy Logic.

2.2.1 Θεωρία της Fuzzy Logic.

[12] Σε αυτή την ενότητα υπάρχει μια μικρή αναφορά στις βασικές έννοιες της fuzzy λογικής που θα χρησιμοποιηθούν για την περιγραφή fuzzy logic συστημάτων.

Fuzzy Set: Το U ως είναι μια συλλογή από αντικείμενα και λέγεται universe of discourse. Ένα fuzzy set F στο U χαρακτηρίζεται από μια συνάρτηση membership

$\mu_F: U \rightarrow [0,1]$, όπου το $\mu_F(u)$ αντιπροσωπεύει τον βαθμό membership του $u \in U$ στο fuzzy set F . Το σχήμα 2.2.1.1 δείχνει τις συναρτήσεις membership τριών fuzzy sets με τα ονόματα 'slow', 'medium' και 'fast' για την fuzzy μεταβλητή ταχύτητα ενός αυτοκινήτου. Σε αυτό το παράδειγμα το universe of discourse είναι όλες οι πιθανές ταχύτητες του αυτοκινήτου που είναι $U=[0, V_{max}]$, όπου το V_{max} είναι η μέγιστη ταχύτητα του αυτοκινήτου. Για παράδειγμα στην ταχύτητα 45 mph το fuzzy set 'slow' έχει τιμή membership 0.5 δηλαδή $\mu_{slow}(45)=0.5$, το fuzzy set 'medium' έχει τιμή membership 0.5 δηλαδή $\mu_{medium}(45)=0.5$ και το fuzzy set 'fast' έχει τιμή membership 0 δηλαδή $\mu_{fast}(45)=0$.



Σχήμα 2.2.1.1 Συναρτήσεις membership τριών fuzzy sets με τα ονόματα 'slow', 'medium' και 'fast' για την fuzzy μεταβλητή ταχύτητα ενός αυτοκινήτου

Support: Το support (υποστήριξη) ενός fuzzy set είναι το crisp set όλων των σημείων $u \in U$ έτσι ώστε $\mu_F(u) > 0$.

Center: Το center (κέντρο) ενός fuzzy set είναι τα σημεία $u \in U$ στα οποία το $\mu_F(u)$ πετυχαίνει την μέγιστη τιμή του.

Fuzzy Singleton: Αν το support (υποστήριξη) ενός fuzzy set είναι ένα μόνο σημείο στο U στο οποίο $\mu_F=1$ τότε το F λέγεται fuzzy singleton.

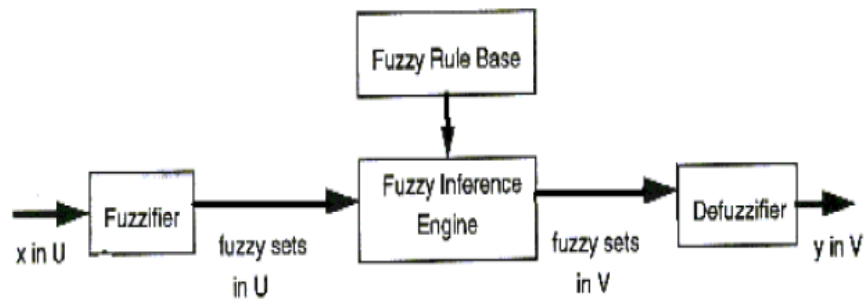
Intersection and Union: Αν A και B είναι δύο fuzzy sets στο U , η τομή (intersection) $A \cap B$ του A και B είναι ένα fuzzy set στο U με συνάρτηση membership καθορισμένη για όλα τα $u \in U$ από τη σχέση

$$\mu_{A \cap B}(u) = \min\{\mu_A(u), \mu_B(u)\}$$

Η ένωση (Union) $A \cup B$ του A και B είναι ένα fuzzy set στο U με συνάρτηση membership καθορισμένη για όλα τα $u \in U$ από τη σχέση

$$\mu_{A \cup B}(u) = \max\{\mu_A(u), \mu_B(u)\}$$

Ένα σύστημα fuzzy logic σχετίζεται άμεσα με τις έννοιες fuzzy (όπως fuzzy sets, linguistic variables κ.α.) και την fuzzy λογική. Τα πιο διάσημα συστήματα fuzzy λογικής κατατάσσονται σε τρεις τύπους: pure fuzzy logic συστήματα, Takagi και Sugeno's fuzzy σύστημα και συστήματα fuzzy λογικής με fuzzifier και defuzzifier. Ακολουθεί μια μικρή περιγραφή συστημάτων με fuzzifier και defuzzifier. Η βασική δομή αυτών των συστημάτων φαίνεται στο σχήμα 2.2.1.2.



Σχήμα 2.2.1.2 Βασική δομή συστημάτων με fuzzifier και defuzzifier.

Fuzzy Rule Base: Μια βάση κανόνων fuzzy αποτελείται από μια συλλογή fuzzy IF-THEN κανόνων με την παρακάτω μορφή:

$R^{(1)}$: IF x_1 is F_1^1 and ... and x_n is F_n^1 , then y is G^1 (Σχέση 2.2.1.1)

Όπου:

F_i^1 και G^1 είναι fuzzy sets στο $U_i \subset R$ και $V \subset R$ αντίστοιχα, $x_i \in U_i$ και $y \in V$ είναι linguistic variables.

Αν M είναι ο αριθμός fuzzy IF-THEN κανόνων στην σχέση 2.2.1.1 στην βάση κανόνων fuzzy αυτό είναι, $i=1,2,\dots,M$ στην 2.2.1.1. Το x_i και y είναι η είσοδος και η έξοδος του συστήματος fuzzy logic αντίστοιχα.

Fuzzy inference Engine: Σε μια Fuzzy inference Engine (μηχανή συμπερασμάτων fuzzy), χρησιμοποιούνται οι αρχές της fuzzy λογικής για να συνδυάσουν τους κανόνες fuzzy IF-THEN στην βάση κανόνων fuzzy για μια χαρτογράφηση από fuzzy sets στο $U=U_1 \times \dots \times U_n$ σε fuzzy sets στο V . Κάθε κανόνας fuzzy IF-THEN στην 2.2.1.1 καθορίζει ένα fuzzy set στο V .

Fuzzifier: Ο Fuzzifier πραγματοποιεί μια χαρτογράφηση από crisp σημεία $\underline{x}=(x_1, \dots, x_n) \in U$ σε ένα fuzzy set A^1 στο U .

Defuzzifier: Ο defuzzifier πραγματοποιεί μια χαρτογράφηση από fuzzy sets στο V σε ένα crisp σημείο $y \in V$. Μια πιθανή επιλογή χαρτογράφησης είναι το μέσο κέντρο του defuzzifier που καθορίζεται από την σχέση 2.2.1.2:

$$y = \frac{\sum_{l=1}^M \bar{y}^l (\mu_{B'}(\bar{y}^l))}{\sum_{l=1}^M (\mu_{B'}(\bar{y}^l))} \quad (\text{Σχέση 2.2.1.2})$$

Στην σχέση 2.2.1.2 το \bar{y}^l είναι το κέντρο του fuzzy set G^1 , που είναι το σημείο V στο οποίο το $\mu_{G^1}(y)$ πετυχαίνει την μέγιστη τιμή.

2.2.2 Αλγόριθμοι βασισμένοι σε Fuzzy Logic.

Παρακάτω θα δούμε ένα παράδειγμα αλγορίθμου που υλοποιείται με fuzzy logic. Ο αλγόριθμος του παραδείγματος είναι ένας πολύκριτηριακός αλγόριθμος για την απόφαση handover (Multi-criteria Handover Decision Algorithm). Στο σχήμα 2.2.2.1 βλέπουμε το μπλοκ διάγραμμα του αλγορίθμου και παρακάτω ακολουθεί μια επεξήγηση των στοιχείων του αλγορίθμου αυτού.

Το PV_c είναι ένας πίνακας τεσσάρων διαστάσεων για το τρέχον σημείο πρόσβασης

$$PV_c = [RSS_c; SCU_c; \Delta\theta_c; \Delta V_c]$$

Και PV_N είναι ένας πίνακας τεσσάρων διαστάσεων για το υποψήφιο σημείο πρόσβασης

$$PV_N = [RSS_N; SCU_N; \Delta\theta_N; \Delta V_N]$$

Όπου:

RSS_C : Λαμβανόμενη ισχύ από το τρέχον σημείο πρόσβασης.

RSS_N : Λαμβανόμενη ισχύ από το υποψήφιο σημείο πρόσβασης.

SCU_C : Χρησιμοποιημένη soft χωρητικότητα του τρέχοντος σημείου πρόσβασης.

SCU_N : Χρησιμοποιημένη soft χωρητικότητα του υποψήφιου σημείου πρόσβασης.

$\Delta\theta_C$: Διαφορά κατεύθυνσης μεταξύ κινητού (MPR) και τρέχοντος σημείου πρόσβασης (APC)

$$\Delta\theta_C = | \text{Direction}_{MPR} - \text{Direction}_{APC} |$$

$$\text{If } (\Delta\theta_C > 180) \text{ then } (\Delta\theta_C = 360 - \Delta\theta_C)$$

$\Delta\theta_N$: Διαφορά κατεύθυνσης μεταξύ κινητού (MPR) και του υποψήφιου σημείου πρόσβασης (APN)

$$\Delta\theta_N = | \text{Direction}_{MPR} - \text{Direction}_{APN} |$$

$$\text{If } (\Delta\theta_N > 180) \text{ then } (\Delta\theta_N = 360 - \Delta\theta_N)$$

ΔV_C : Διαφορά ταχύτητας μεταξύ κινητού (MPR) και τρέχοντος σημείου πρόσβασης

$$\Delta V_C = | \text{Speed}_{APC} - \text{Speed}_{MPR} |$$

ΔV_N : Διαφορά ταχύτητας μεταξύ κινητού (MPR) και του υποψήφιου σημείου πρόσβασης.

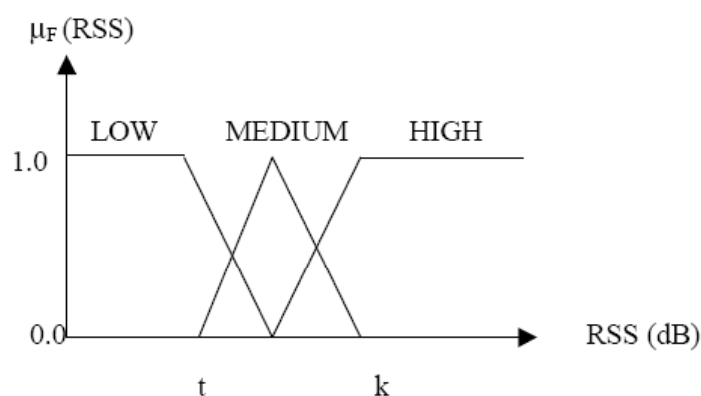
$$\Delta V_N = | \text{Speed}_{APN} - \text{Speed}_{MPR} |$$

Το RSS, SCU, $\Delta\theta$, ΔV είναι είσοδοι σε ένα fuzzifier που λειτουργεί στο κινητό. Σκοπός του fuzzifier είναι να χαρτογραφήσει τα στοιχεία σε fuzzy μεταβλητές που έχουν τρία fuzzy sets LOW(L), MEDIUM(M), HIGH(H). Έτσι ώστε κάθε στοιχείο του πίνακα εισόδου P_i να χαρτογραφηθεί με μια fuzzy μεταβλητή PF_i .

Η πρώτη μεταβλητή του πίνακα είναι το RSS_C αυτή η τιμή είναι η P_1 που χαρτογραφείται με μια fuzzy μεταβλητή PF_1 από τον fuzzifier.

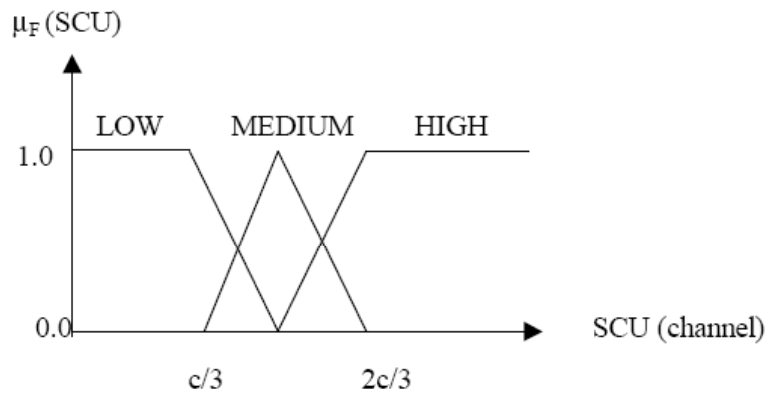
Σύμφωνα με την μέγιστη ισχύ εκπομπής του σημείου πρόσβασης και των παραμέτρων διάδοσης στο χώρο η εμβέλεια του σημείου πρόσβασης είναι d μέτρα. Η μέση ισχύς σε απόσταση $2d/3$ από ένα σημείο πρόσβασης είναι k dB και η μέση ισχύς σε απόσταση $d/3$ από το σημείο πρόσβασης είναι t dB.

Το σχήμα 2.2.2.1 δείχνει την συνάρτηση membership του P_1 .



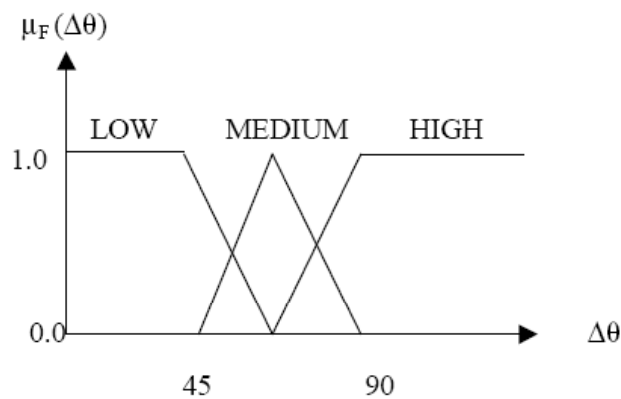
Σχήμα 2.2.2.1 Συνάρτηση membership των τριών fuzzy sets για το RSS.

Αν υποθέσουμε c κανάλια soft χωρητικότητας τότε το σχήμα 2.2.2.2 δείχνει την συνάρτηση membership του P_2 .



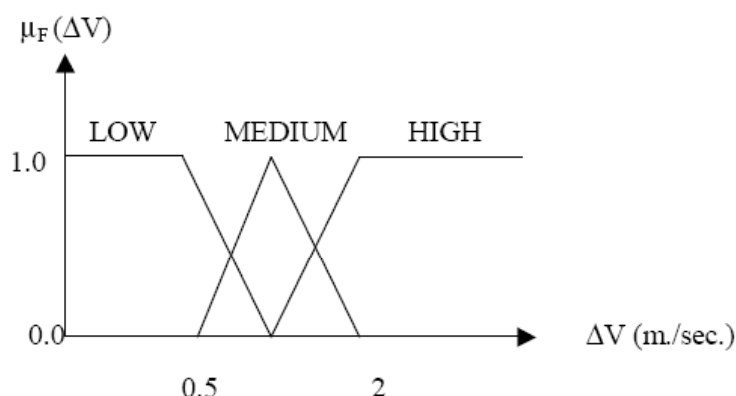
Σχήμα 2.2.2.2 Συνάρτηση membership των τριών fuzzy sets για το SCU.

Η διαφορά κατεύθυνσης $\Delta\theta$ παίρνει τιμές από 0 έως 180 και το σχήμα 2.2.2.3 δείχνει την συνάρτηση membership του P_3 .



Σχήμα 2.2.2.3 Συνάρτηση membership των τριών fuzzy sets για το $\Delta\theta$.

Η διαφορά ταχύτητας ΔV είναι το τέταρτο στοιχείο του πίνακα P_4 και το σχήμα 2.2.2.4 δείχνει την συνάρτηση membership



Σχήμα 2.2.2.4 Συνάρτηση membership των τριών fuzzy sets για το ΔV .

Τώρα έχουμε τον τεσσάρων διαστάσεων fuzzy pattern vector σαν είσοδο στην fuzzy μηχανή συμπεράσματος

$$PV_F = [PF_1, PF_2, PF_3, PF_4]$$

Πρέπει να λάβουμε κανόνες για την βάση κανόνων fuzzy. Οι κανόνες είναι ταξινομημένοι σε μια από τις εννέα κατηγορίες. Έτσι η κατηγορία κάθε κανόνα είναι μια αξία μεταξύ ένα και εννέα και δίνει τον βαθμό membership για ένα κινητό στο σημείο πρόσβασης. Για παράδειγμα η αξία "ένα" είναι ο χαμηλότερος βαθμός και αυτό σημαίνει ότι ένα πιθανό handover θα συμβεί σε ένα άλλο σημείο πρόσβασης. Η αξία "εννέα" είναι ο υψηλότερος βαθμός και το κινητό δεν πρόκειται να κάνει handover σε άλλο σημείο πρόσβασης. Δεδομένου ότι υπάρχουν τέσσερις fuzzy μεταβλητές και τρία fuzzy sets έχουμε στο σύνολο $3^4=81$ κανόνες. Το σχήμα 2.2.2.5 δείχνει παραδείγματα κανόνων στην βάση κανόνων fuzzy

<p>Rule 1: If P_1 is L and P_2 is H and P_3 is H and P_4 is H then output is 1</p> <p>Rule 2: If P_1 is L and P_2 is M and P_3 is H and P_4 is H then output is 2</p> <p>·</p> <p>·</p> <p>·</p> <p>Rule 81: If P_1 is H and P_2 is L and P_3 is L and P_4 is L then output is 9</p>

Σχήμα 2.2.2.5 Κανόνες στην βάση κανόνων fuzzy.

Στον πρώτο κανόνα έχουμε Low RSS, High SCU, High $\Delta\theta$, High ΔV δηλαδή κάθε στοιχείο ψηφίζει άσχημα για το σημείο πρόσβασης με βαθμό 4 BAD άρα πιθανό να κάνει handover σε άλλο σημείο πρόσβασης.

Παρόμοια στο κανόνα 81 έχουμε High, Low, Low, Low δηλαδή κάθε στοιχείο ψηφίζει καλά για το σημείο πρόσβασης με βαθμό 4 GOOD. Στον παρακάτω σχήμα 2.2.2.6 βλέπουμε τις αντιστοιχίες μεταξύ των ψηφοφοριών των στοιχείων του πίνακα εισόδου και των βαθμό του κανόνα.

Agreement	rule class	Agreement	rule class
4 BAD	1	1 GOOD	6
3 BAD	2	2 GOOD	7
2 BAD	3	3 GOOD	8
1 BAD	4	4 GOOD	9
DRAW	5		

Σχήμα 2.2.2.6 Αντιστοιχίες μεταξύ των ψηφοφοριών των στοιχείων του πίνακα εισόδου και τον βαθμό του κανόνα.

Χρησιμοποιήθηκε ο κανόνας προϊόν-συμπέρασμα στη μηχανή συμπεράσματος fuzzy λόγω της απλότητάς της εφαρμογή. Ως εκ τούτου, η συμβολή κάθε κανόνα στη βάση κανόνα fuzzy δίνεται από την εξίσωση:

$$\text{Contribution of each rule} = \prod_{i=1}^4 \mu_{F_i}(P_i)$$

όπου,

$\mu_{F_i}(P_i)$ είναι η αξία membership του P_i στο fuzzy set F_i και αποκτήθηκε από τα σχήματα 2.2.2.1 – 2.2.2.4 για P_1 έως P_4 .

Έχουμε 81 κανόνες και χρησιμοποιούμε μέσο κεντρικό defuzzifier, συνεπώς η έξοδος του defuzzifier δίνεται από την εξίσωση:

$$\text{Membership value of the access point} = \frac{\sum_{i=1}^{81} y^i \left(\prod_{i=1}^4 \mu_{F_i}(P_i) \right)}{\sum_{i=1}^{81} \left(\prod_{i=1}^4 \mu_{F_i}(P_i) \right)}$$

όπου y^i είναι η έξοδος του 1^{ου} κανόνα

Εάν η τιμή membership στο τρέχον σημείο πρόσβασης πέσει κάτω από το threshold membership και το υποψήφιο σημείο πρόσβασης έχει καλύτερη τιμή υστέρησης membership, τότε το σημείο αυτό είναι υποψήφιο σημείο πρόσβασης για handover

Handover στο σημείο πρόσβασης i (AP_i) if ($M_C < M_{\text{threshold}}$) AND
 $(M_{Ni} - M_{\text{hysteresis}} > M_C)$

Όπου:

M_c : Τιμή Membership τρέχοντος σημείου πρόσβασης.

$M_{threshold}$: Τιμή threshold Membership.

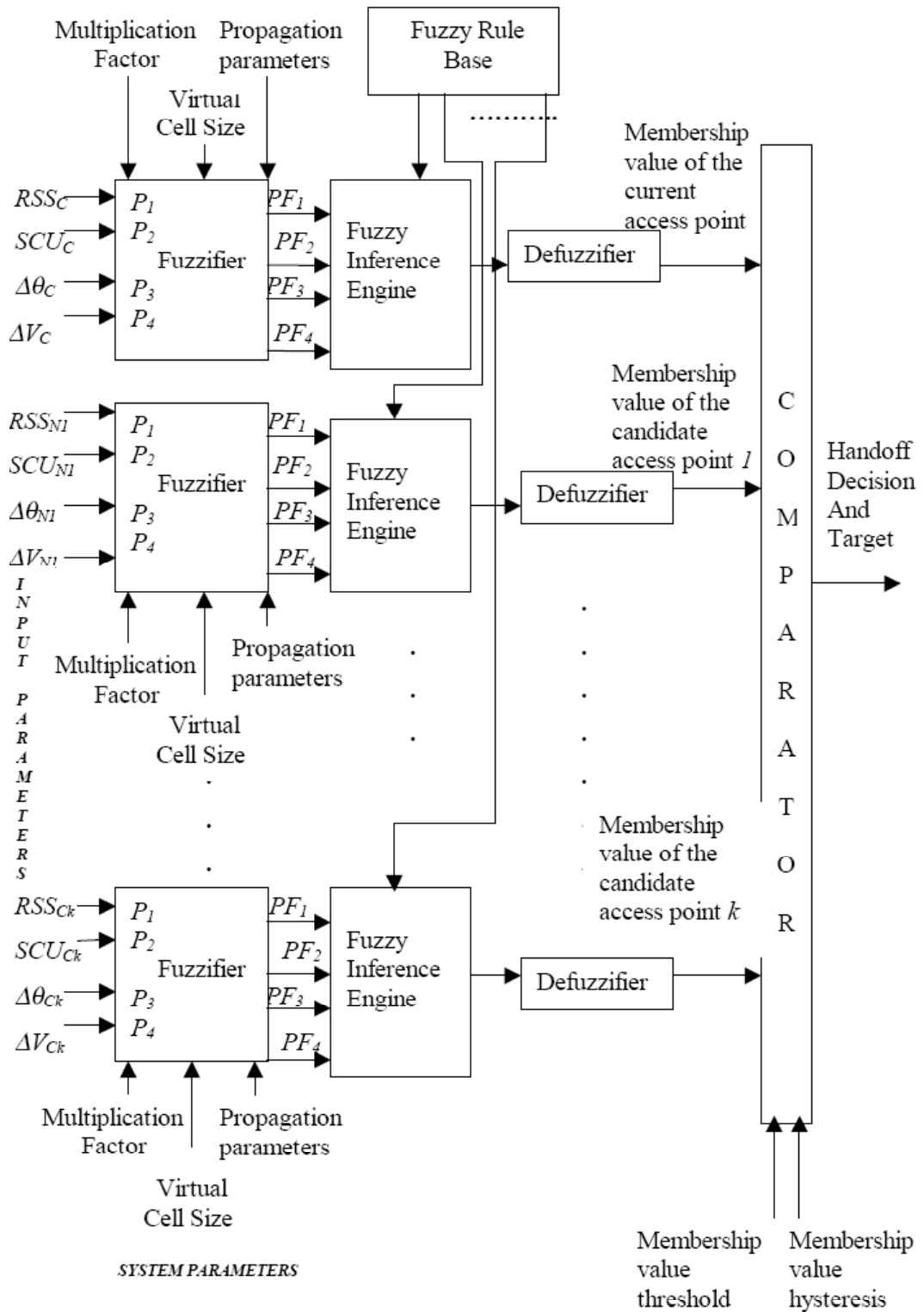
$M_{hysteresis}$: Τιμή hysteresis Membership.

M_{ni} : Τιμή του σημείου πρόσβασης i Membership (AP_i).

$i \in [1, \text{αριθμός σημείων πρόσβασης όπου ο κινητός σταθμός είναι στην εμβέλειά τους}]$.

$AP_i \in SoA$ και το κινητό έχει τη μεγαλύτερη τιμή membership AP_i μεταξύ του συνόλου των υποψήφιων σημείων πρόσβασης SoA .

Βάσει της ανάλυσης που προηγήθηκε η υλοποίηση του όλου συστήματος απόφασης για handover με χρήση fuzzy logic εμφανίζεται στο σχήμα 2.2.2.7

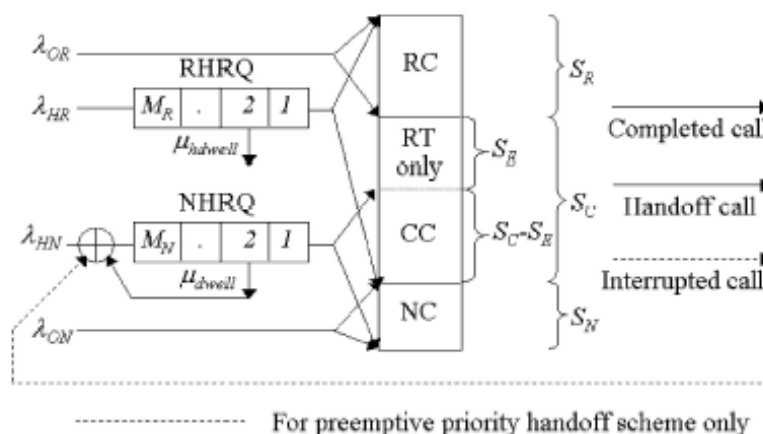


Σχήμα 2.2.2.7 Block διάγραμμα του συστήματος για την απόφαση για handover.

2.3 Αλγόριθμος Handover βασισμένος στην διατήρηση προτεραιότητας (Priority reservation handover algorithm).

[17] Ο πιο απλός τρόπος για την διατήρηση προτεραιότητας σε αιτήματα handover είναι να κρατηθεί συγκεκριμένος αριθμός καναλιών για τα αιτήματα αυτά. Τα κανάλια αυτά λέγονται guard channels και είναι η CC ομάδα, όπως θα δούμε παρακάτω. Επίσης χρησιμοποιούνται queue lines FIFO (First In First Out) για να τοποθετούνται τα αιτήματα για handover εκεί.

Σε αυτόν τον αλγόριθμο χρησιμοποιούνται δύο queue lines μία για τις Real time υπηρεσίες (π.χ. τηλεφωνικές κλήσεις) και μία για τις Non Real time υπηρεσίες (π.χ. δεδομένα) Το μοντέλο του συστήματος στην υπόψη κυψέλη φαίνεται στο σχήμα 2.3.1



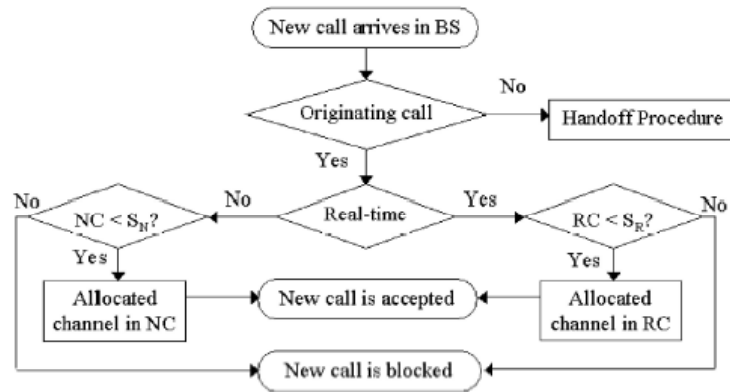
Σχήμα 2.3.1 Μοντέλο συστήματος στην υπόψη κυψέλη.

Ο συνολικός αριθμός καναλιών S χωρίζεται σε τρεις ομάδες:

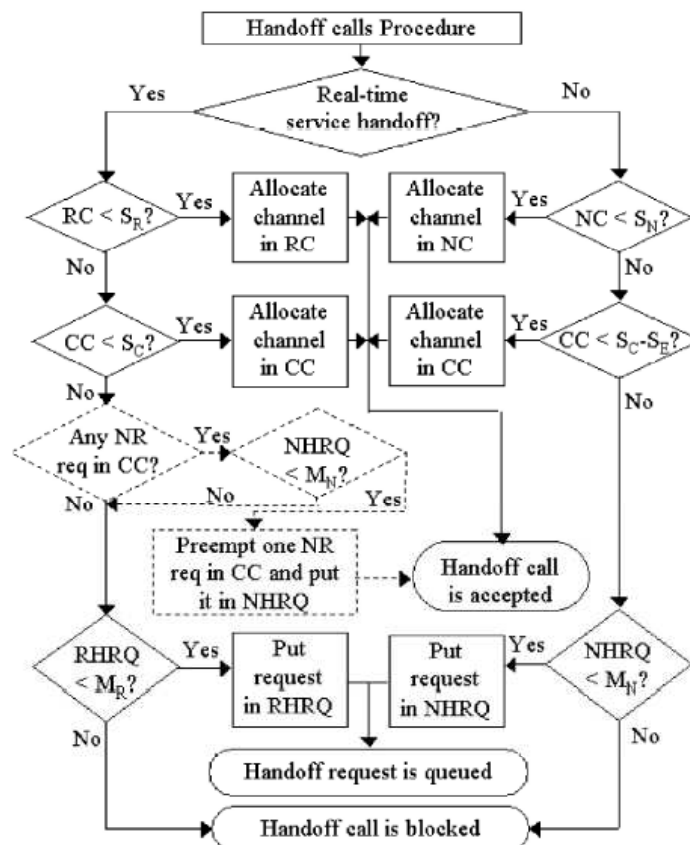
- 1.** Ομάδα καναλιών Real-time RC με χωρητικότητα S_R . Εδώ τοποθετούνται οι Real-time originating κλήσεις με ρυθμό άφιξης λ_{OR} και οι αιτήσεις handover για κλήσεις με ρυθμό άφιξης λ_{HR} .
- 2.** Ομάδα κοινών καναλιών Handover CC με χωρητικότητα S_C . Εδώ τοποθετούνται οι αιτήσεις handover που υπερχειλίζουν(overflow) στα κανάλια RC και NC. Το S_E είναι αποκλειστικά για τις Real-time αιτήσεις handover.
- 3.** Ομάδα καναλιών Non-real-time NC με χωρητικότητα S_N . Εδώ τοποθετούνται οι Non-real-time originating κλήσεις με ρυθμό άφιξης λ_{ON} και οι αιτήσεις για handover data υπηρεσιών με ρυθμό άφιξης λ_{HN} .

Έχουμε δύο queue lines, την RHRQ (Real-time Handover Request Queue) για τις Real-time αιτήσεις handover και την NHRQ(Non-real-time Handover Request Queue) για τις Non-real-time αιτήσεις handover. Τα queue lines έχουν χωρητικότητα M_R για την RHRQ και M_N για την NHRQ. Ο μέγιστος χρόνος αναμονής της αίτησης στο RHRQ είναι ο dwell time μιας real-time υπηρεσίας στην περιοχή handover του cell αναφοράς. Ο μέγιστος χρόνος αναμονής της αίτησης στην NHRQ είναι ο dwell time μιας non-real-time υπηρεσίας στο cell αναφοράς.

Στα σχήματα 2.3.2 και 2.3.3 βλέπουμε, αντίστοιχα, τα διαγράμματα ροής για την διαχείριση των originating κλήσεων και την διαχείριση των αιτήσεων handover.



Σχήμα 2.3.2 Διάγραμμα ροής για την διαχείριση των originating κλήσεων.



Σχήμα 2.3.3 Διάγραμμα ροής για την διαχείριση των αιτήσεων handover.

Το μοντέλο κίνησης (Traffic Model) αποτελείται από τρία χαρακτηριστικά:

1. call arrival process (διαδικασία άφιξης κλήσεων).
2. call holding time (χρόνος κράτησης κλήσεων).
3. cell dwell time (dwell χρόνος κελιού).

Για την διαδικασία άφιξης κλήσεων μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε poisson κατανομή. Για το call holding time και το cell dwell time χρησιμοποιούμε εκθετική κατανομή (exponential) βασισμένη στην κινητικότητα του χρήστη και το μέγεθος της κυψέλης.

Ο ρυθμός μ_{dwell} ενός κινητού στο cell δίνεται από τον τύπο:

$$\mu_{\text{dwell}} = E[V]L/(\pi A),$$

όπου $E[V]$ η μέση ταχύτητα του κινητού, L είναι η περίμετρος ενός κελιού με κυκλικό σχήμα και A είναι το εμβαδόν αυτού. Υποθέτοντας ότι ο μέσος χρόνος cell dwell ακολουθεί εκθετική κατανομή με μέσο $1/\mu_{\text{dwell}}$ ο μέσος χρόνος cell dwell είναι:

$$E[T_{\text{dwell}}] = \pi A/(E[V]L)$$

Ο handover area dwell time ακολουθεί εκθετική κατανομή με μέσο:

$$E[T_h] = 1/\mu_{\text{hdwell}} = E[D]/E[V],$$

όπου $E[D]$ η μέση απόσταση στην handover περιοχή.

Ο call holding time T_{CR} και T_{CN} των real-time και non-real-time υπηρεσιών ακολουθούν εκθετική κατανομή με μέσο $1/\mu_{\text{CR}}$

και $1/\mu_{CN}$, αντίστοιχα. Άρα ο channel holding time T_R και T_N μίας κλήσης είναι ίσος με την ελάχιστη τιμή του T_{dwell} και T_{CR} ή T_{CN} .

Έχουμε, λοιπόν:

$$E[T_R] = 1/\mu_R = 1/(\mu_{CR} + \mu_{dwell})$$

$$E[T_N] = 1/\mu_N = 1/(\mu_{CN} + \mu_{dwell})$$

Με τους channel holding time, T_R και T_N να ακολουθούν εκθετική κατανομή με μέση τιμή $E[T_R]$ και $E[T_N]$, αντίστοιχα.

Κεφάλαιο 3^ο : ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ HANDOVER ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ

3.1 Εργαλεία για ανάλυση και αξιολόγηση αλγορίθμων handover.

Διάφορα εργαλεία έχουν χρησιμοποιηθεί για την προσομοίωση αλγορίθμων handover, όπως προκύπτει από τη σχετική βιβλιογραφία. Στα εργαλεία αυτά λογισμικού συμπεριλαμβάνονται τα ακόλουθα:

Matlab (Simulink+Stateflow):

[9] Το MathWorks System είναι ένα ολοκληρωμένο πακέτο για την ανάλυση συστημάτων και αλγορίθμων. Ειδικότερα μέσω των Matlab, Simulink και Stateflow θα προβούμε στην προσομοίωση για τον αλγόριθμο της ενότητας 2.3. Μια μικρή αναφορά για τις ικανότητες του λογισμικού:

Matlab: Ένα υψηλού αποδόσεως τεχνικό περιβάλλον για την ανάπτυξη αλγορίθμων, ανάλυση δεδομένων και γραφικών.

Simulink: Ένα γραφικό περιβάλλον προσομοίωσης για τον σχεδιασμό του συστήματος και την μοντελοποίηση ψηφιακών, αναλογικών και μεικτών σημάτων και συστημάτων.

Stateflow: Ένα γραφικό περιβάλλον για τον σχεδιασμό και την προσομοίωση συστημάτων που ελέγχονται από γεγονότα (event-driven), πρωτοκόλλων και συστημάτων με κάποια λογική ελέγχου (control logic).

OPNET

[5] Το OPNET είναι ένα εμπορικό εργαλείο για την προσομοίωση και τον σχεδιασμό μοντέλων και χρησιμοποιείται για να προσομοιώσει συνήθως δίκτυα υπολογιστών. Έρχεται με ένα μεγάλο αριθμό από έτοιμα μοντέλα για terminals, routers, servers, κ.α. Χρησιμοποιώντας αυτά τα μοντέλα μπορούν να προσομοιωθούν σχεδόν όλα τα δίκτυα και να αναλυθεί οποιοδήποτε πρωτόκολλο. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι ότι και νέα πρωτόκολλα μπορούν εύκολα να αναπτυχθούν χρησιμοποιώντας την λογική για σχεδιασμό finite-state που παρέχεται από το OPNET. Το OPNET παρέχει μια ιεραρχία τριών επιπέδων. Το υψηλότερο επίπεδο αναφέρεται σαν network domain και επιτρέπει τον καθορισμό της τοπολογίας του δικτύου χρησιμοποιώντας κάποια στάνταρ μοντέλα όπως το ETHERNET και τύπου STAR δίκτυα. Το δεύτερο επίπεδο αναφέρεται σαν node domain και επιτρέπει τον ορισμό της αρχιτεκτονικής των κόμβων του δικτύου. Αυτό καθορίζει τις ενεργές διεργασίες σε ένα κόμβο και την αλληλεπίδραση μεταξύ των κόμβων. Τα τρίτο επίπεδο καλείται process domain, και καθορίζει ένα FSM (Finite State Machine) για κάθε διεργασία μέσα στον κόμβο. Το FSM αποτελείται από δυναμικές και στατικές καταστάσεις. Κάθε κατάσταση έχει και μία διαδικασία που εκτελείται κάθε φορά που μπαίνουμε ή βγαίνουμε από την κατάσταση της διεργασίας. Μια διεργασία μπορεί να παραμείνει σε στατική κατάσταση και να περιμένει ένα γεγονός να

συμβεί. Αλλά δεν μπορεί να παραμείνει σε δυναμική κατάσταση. Η διεργασία πρέπει να μεταβεί σε μια στατική κατάσταση μετά από την εκτέλεση μίας 'Enter' και/ή 'Exit' διαδικασίας. Αυτό είναι ένα σπάνιο χαρακτηριστικό του FSM.

SDL

[8] Χρησιμοποιώντας το SDL (Specification and Description Language, ITU-recommendation Z.100) η δημιουργία και η προσομοίωση επικοινωνιακών πρωτοκόλλων είναι απλή και αποδοτική. Σε συγκεκριμένα πολύπλοκα πρωτόκολλα οι ακολουθίες μπορούν να προγραμματιστούν σαφώς χρησιμοποιώντας το SDL. Το ταυτόχρονο του σχεδιασμού μεγάλων συστημάτων με αρκετούς σχεδιαστές γίνεται σημαντικά απλοποιημένο, εξαιτίας του interface γραφικής απεικόνισης του SDL. Οι διεργασίες επικοινωνούν με σήματα, συνεπώς το interface μπορεί να καθοριστεί με σαφήνεια. Ο κώδικας C που παράγει το SDL πρέπει ή να εισαχθεί σε άλλα εργαλεία προσομοίωσης ή το μοντέλο καναλιού πρέπει να ενσωματωθεί μέσα στο περιβάλλον του SDL.

Για την συγκεκριμένη προσομοίωση χρησιμοποιήθηκε το περιβάλλον Matlab (Simulink, Stateflow), λόγω της απλότητας και χρηστικότητας που διαθέτει στην προσομοίωση αλγορίθμων σε επίπεδο σημάτων (signal layer σε ένα δίκτυο).

3.2 Μέτρα αξιολόγησης (Performance measurements) αλγορίθμων handover.

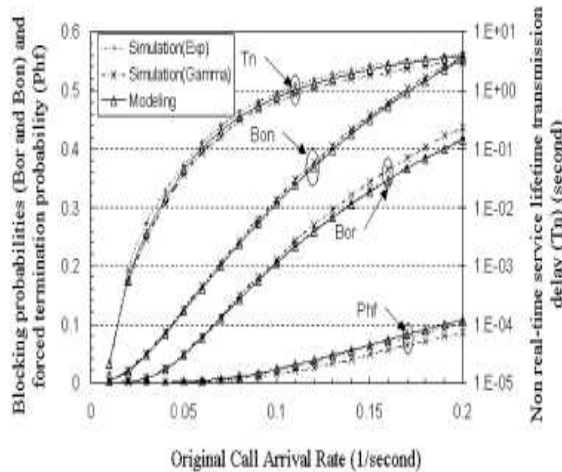
[3], [4], [17] Ακολουθούν συγκεντρωτικά διάφορα performance measurements που έχουν καταγραφεί από διάφορες εργασίες, και σχετίζονται με αλγόριθμους για handover:

- Call Blocking probability – New call attempt that is blocked. (Πιθανότητα μπλοκαρίσματος κλήσης – Νέα προσπάθεια κλήσης που μπλοκάρεται).
- Handover Blocking probability – Attempts for Handover that are blocked. (Πιθανότητα μπλοκαρίσματος Handover – Προσπάθειες για Handover που μπλοκάρονται).
- Probability of call dropping – Calls that drop because of handover failure. (Πιθανότητα διακοπής της κλήσης – Κλήσεις που διακόπηκαν λόγω αποτυχημένου Handover).
- Probability of unwanted Handover – Handover starts when the connection was still good. (Πιθανότητα ανεπιθύμητων Handover – Εκκινήσεις Handover όταν η σύνδεση ήταν ακόμα καλή).
- Rate Handover – Number of Handover per time unit. (Αριθμός Handover ανά μονάδα χρόνου).
- Interruption delay – Loss of communication With any Base Station. (Διάρκεια διακοπής – Απώλεια επικοινωνίας με οποιοδήποτε Σ/Β).
- Delay – Distance that moved the mobile before the Handover occurs. (Καθυστέρηση – Απόσταση που μετακινήθηκε ο ΚΣ πριν συμβεί το Handover).
- Handovers – Call Duration and velocity. (Handovers – Διάρκεια κλήσης και ταχύτητα).
- Rxlevel or Rxquality – Distance. (Rxlevel ή Rxquality – Απόσταση).
- Blocking probability and failure Handover – Total traffic Load. (Πιθανότητα μπλοκαρίσματος και αποτυχημένου Handover – Συνολική κίνηση).
- GoS (Grade of Service) – Total traffic Load. (GoS – Συνολική κίνηση).

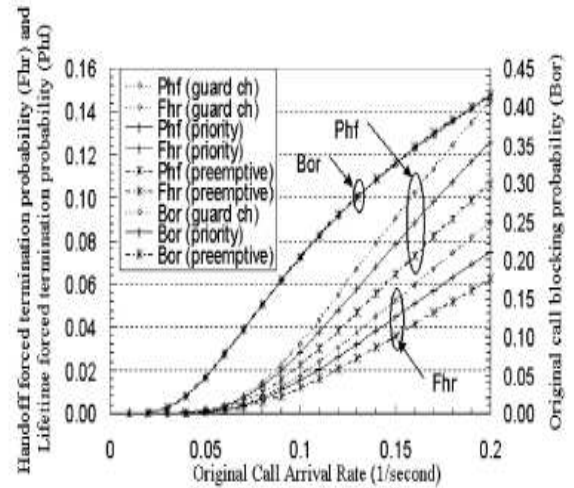
Στα ανωτέρω χρησιμοποιείται το σύμβολο “-” που διαβάζεται “ως προς”

3.3 Ανάλυση απόδοσης priority reservation handover αλγόριθμου.

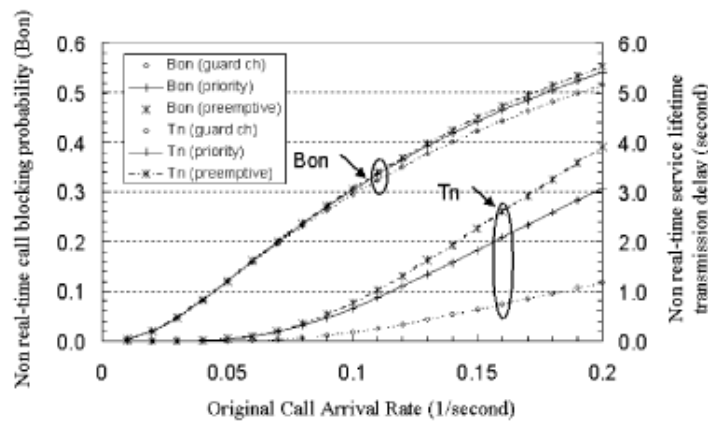
Βλέπουμε τα Performance measurements (σχήμα 3.3.1) που εξάχθηκαν στην [17] από το αλγόριθμο που αναφέρεται στην ενότητα 2.3



Comparison of results of analytical model and simulation in two scenarios (exponential distribution and gamma distribution).



Real-time service QoS parameters versus offered traffic.



Non-real-time service QoS parameters versus offered traffic.

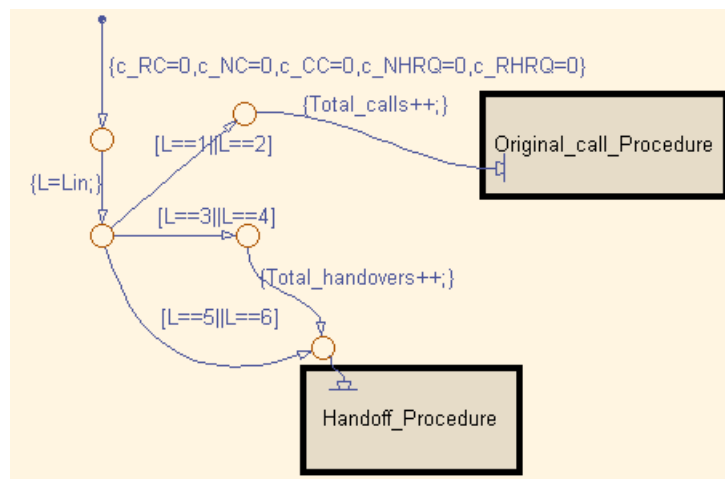
Σχήμα 3.3.1 Performance Measurements.

Όπου:

- Bor: Blocking probability of an originating Real-time service call.
- Bon: Blocking probability of an originating Non-real-time service call.
- Phf: The forced termination probability in lifetime of Real-time service call.
- Fhr: The Forced termination probability of Real-time service handoff request call

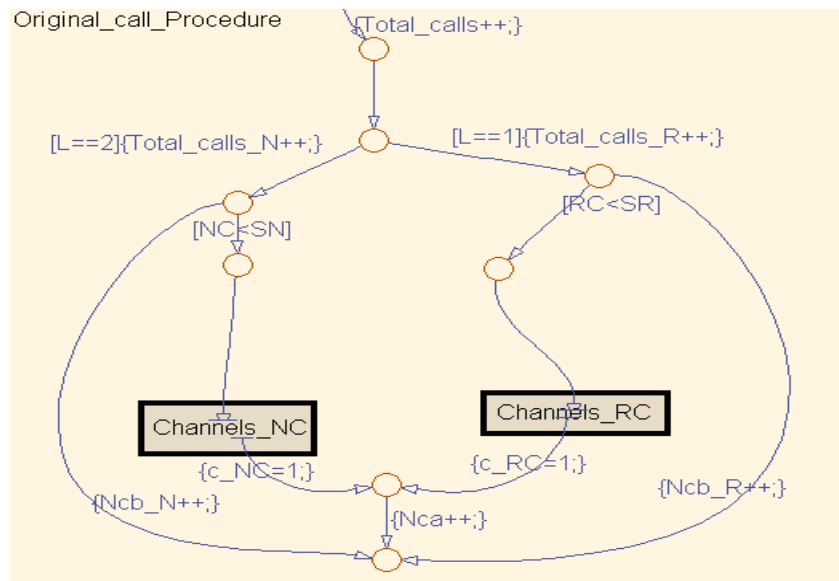
3.4 Υλοποίηση του priority reservation handover αλγόριθμου σε περιβάλλον MATLAB.

[18], [19] Για τον αλγόριθμο χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος της ενότητας 2.3 Αλγόριθμος Handover βασισμένος στην διατήρηση προτεραιότητας (Priority reservation handover algorithm). Τα μπλοκ διαγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν είναι αυτά των σχημάτων 2.3.2 και 2.3.3, όπου βλέπουμε τα διαγράμματα ροής για την διαχείριση των originating κλήσεων και την διαχείριση των αιτήσεων handover. Μόνη διαφορά αποτελεί το ότι δεν υλοποιήθηκε το κομμάτι του διαγράμματος 2.3.3 (που εμφανίζεται με τις διακεκομμένες γραμμές) για το preemptive κομμάτι του αλγορίθμου. Ο αλγόριθμος έχει ως βασικό μπλοκ διάγραμμα γραμμένο σε stateflow το μπλοκ **Handling_algorithm** (σχήμα 3.4), ενώ ακολουθούν και επιμέρους μπλοκ για τον όλο αλγόριθμο (Σχήματα 3.4.1, 3.4.2).

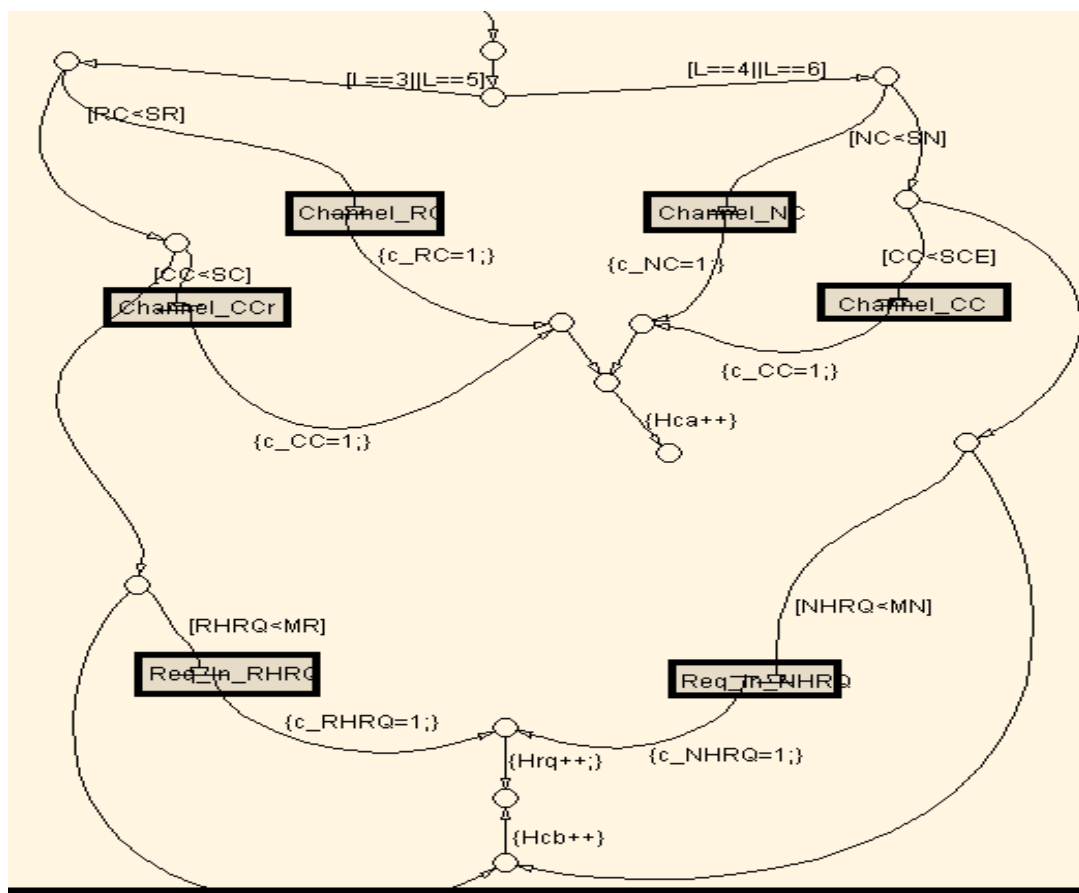


Σχήμα 3.4

Γενική μορφή σε stateflow για τους αλγόριθμους των σχημάτων 2.3.2 και 2.3.3



Σχήμα 3.4.1 Αλγόριθμος σε μορφή stateflow για τον αλγόριθμο του σχήματος 2.3.2. (Originating call procedure)



Σχήμα 3.4.2 Αλγόριθμος σε μορφή stateflow για τον αλγόριθμο του σχήματος 2.3.3. (Handover procedure)

Για τα παραπάνω μπλοκ διαγράμματα υποθέτουμε ότι ο τύπος των κλήσεων ή αιτημάτων για handover αντιστοιχεί σε έναν ακέραιο αριθμό ($L=1$ ή 2 ή 3 ή 4 ή 5 ή 6) Ειδικότερα, έχουμε ότι

1= Real-time call

2=Non-real-time call

3=Real-time service handover

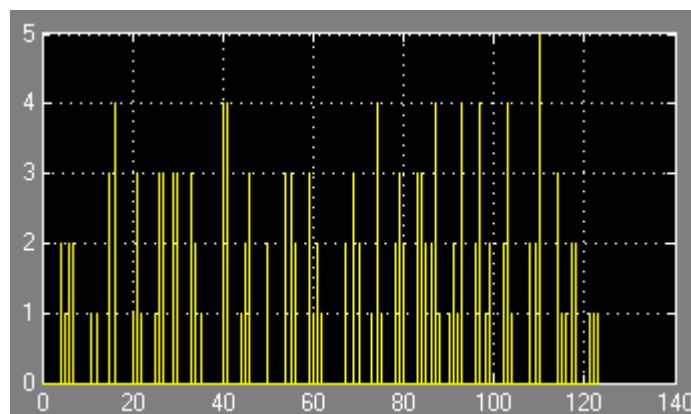
4=Non-real-time service handover

5=Real-time service handover που βγαίνει από την RHRQ όταν υπάρχει ελεύθερο κανάλι στο RC ή στο CC.

6=Non-real-time service handover που βγαίνει από την NHRQ όταν υπάρχει ελεύθερο κανάλι στο NC ή στο CC

Αυτά τα L παράγονται στο μπλοκ **Samples** όπου : Παράγονται δείγματα $L=1$, ή 2 , ή 3 , ή 4 με κατανομή poisson με ρυθμό $\lambda=1$ ανά χρονικά διαστήματα x sec όπου το x παράγεται από κατανομή poisson με $\lambda=10$.

Επίσης σε αυτό το block ελέγχεται και αν ήρθε μια κλήση $L= 5$ ή 6 από τα queue lines. Τα δείγματα έρχονται με την μορφή που φαίνεται στο ακόλουθο παράδειγμα (σχήμα 3.4.3) από το simulink



Σχήμα 3.4.3 Κλήσεις που δημιουργούνται.

Αν δεν υπάρχει διαθέσιμο κανάλι στα RC, NC, CC μετά το τέλος του dwell χρόνου για κάθε queue line RHRQ (dwell=4 sec) και NHRQ (dwell=63 sec) τότε το handover call μπλοκάρεται και φεύγει από το queue line.

Υπάρχουν διάφοροι μετρητές και μεταβλητές που βοηθούν στην προσομοίωση και στην συλλογή αποτελεσμάτων για τους σχετικούς υπολογισμούς (π.χ. για την Blocking Probability GoS). Ειδικότερα έχουμε:

Total_calls=Συνολικές κλήσεις

Handover_calls=Συνολικές κλήσεις από handover

Ncb=Νέα κλήση που μπλοκάρεται

Nca=Νέα κλήση που εξυπηρετείται

Hrq=Handover κλήση που πάει σε queue line

Hcb=Handover κλήση που μπλοκάρεται

Hca= Handover κλήση που εξυπηρετείται

c_Rc, c_NC, c_CC, c_NHRQ, c_RHRQ: μεταβλητές που ειδοποιούν τα κανάλια και τα queue lines ότι πρέπει να δεχτούν μια κλήση που ήρθε στον σταθμό βάσης.

Επιπλέον, με αναφορά το Σχήμα 3.4.4, έχουμε:

Το μπλοκ **Buffers:**

Ουσιαστικά είναι τα κανάλια (RC, NC, CC) και οι queue lines (NHRQ, RHRQ)

Με channel holding time 41 sec για RC, 31 sec για NC, 41 ή 31 sec για CC

ανάλογα αν η υπηρεσία είναι Real-time ή Non-real-time, 4 sec dwell για

RHRQ και 63 sec dwell για NHRQ.

Οι τιμές βγήκαν μετά από υπολογισμούς από τα δεδομένα του αλγορίθμου.

Αριθμός καναλιών :

RC=6, NC=3, CC=3, RHRQ=5, NHRQ=50

Το μπλοκ **Counters:**

Περιέχει μετρητές για τα κανάλια που χρησιμοποιούνται σε κάθε buffer

RC=Real-time Channel counter

NC=Non-real-time Channel counter

CC=Common Channel counter

NHRQ=Non-real-time Handover Request Queue channel counter

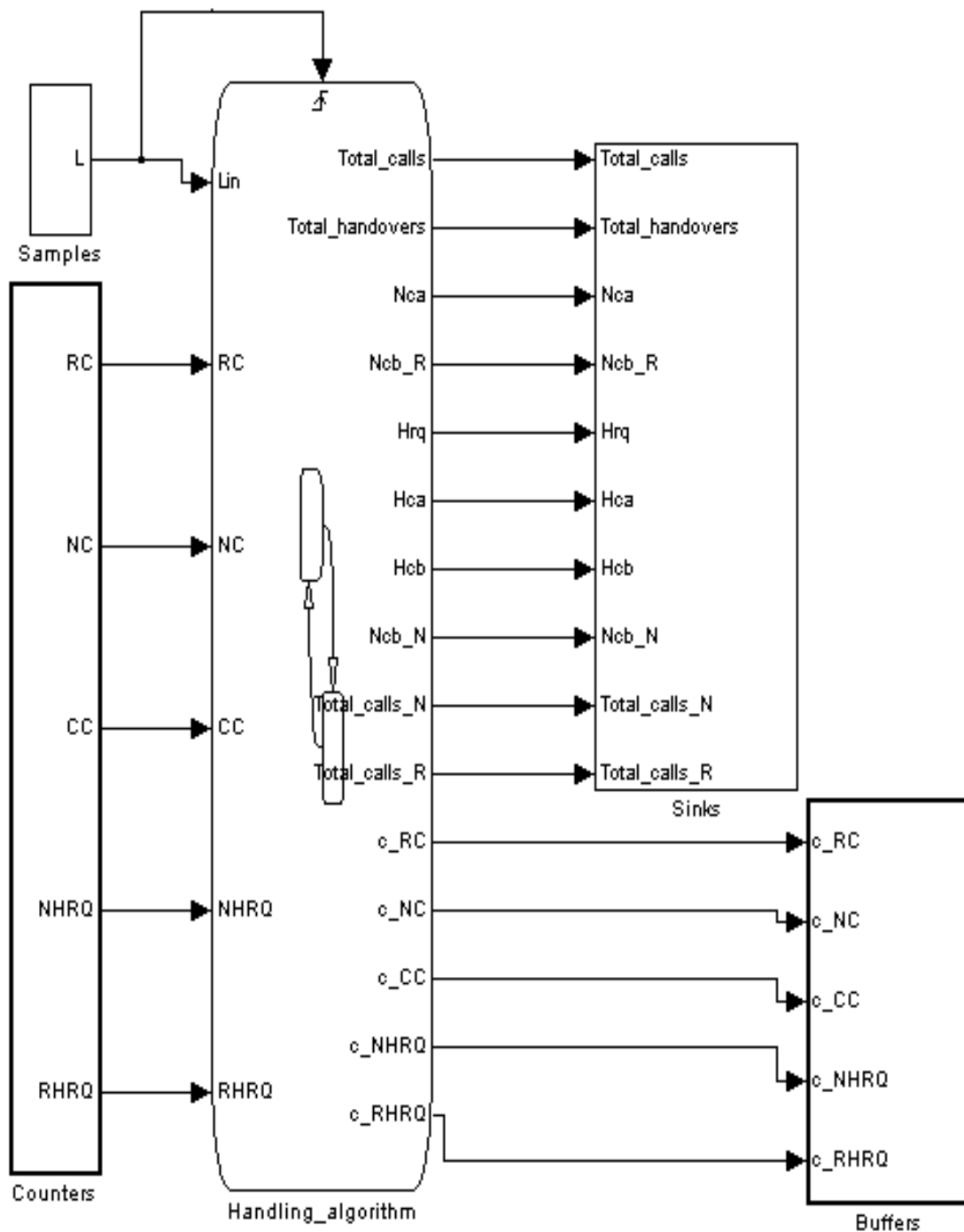
RHRQ=Real-time Handover Request Queue channel counter

Το μπλοκ **Sinks:**

Εδώ καταλήγουν οι μετρητές του αλγορίθμου (Π.χ. Total_calls,

Handover_calls, Ncb, Nca, Hrq, Hcb, Hca) και υπολογίζονται οι γραφικές

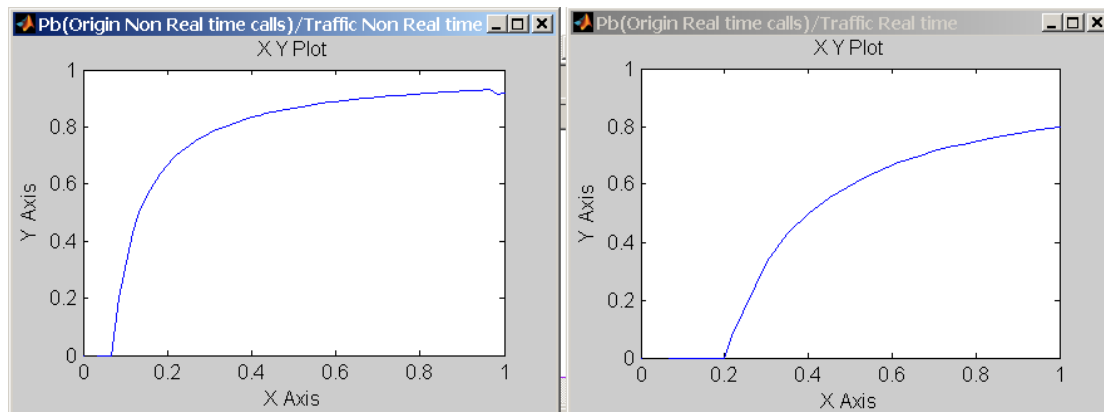
παραστάσεις από τις μετρήσεις που πάρθηκαν και θα τις δούμε παρακάτω.



Σχήμα 3.4.4 Μπλοκ διάγραμμα στο Simulink.

Παρακάτω βλέπουμε τις γραφικές παραστάσεις κάποιων performance measures που έχουμε υπολογίσει βάσει του αλγορίθμου ακολουθούμενες από σχετικά σχόλια.

Με τυχαία δεδομένα από κατανομή poisson με μέσο $\lambda = 60$ κλήσεις ανά λεπτό πάρθηκαν οι παρακάτω γραφικές παραστάσεις (Σχήμα 3.4.5):



Σχήμα 3.4.5

Κατακόρυφος άξονας: Πιθανότητα μπλοκαρίσματος originating κλήσης
Οριζόντιος άξονας: Προσφερόμενη κίνηση offered traffic σε calls/sec

Στον κατακόρυφο άξονα και στις δύο γραφικές παραστάσεις είναι η πιθανότητα μπλοκαρίσματος :

Στην αριστερή γραφική στον κατακόρυφο άξονα έχουμε την πιθανότητα μπλοκαρίσματος για τις νέες κλήσεις μη πραγματικού χρόνου Pb(Originating Non real time calls)

Στην δεξιά γραφική έχουμε στον κατακόρυφο άξονα την πιθανότητα μπλοκαρίσματος για τις νέες κλήσεις πραγματικού χρόνου Pb(Originating Real time calls)

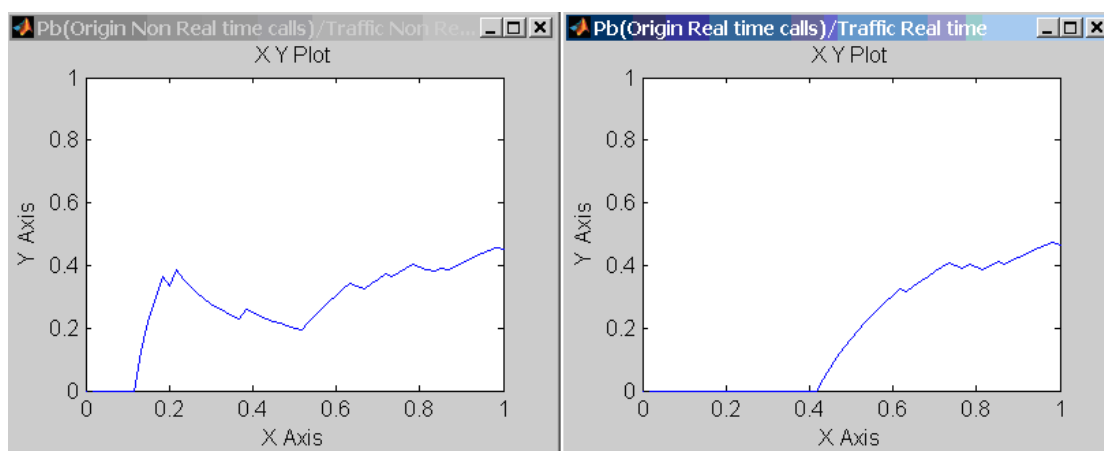
Στον οριζόντιο άξονα και στις δύο γραφικές παραστάσεις είναι η προσφερόμενη κίνηση offered traffic σε calls/sec

Στην αριστερή έχουμε στον οριζόντιο την κίνηση για τις κλήσεις μη πραγματικού χρόνου Non real time offered traffic.

Στην δεξιά έχουμε στον οριζόντιο την κίνηση για τις κλήσεις πραγματικού χρόνου Real time offered traffic.

Από τις γραφικές αυτές παραστάσεις (σχήμα 3.4.5) βλέπουμε ότι η πιθανότητα μπλοκαρίσματος αυξάνει καθώς αυξάνει και η προσφερόμενη κίνηση που ουσιαστικά είναι η κίνηση που παράγεται από την δημιουργία νέων κλήσεων με την κατανομή Poisson. Όπως βλέπουμε και από τις γραφικές παραστάσεις η πιθανότητα μπλοκαρίσματος αυξάνει πιο γρήγορα για τις Non-real time κλήσεις και αυτό είναι λογικό γιατί τα κανάλια που έχουμε διαθέσει σε αυτές τις κλήσεις είναι πιο λίγα σε σχέση με αυτά που έχουμε για τις Real time κλήσεις. Συγκεκριμένα για τις Real time κλήσεις είναι διαθέσιμα 6 Real time Channels για τις Non-real time κλήσεις είναι διαθέσιμα 3 Non-real time Channels ενώ από τα 3 Common Channels το ένα εξυπηρετεί μόνο Real time κλήσεις και τα άλλα 2 εξυπηρετούν και τα δύο είδη κλήσεων.

Ακολουθούν πάλι οι ίδιες γραφικές παραστάσεις με την διαφορά ότι αυτή την φορά οι κλήσεις παίρνονται από κατανομή poisson με μέσο $\lambda = 12$ κλήσεις ανά λεπτό



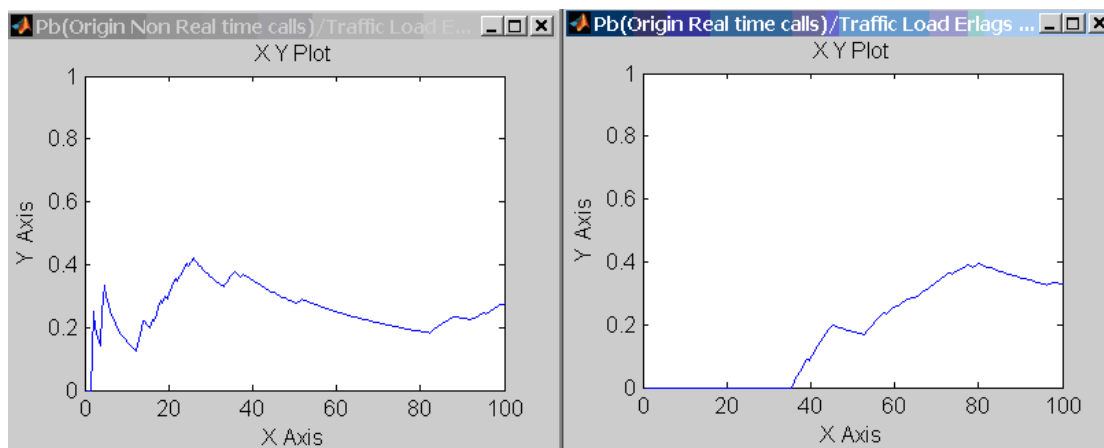
Σχήμα 3.4.6

Εδώ (σχήμα 3.4.6) παρατηρούμε ότι στην γραφική δεν είναι μονίμως ανοδική η πορεία της πιθανότητας μπλοκαρίσματος αλλά έχει αυξομειώσεις και αυτό εξηγείται γιατί οι κλήσεις που έχουμε ακολουθούν μια τυχαία κατανομή Poisson με μέσο 12 κλήσεις το λεπτό και αυτό δίνει χρόνο στο σύστημα να ελευθερώνει κάποια κανάλια όταν ολοκληρώνονται οι κλήσεις που τα έχουν δεσμεύσει και να δεσμεύονται πάλι αργότερα και αυτό συμβαίνει συνέχεια και έχει σαν αποτέλεσμα την αυξομείωση της πιθανότητας μπλοκαρίσματος. Αυτό δεν συνέβαινε

στην προηγούμενη προσομοίωση με δημιουργία κλήσεων με μέσο 60 κλήσεις το λεπτό γιατί δεν υπήρχε χρόνος να ελευθερωθούν τα κανάλια και έτσι η πιθανότητα είχε μονίμως ανοδική πορεία.

Επίσης κάτι άλλο που παρατηρούμε στις παραπάνω γραφικές είναι ότι στην αρχή η πιθανότητα μπλοκαρίσματος είναι μηδενική αυτό εξηγείται γιατί στην αρχή δεν έχουμε καθόλου κλήσεις δηλαδή τα κανάλια είναι άδεια και στην αρχή έχουμε μόνο ένα είδος κλήσεων Real ή Non-real και μέχρι να γεμίσουν κάποια κανάλια θα βλέπουμε μηδενική πιθανότητα.

Διατηρώντας $\lambda=12$ κλήσεις/min ελήφθησαν και οι γραφικές παραστάσεις που ακολουθούν (Σχήμα 3.4.8):



Σχήμα 3.4.8

Αριστερή γραφική

Κατακόρυφος άξονας: Πιθανότητα μπλοκαρίσματος originating Non-real time κλήσεων (Originating Non-real time call blocking probability).

Οριζόντιος άξονας: Προσφερόμενη κίνηση Non-real time σε Erlangs (Offered Non-real traffic Load).

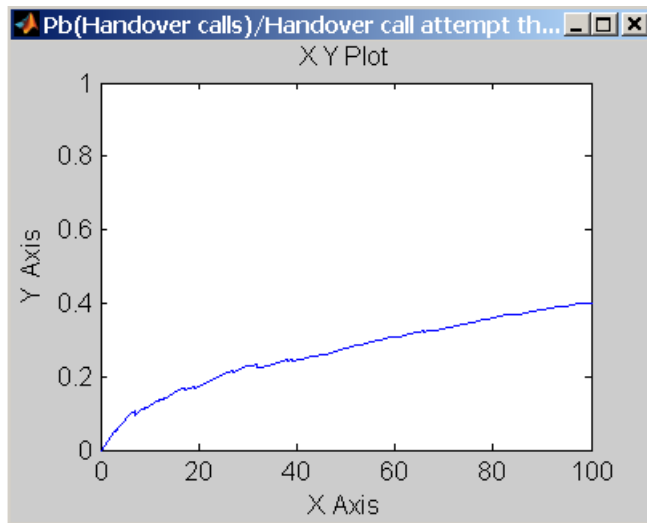
Δεξιά γραφική

Κατακόρυφος άξονας: Πιθανότητα μπλοκαρίσματος originating Real time κλήσεων (Originating Real time call blocking probability).

Οριζόντιος άξονας: Προσφερόμενη κίνηση Real time σε Erlangs (Offered Real time traffic Load).

Από τις παραπάνω γραφικές παραστάσεις (σχήμα 3.4.8) βλέπουμε πώς αλλάζει η πιθανότητα μπλοκαρίσματος καθώς αυξάνεται το φορτίο κίνησης σε Erlangs.

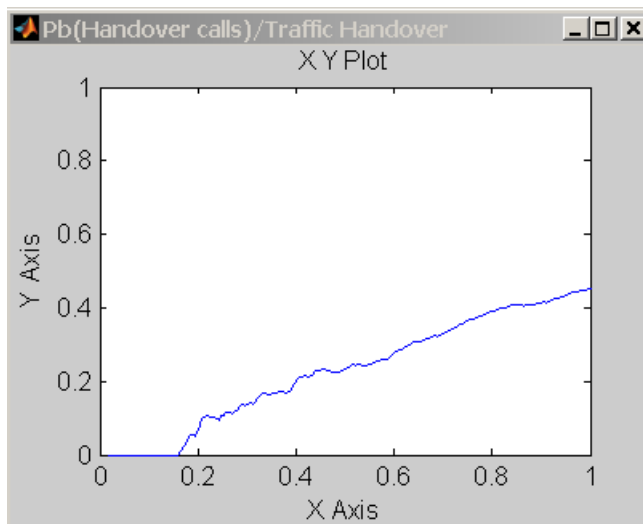
Με τυχαία δεδομένα από κατανομή poisson με μέσο $\lambda = 60$ κλήσεις ανά λεπτό πάρθηκαν οι παρακάτω γραφικές παραστάσεις:



Σχήμα 3.4.9

Κατακόρυφος άξονας: Πιθανότητα μπλοκαρίσματος αιτημάτων Handover Real time και Non-Real time (Handover blocking probability).

Οριζόντιος άξονας: Αριθμός νέων προσπαθειών Handover Real time και Non-Real time που μπλοκάρονται (Number of Handovers that is blocked).



Σχήμα 3.4.10

Κατακόρυφος άξονας: Πιθανότητα μπλοκαρίσματος αιτημάτων Handover Real time και Non-Real time (Handover blocking probability).

Οριζόντιος άξονας: Προσφερόμενη κίνηση Handover Real time και Non-Real time σε calls/sec (Offered Handover traffic).

Από την γραφική παράσταση 3.4.9 βλέπουμε πως αλλάζει η πιθανότητα μπλοκαρίσματος αιτημάτων Handover Real time και Non-Real time καθώς αυξάνεται ο αριθμός νέων προσπαθειών Handover Real time και Non-Real time που μπλοκάρονται.

Από την γραφική παράσταση 3.4.10 βλέπουμε πως αλλάζει η πιθανότητα μπλοκαρίσματος αιτημάτων Handover Real time και Non-Real time καθώς αυξάνεται η προσφερόμενη κίνηση Handover Real time και Non-Real time σε calls/sec

Από τα 3.4.9 και 3.4.10 βλέπουμε ότι η πιθανότητα μπλοκαρίσματος αιτημάτων Handover Real time και Non-Real time είναι μικρότερη σε σχέση με τις Real time και Non-real time κλήσεις (Σχήμα 3.4.5) γιατί χρησιμοποιούνται και Queue lines για την κράτηση των αιτήσεων για Handover και έτσι έχουμε μικρότερο αριθμό αιτήσεων Handover που τελικά μπλοκάρονται και δεν εξυπηρετούνται.

Βιβλιογραφία

- [1] Nishith D. Tripathi, Nortel Jeffrey H. Reed and Hugh F. Vanhandingham MPRG, Virginia Tech “Handover in cellular systems” IEEE December 1998.
- [2] Mikael Olofsson “Mobile telephony” 2004.
- [3] Yi Pan, Student Member, IEEE, Meejeong Lee, Member IEEE, Jaime Bae Kim Member IEEE and Tastuya Suda Fellow IEEE, “An end-to-end multipath smooth Handover scheme for stream Media” IEEE 2004.
- [4] Stephen F. Bush “Mobile ATM Handover and Performance Analysis”.
- [5] Shashank Khanvilkar and Sol M. Shatz, “Tool integration for flexible simulation of distributed algorithms” 2001.
- [6] Gaudhar Dighe, Hemath Srinivasaraghavan and Mukul Bhathagar “Initiation and Performance Analysis of Handover in CDMA Cellular Systems” Dec 6, 1999.
- [7] Andrian Duda, Cormac J. Sreenan, “Challenges for quality of service in next generation mobile networks”.
- [8] Jan Stener, Matthias Lampe, Klaus Jobmann, “SDL-Simulation tool for advanced Handover Protocols”.
- [9] The MathWorks inc “Matlab Simulink” 1999.
- [10] Avi Freedman, “Handover in GSM/GPRS cellular systems”.
- [11] Afonso Ferreira, Jerome Galtier and Paolo Penna, “Topological design, routing and handover in satellite networks”.
- [12] “Handover decision algorithms for rapidly deployable mobile infrastructure communication networks” 15/01/2002.

- [13] "handover and mobility".
- [14] Cristovao Oliveira, "GSM System-Handover" November 11, 2003.
- [15] Gertie Alsenmyr, Joakim Bergstrom, Mattias Hagberg, Anders Milen, Walter Muller, Hakam Palm, Himke Van der Velde, Poutas Wallentin and Fredrik Wallgren, "Handover between WCDMA and GSM", 2003.
- [16] UMTS WORLD "UMTS Handover", "UMTS and 3G FAQ Page" UMTSWorld.com 1999-2003.
- [17] Jingao Wang Member IEEE, Qing-An Zent Member IEEE and Dharma P. Agrawal Fellow IEEE, "Performance Analysis of a Preemptive and Priority Reservation Handover Scheme for Integrated service-Based Wireless Mobile Networks", IEEE Trans. On Mobile Computing January-March 2003, pp. 65-75.
- [18] The MathWorks "Stateflow-For use with Simulink" Getting Sartetd, version 6 2004.
- [19] The MathWorks "Stateflow- For State Diagram Modeling" User's Guide, version 4, 2001.
- [20] Λιοδάκης Γεώργιος Επιστημονικός Συνεργάτης ΤΕΙ Διπλ. Ηλ. Μηχ. M. Sc. "Κινητές επικοινωνίες" Σεπτέμβριος 2002.