



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
Τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
Εργαστήριο Τηλεπικοινωνιών και Πληροφορίας & Δικτύων

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*“Σχεδίαση και Μελέτη Πρωτοκόλλου Πολυπλεξίας στο Χρόνο για
Ολοκληρωμένη Μετάδοση Φωνής Δεδομένων σε Ασύρματα Κανάλια
Κυψελιδικών Δικτύων”*

Σιγανός Γεώργιος

Επιβλέπων : Αν. Καθ. Πατεράκης Μιχάλης
Επιτροπή : Αν. Καθ. Μαράς Ανδρέας
Επικ. Καθ. Διγαλάκης Βασίλης

Χανιά, Αύγουστος 1998

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω πρώτα τον επιβλέποντα αναπληρωτή καθηγητή Πατεράκη Μιχάλη για τη βοήθεια και τη στήριξη που είχα καθόλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας. Θα ήθελα να ευχαριστήσω επίσης και την εξεταστική επιτροπή, αποτελούμενη από τον αναπληρωτή καθηγητή Μαρά Ανδρέα και τον επίκουρο καθηγητή Διγαλάκη Βασίλη για την ανάγνωση της διπλωματικής εργασίας και τις χρήσιμες υποδείξεις τους.

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1	
Εισαγωγή.....	1
1.1 Στοιχεία ενός Ασύρματου Τηλεπικοινωνιακού δικτύου.....	2
1.2 Πρωτόκολλα Πολλαπλής Πρόσβασης Καναλιού.....	4
1.3 Δομή Ασύρματου Δικτύου.....	6
1.4 Η Εξέλιξη Κυψελιδικών Συστημάτων.....	8
1.5 Περιγραφή και Προσέγγιση Προβλήματος.....	9
1.6 Δομή Εργασίας.....	10
Κεφάλαιο 2	
2.1 Χρήστες Φωνής.....	11
2.1.1 Μεταβάσεις Καταστάσεων Συστήματος των Τερματικών Φωνής.....	13
2.2 Χρήστες Δεδομένων.....	14
2.3 Πρωτόκολλα Μετάδοσης.....	15
2.3.1 Χρήστες φωνής.....	15
2.3.1.1 PRMA.....	16
2.3.1.2 Βελτιωμένος PRMA.....	16
2.3.2 Χρήστες Δεδομένων.....	16
2.3.2.1 Αλγόριθμος 2 Cell Stack.....	16
2.4 Χρονοπρογραμματισμός του Βασικού Σταθμού.....	17
2.4.1 Τμήμα Φωνής.....	18
2.4.2 Τμήμα Δεδομένων.....	19
2.4.3 Τεχνική Kamikazi.....	22
2.4.4 Γραμμή Χωρισμού.....	22
2.4.4.1 Υπολογισμός του K.....	24
2.4.4.2 Υπολογισμός του Backlogged.....	25
2.5 Μετρικές Απόδοσεις.....	25
2.5.1 Χρήστες Φωνής.....	25
2.5.1.1 Πιθανότητα Απόρριψης Πακέτων.....	25
2.5.1.2 Μέση Καθυστέρηση Πρόσβασης Καναλιού.....	26
2.5.1.3 Μέγιστη Απόδοση Τερματικών Φωνής(throughput).....	26
2.5.2 Χρήστες Δεδομένων.....	27
2.5.2.1 Μέση Καθυστέρηση Μηνύματος.....	27
Κεφάλαιο 3	
3.1 Παράμετροι Συστήματος.....	28
3.2 Απόδοση όταν στο Σύστημα Υπάρχουν Μόνο Χρήστες Φωνής.....	30
3.3 Απόδοση του Συστήματος όταν σε αυτό Υπάρχουν Μόνο Χρήστες Δεδομένων.....	34
3.4 Ολοκλήρωσή Φωνής και Δεδομένων.....	35
3.4.1 Αποτελέσματα για 20 Πηγές Φωνής.....	36
3.4.2 Αποτελέσματα για 60 Πηγές Φωνής.....	40
Κεφάλαιο 4	
4.1 Συμπεράσματα.....	45
4.2 Μελλοντικές προσπάθειες.....	46

Κεφάλαιο 1ο

Εισαγωγή

Οι ασύρματες επικοινωνίες παίζουν ένα πάρα πολύ σημαντικό ρόλο στα σημερινά τηλεπικοινωνιακά δίκτυα και ο ρόλος τους αναμένεται να αναβαθμιστεί ακόμα περισσότερο στο μέλλον. Το ενδιαφέρον των χρηστών για ασύρματη πρόσβαση σε τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες μεγαλώνει με γρήγορους ρυθμούς και καινούργια δίκτυα και συστήματα αναπτύσσονται και υλοποιούνται. Τα τελευταία χρόνια , ο τομέας των προσωπικών τηλεπικοινωνιών έχει δει μια εκρηκτική αύξηση στον αριθμό των υπηρεσιών και των τύπων των τεχνολογιών τα οποία είναι διαθέσιμα στους χρήστες. Έτσι είναι φανερό ότι οι ασύρματες προσωπικές επικοινωνίες είναι , το ταχύτερο αναπτυσσόμενο κομμάτι της τηλεπικοινωνιακής βιομηχανίας [2] .

Σαν αποτελέσματα της υψηλής πολυπλοκότητάς των ασύρματων τηλεπικοινωνιακών καναλιών και της πολύ δυναμικής φύσης τους με τα σχετικά προβλήματα ελέγχου , η πρόοδος των ασύρματων δικτύων δεν είναι ανάλογη αυτής των σταθερών δικτύων. Έτσι ενώ στα σταθερά δίκτυα , οι ρυθμοί μετάδοσης που μπορούν να υποστηριχθούν από τις τεχνολογίες αιχμής έχουν αυξηθεί κατά πολλές τάξεις μεγέθους και έχει γίνει εκτεταμένη έρευνα στην ολοκλήρωση των υπηρεσιών με διαφορετικές απαιτήσεις στα broadband ATM δίκτυα, οι απαιτήσεις για ασύρματες επικοινωνίες είναι σταθερά παραπάνω από τις διαθέσιμες χωρητικότητες . Παρά τις τεράστιες προσπάθειες και την πρόοδο που έχει επιτευχθεί , πολύ δουλειά μένει να γίνει στην κατανόηση ,στο χαρακτηρισμό και στη βέλτιστη χρησιμοποίηση των ασύρματων επικοινωνιακών συστημάτων.

Το αυξημένο ενδιαφέρον για ασύρματη πρόσβαση σε τηλεπικοινωνιακά και πληροφοριακά δίκτυα , βασίζεται σε αρκετά σημαντικά χαρακτηριστικά που κάνουν τα ασύρματα δίκτυα προτιμητέα από τα σταθερά. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τα καθαρά πλεονεκτήματα που έχουν τα σταθερά δίκτυα λόγω του χαρακτήρα της σύνδεσης που επιτρέπει μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης , υψηλή χρησιμοποίηση του μέσου και σχετικά πιο εύκολο έλεγχο για συμφόρηση και έλεγχο ροής.

Οι Kleinrock και Scholl [3] συνοψίζουν τους παρακάτω λόγους γιατί η μετάδοση με ράδιο επικοινωνίες έχει εκλεγεί σαν μια αποτελεσματική εναλλακτική λύση στις ενσύρματες επικοινωνίες:

1. Ένας οποιοσδήποτε αριθμός χρηστών μπορεί να προσπελάσει το κανάλι και η εκπομπή του σήματος από κάποιο χρήστη μπορεί να ληφθεί σε μια μεγάλη γεωγραφική περιοχή από ένα οποιοδήποτε μεγάλο αριθμό τερματικών. Αυτό μας δίνει μεγάλο πλεονέκτημα σε εφαρμογές που χρησιμοποιούν multicasting.
2. Η χρήση ασύρματων καναλιών είναι επίσης πολύ χρήσιμη όταν έχουμε κινητούς χρήστες που δημιουργούν μια δυναμική τοπολογία δικτύου ή όταν οι χρήστες βρίσκονται σε απομακρυσμένες περιοχές όπου η ασύρματη σύνδεση είναι η μονή επιλογή.
3. Η σχεδίαση ενός ασύρματου δικτύου είναι ευέλικτη και παρακάμπτει την ανάγκη για ακριβές καλωδιώσεις και αλλαγή καλωδιώσεων σε περίπτωση που γίνει αλλαγή στην τοπολογία του δικτύου.

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειώσουμε ότι το ιστορικό πλεονέκτημα που είχαν τα ασύρματα δίκτυα ότι το φάσμα συχνοτήτων ήταν ένα μέσο για το οποίο δεν υπήρχε χρέωση, δεν ισχύει πλέον γιατί έχουν αρχίσει να επιβάλλονται δασμοί στην χρησιμοποίησή του.

1.1 Στοιχεία ενός Ασύρματου τηλεπικοινωνιακού δικτύου

Τα βασικά συστατικά στοιχεία της δομής ενός ασύρματου δικτύου είναι τα κινητά τερματικά (mobile terminals), τα επικοινωνιακά κανάλια (communication channels), οι βασικοί σταθμοί (base stations), οι διακόπτες (switches), και τα πρωτόκολλα επικοινωνίας (protocols).

Τα **κανάλια εκπομπής** που χρησιμοποιούν τα ασύρματα δίκτυα για να συνδέσουν τα τερματικά με τον βασικό σταθμό είναι υπερυψηλής συχνότητας (ηλεκτρομαγνητικά) ραδιοζεύξης. Τα τερματικά για να προσπελάσουν το κανάλι και να μεταδώσουν τα πακέτα τους χρησιμοποιούν κυρίως τρεις διαφορετικές μεθόδους,

το FDMA (Frequency Division Multiple Access) , το TDMA (Time Division Multiple Access) και τον CDMA (Code Division Multiple Access). Στην τεχνική του FDMA αναθέτουμε ένα τμήμα του φάσματος του καναλιού σε ένα τερματικό , το οποίο μεταδίδει μέσα σε αυτό το φάσμα .Έτσι διαφορετικά τερματικά έχουν διαφορετικά κομμάτια φάσματος για να μεταδώσουν . Στον TDMA το τερματικό μεταδίδει σε όλο το φάσμα συχνοτήτων του καναλιού , αλλά για ένα μικρό χρονικό διάστημα που ονομάζεται χρονοθυρίδα. Ενώ τελικά στο CDMA τα τερματικά μπορούν να μεταδώσουν την ίδια χρονική στιγμή και στην ίδια συχνότητα χρησιμοποιώντας κάποιες προηγμένες τεχνικές κωδικοποίησης.

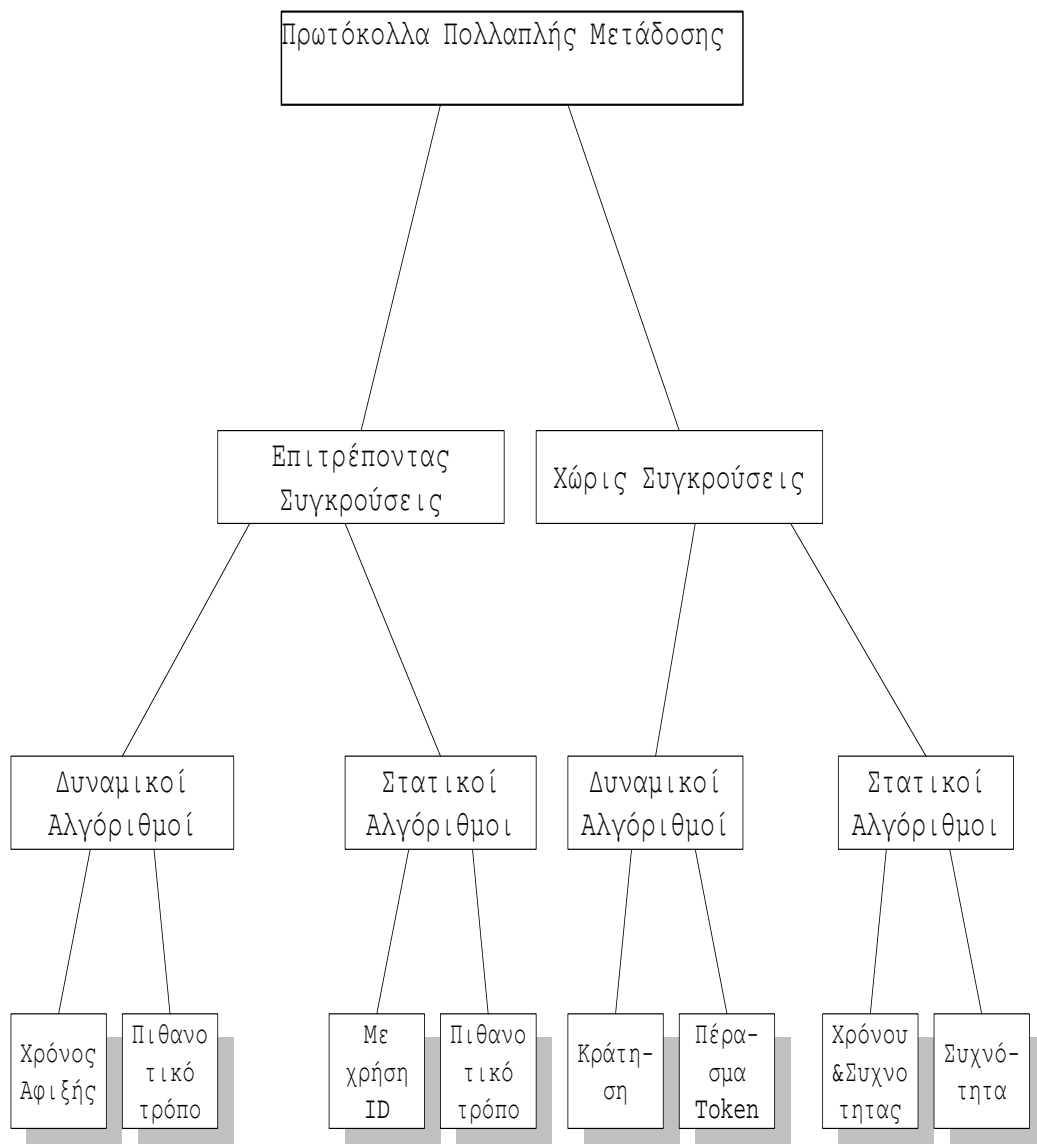
Ο **βασικός σταθμός** είναι το σταθερό τέλος του ραδιοκαναλιού που συνδέει τα ασύρματα τερματικά με το υπόλοιπο του ασύρματου πληροφοριακού δικτύου.

Οι **διακόπτες (switches) ή mobile switching centers** έχουν δύο σημαντικούς ρόλους. Πρώτα δρουν σαν τον συνδετικό κρίκο μεταξύ του ασύρματου καναλιού και του ενσύρματου δικτύου επικοινωνίας. Ενώ ταυτόχρονα κάνουν την συνολική επίβλεψη του δικτύου και τον έλεγχο των ασύρματων επικοινωνιών, όπως τη (δυναμική) δέσμευση των πηγών του συστήματος και την διαχείριση της διαδικασίας μετάβασης χρηστών, που ονομάζεται handover ή handoff ,που είναι σχεδιασμένο ούτως ώστε η μεταφορά ενός ενεργού χρήστη από μια κυψελίδα(για τον ορισμό της κυψελίδας ο αναγνώστης παραπέμπεται στην παράγραφο1.3) σε μια άλλη να γίνεται με τέτοιο τρόπο ούτως ώστε να μην διακοπεί η υπηρεσία που προσφέρεται στον χρήστη.

Τα **πρωτόκολλα επικοινωνίας** είναι ένα σύνολο από κανόνες μεταξύ των επικοινωνούντων μελών , που υπαγορεύουν την συμπεριφορά των διακοπών. Πιο συγκεκριμένα τα πρωτόκολλα πρόσβασης καναλιού και δέσμευσής πόρων του συστήματος είναι αυτά που μας απασχολούν στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία και είναι ένα από τα πιο σημαντικά θέματα που αφορούν τα ασύρματα δίκτυα και θα αναφερθούμε σε αυτά εκτενέστερα στη συνέχεια.

1.2 Πρωτόκολλα Πολλαπλής Πρόσβασης Καναλιού

Τα πρωτόκολλα πολλαπλής πρόσβασης έχουν σχεδιαστεί για να πολυπλέκουν κίνηση που παράγεται από διαφορετικές πηγές σε ένα κοινό κανάλι. Τα πρωτόκολλα αυτά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σύμφωνα με το [7], όπως φαίνεται στο σχήμα 1.1.



Σχήμα 1.1

Στο υψηλότερο σημείο βλέπουμε ότι τα πρωτόκολλα αυτά κατηγοριοποιούνται σε δυο κατηγορίες. Τα πρωτόκολλα που βασίζονται στον ανταγωνισμό και σε αυτά που είναι απαλλαγμένα από συγκρούσεις.

Τα πρωτόκολλά που είναι απαλλαγμένα από συγκρούσεις, δουλεύοντας είτε με ένα συγκεντρωτικό είτε με ένα κατανεμημένο τρόπο, είναι αυτά τα οποία εγγυούνται ότι η μετάδοση ενός τερματικού, όποτε και να συμβεί, θα είναι επιτυχής αφού δεν θα παρεμβληθεί από άλλη μετάδοση. Τα πρωτόκολλα αυτά, όπως βλέπουμε και στο σχήμα, χωρίζονται σε δυναμικά και στατικά. Στα δυναμικά σχήματα έχουμε συνεχή παρακολούθηση του καναλιού και με βάση αυτήν την ανάθεση των πόρων του συστήματος. Στην αντίθετη περίπτωση στα στατικά μοντέλα χρησιμοποιούμε μια σταθερή κατανομή των πόρων που είναι ανεξάρτητη της κατάστασης του δικτύου. Τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα δυναμικά μοντέλα, που οδηγούν σε καλύτερη χρήση του μέσου, χρησιμοποιούν είτε κρατήσεις είτε δίνουν άδειες χρησιμοποιώντας ένα token.

Τα πρωτόκολλα που βασίζονται στον ανταγωνισμό διαφέρουν από τα πρωτόκολλα που είναι απαλλαγμένα από συγκρούσεις στο γεγονός ότι δεν είναι εγγυημένο ότι η μετάδοση ενός τερματικού θα είναι επιτυχής, αφού μπορεί και αλλά τερματικά να μεταδώσουν ταυτόχρονα. Έτσι τα πρωτόκολλα αυτά πρέπει να παρέχουν έναν μηχανισμό επαναμετάδοσης που θα επιλύει τις συγκρούσεις όταν συμβαίνουν ούτως ώστε όλα τα πακέτα να μεταδοθούν τελικά επιτυχώς. Η διαδικασία επίλυσης των συγκρούσεων καταναλώνει πολύτιμους πόρους του συστήματος και είναι κάτι που διαφοροποιεί τα διάφορα πρωτόκολλα. Με τον όρο στατική δέσμευση εννοούμε ότι η συμπεριφορά του αλγόριθμου δεν επηρεάζεται από την δυναμική του συστήματος και βασίζεται για παράδειγμα στον χαρακτηριστικό νούμερο (id) ή σε κάποια σταθερή πιθανότητα, όπως γίνεται για παράδειγμα στο πρωτόκολλο ALOHA [8]. Τα δυναμικά σχήματα παρακολουθούν τις αλλαγές που γίνονται στο σύστημα και βασίζουν τον αλγόριθμο σε προτεραιότητες που δίνονται για παράδειγμα, στο αρχαιότερο πακέτο ή χρησιμοποιώντας κάποιο δυναμικό πιθανοτικό τρόπο.

Μια σημαντική διαφορά ανάμεσα στα πρωτόκολλα που επιτρέπουν συγκρούσεις και σε αυτά που δεν επιτρέπουν είναι ότι στα τελευταία ένα ανενεργό τερματικό καταναλώνει το μέρος των πόρων του συστήματος που του έχει δοθεί ενώ στα πρώτα αυτό δεν γίνεται.

Τα παραπάνω είναι τα συστατικά στοιχεία ενός ασύρματου δικτύου ,στη συνέχεια θα δούμε με πιο τρόπο χρησιμοποιούνται αυτά τα βασικά στοιχεία για να δημιουργήσουμε την δομή ενός ασύρματου δικτύου.

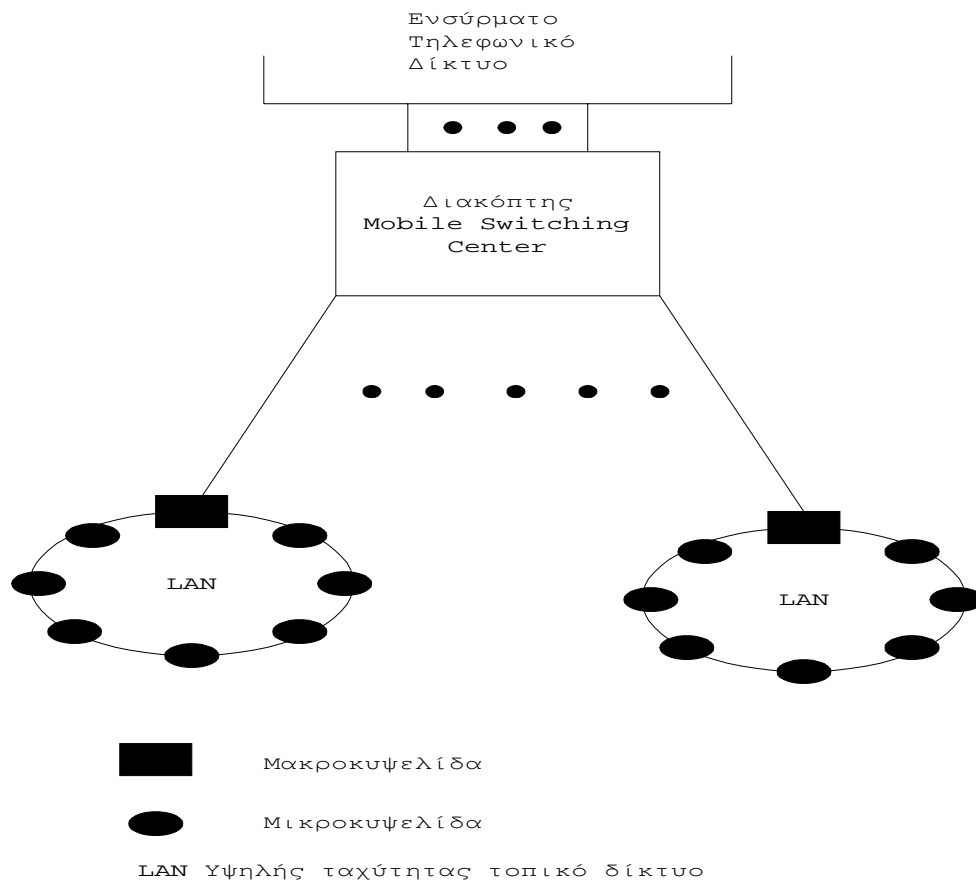
1.3 Δομή Ασύρματου Δικτύου

Τα υπάρχοντα και μελλοντικά ασύρματα δίκτυα βασίζονται στην ιδέα των κυψελίδων [4] .Με βάση αυτή την ιδέα μια μεγάλη γεωγραφική περιοχή , όπως για παράδειγμα μια πόλη, χωρίζεται σε μικρότερες περιοχές ,τις κυψελίδες, σε κάθε μία από τις οποίες θα υπάρχει ένας βασικός σταθμός μέσω του οποίου θα έχουν πρόσβαση στο σταθερό δίκτυο τα τερματικά που βρίσκονται εντός των ορίων της κυψελίδας. Ο χωρισμός μιας μεγάλης περιοχής σε μικρότερες , δίνει την δυνατότητα χρήσης βασικών σταθμών με μικρότερη ισχύ και όγκο. Επιπλέον παρόμοιες ραδιοσυχνότητες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κυψελίδες που βρίσκονται αρκετά μακριά μεταξύ τους για να εξαιρεθεί η παρεμβολή. Έτσι πολλαπλές συνδιαλέξεις μεταξύ βασικού σταθμού και κινητών τερματικών μπορούν να χρησιμοποιούν τις ίδιες συχνότητες ταυτόχρονα (επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων). Η σπουδαιότητα της ιδέας των κυψελίδων βρίσκεται στο γεγονός ότι η επαναχρησιμοποίηση των συχνοτήτων επιτυγχάνεται σε πολύ μικρότερες γεωγραφικά περιοχές. Πρέπει να σημειωθεί όμως , ότι το μέγεθος των κυψελίδων έχει ένα κατώτατο όριο που καθορίζεται από το ρυθμό με τον οποίο οι χρήστες μεταβαίνουν από την μια στην άλλη. Όσο το μέγεθος της κυψελίδας μικραίνει , ο ρυθμός αυτός μεγαλώνει και το χρονικό overhead των μηνυμάτων που πρέπει να ανταλλάγουν μεταξύ των βασικών σταθμών είναι μεγάλο σε σχέση με την διάρκεια της συνδιάλεξης.

Η ιδέα των κυψελίδων μόνη της όμως δεν είναι ικανή να ικανοποιήσει ταυτόχρονα τις αυξημένες ανάγκες των χρηστών μικρής και μεγάλης κινητικότητας, και να αυξήσει τη χωρητικότητα του συστήματος και την περιοχή κάλυψης. Αυτό που έρχεται να συμπληρώσει την ιδέα των κυψελίδων είναι η ιεραρχική αρχιτεκτονική του ασύρματου δικτύου που προτείνεται στο [5-6].

Σε αυτήν την ιεραρχική αρχιτεκτονική , οι χρήστες χαμηλής κινητικότητας εξυπηρετούνται από μικροκυψελίδες (με ελάχιστη ακτίνα της τάξης των 100 μέτρων) ενώ οι χρήστες υψηλής κινητικότητας εξυπηρετούνται από μακροκυψελίδες που έχουν ελάχιστη ακτίνα της τάξεως του 1 χιλιομέτρου. Μεταβάσεις χρηστών από κυψελίδα σε κυψελίδα γίνονται όταν ένας πεζός περάσει τα όρια της μικροκυψελίδας και όταν ένας χρήστης που κινείται με όχημα περάσει τα όρια της μακροκυψελίδας . Για να εκμεταλλευτούμε την υπάρχουσα κυψελική δομή , πολλές μικροκυψελίδες

ενσωματώνονται σε μια μακροκυψελίδα.. Όπως δείχνουμε στο σχήμα 1.2 ,οι βασικοί σταθμοί των μακροκυψελίδων είναι συνδεδεμένοι σε δίκτυο με τοπολογία αστέρα, ενώ ο κεντρικός κόμβος του δικτύου είναι ένας διακόπτης (mobile switching center) , που μεταφέρει την κίνηση από τους ασύρματους βασικούς σταθμούς στο υπάρχον ενσύρματο δίκτυο. Οι ομαδοποιημένες μικροκυψελίδες είναι συνδεδεμένες με τον βασικό σταθμό της μακροκυψελίδας με ένα τοπικό ή αστικό δίκτυο υψηλής ταχύτητας.



Σχήμα 1.2

1.4 Η Εξέλιξη των Κυψελιδικών Συστημάτων

Η ιστορία των κυψελικών δικτύων ξεκινάει το 1983 όταν έκανε την εμφάνιση του στην Αμερική το πρώτο τέτοιο σύστημα το AMPS, που τα αρχικά του αντιστοιχούν στα Advanced Mobile Phone Service. Το πρώτο αυτό σύστημα χρησιμοποιούσε αναλογική FM τεχνολογία για πολυπλεξία στην συχνότητα (FDMA) και χρησιμοποιείται ακόμα έως σήμερα. Το δίκτυο αυτό ήταν πρώτης γενιάς και εφαρμόστηκε με διάφορες τροποποιήσεις στην Ευρώπη και στην Ιαπωνία. Το δίκτυο αυτό θεωρούσε ότι οι χρήστες του ήταν μεγάλης κινητικότητας και διέθεταν μεγάλη ισχύ μετάδοσης.

Το επόμενο στάδιο στην εξέλιξη των κυψελικών δικτύων ήταν τα δεύτερης γενιάς συστήματα με ποιο αντιπροσωπευτικό το παρά πολύ επιτυχημένο GSM που αναπτύχθηκε στην Ευρώπη, αλλά έχει εγκατασταθεί σε όλον τον κόσμο. Το GSM, όπως και το σύστημα IS-54, που αναπτύχθηκε στην βόρειο Αμερική, χρησιμοποιούν ένα συνδυασμό από FDMA και TDMA. Χρησιμοποιώντας FDMA χωρίζουν το κανάλι σε υποκανάλια και μέσα στα υποκανάλια χρησιμοποιείται ο TDMA [15]. Έτσι πετυχαίνουμε επαναχρησιμοποίηση συχνότητας και χρόνου. Ένα καινούργιο σύστημα που αναπτύχθηκε στην βόρειο Αμερική είναι επίσης το IS-95 [14] που χρησιμοποιεί ένα συνδυασμό από CDMA και FDMA, και ανήκει και αυτό στα συστήματα δεύτερης γενιάς.

Για το μέλλον οι εξελίξεις στα κυψελικά δίκτυα αναμένονται με μεγάλο ενδιαφέρον. Ένας από τους λόγους είναι το γεγονός ότι τα τρίτης γενιάς κυψελικά δίκτυα αναμένεται να ολοκληρώσουν διάφορους τύπους υπηρεσιών όπως είναι τα cordless τηλέφωνα, τους βομβητές, τα ασύρματα δίκτυα δεδομένων και άλλα. Μια άλλη ενδιαφέρουσα αλλαγή είναι το γεγονός ότι τα τρίτης γενιάς συστήματα θα έχουν στόχο να εξυπηρετούν και χαμηλής κινητικότητας χρήστες ενώ οι δυο προηγούμενες γενιές είχαν σαν στόχο χρήστες μόνο υψηλής κινητικότητας. Επίσης πρέπει να αναφέρουμε ότι στα τρίτης γενιάς συστήματα η χρήση των δεδομένων θα έχει περισσότερο βάρος από ότι στα δυο προηγούμενης γενιάς. Για παράδειγμα μπορούμε να αναφέρουμε ότι στα σημερινά συστήματα GSM οι χρήστες δεδομένων έχουν μόνο 9,6 Kbps στην διάθεση τους ενώ προς το τέλος του χρόνου θα είναι σε θέση να χρησιμοποιούν 14,4 Kbps που θα επιτευχθεί χρησιμοποιώντας ένα ελαφρώς λιγότερο robust air interface. Ενώ για το μέλλον του GSM, προβλέπεται ότι περίπου το 1999 θα γίνει μια μεγάλη αναβάθμισή με το σύστημα HSCSD (High-Speed Circuit-Switched Data) έτσι ώστε να μπορεί κάποιος να πάρει μέγιστο ρυθμό 115Kbps. Ενώ αυτά ισχύουν ή θα ισχύσουν για το GSM, για τα τρίτης γενιάς και πιο συγκεκριμένα για το UMTS (Universal Mobile Telecommunication System), που είναι το ευρωπαϊκό σύστημα, θα υπάρχουν οι εξής δυνατότητες για τους χρήστες δεδομένων.

Η σύνδεση δεν θα είναι Circuit-Switched αλλά Packet-Switched κάτι που έχει προφανή πλεονεκτήματα για την αποδοτική λειτουργία του δικτύου και για τους χρήστες δεδομένων για θέματα χρέωσης. Για τους χρήστες με μικρή κινητικότητα η ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων θα φθάνει τα 2Mbps (stationery offices) , ενώ για υψηλής κινητικότητας χρήστες ,η ταχύτητα θα φτάνει τα 144Kbps.

1.5 Περιγραφή και Προσέγγιση Προβληματος

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας ήταν ο σχεδιασμός και η υλοποίηση ενός πρωτοκόλλου πολλαπλής προσπέλασης μέσου για την ολοκλήρωση φωνής και δεδομένων σε ένα κυψελικό ασύρματο δίκτυο τρίτης γενιάς.

Οι επιλογές που κάναμε ήταν αρχικά να αποκλείσουμε τους αλγόριθμους που δεν επιτρέπουν συγκρούσεις (Contention-free) και αυτό γιατί αυτού του τύπου οι αλγόριθμοι υποθέτουν ότι γνωρίζουμε με ακρίβεια τον αριθμό των χρηστών κάτι που δεν ισχύει στο σύστημά μας , και επίσης επειδή οι χρήστες φωνής είναι εφοδιασμένοι με Voice Activity Detectors (VADs) κάτι το οποίο τέτοιου τύπου αλγόριθμοι δεν μπορούν να αξιοποιήσουν. Έτσι οι αλγόριθμοί που θα χρησιμοποιήσουμε θα είναι αυτοί που επιτρέπουν συγκρούσεις και μάλιστα θα ανήκουν στο κομμάτι που αναφέρεται στους δυναμικούς αλγόριθμους.

Η τεχνική που θα θεωρήσουμε ότι χρησιμοποιούμε για πρόσβαση στο κανάλι είναι TDMA. Με αυτό τον τρόπο θεωρούμε ότι τα τερματικά μεταδίδουν κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή σε όλο το φάσμα του καναλιού μέσα σε μια χρονοθυρίδα. Οι χρονοθυρίδες οργανώνονται σε ομάδες που ονομάζονται πλαίσια του καναλιού , τα οποία επαναλαμβάνονται περιοδικά στον χρόνο. Ένα πλαίσιο του καναλιού αποτελούμενο από έναν αριθμό χρονοθυρίδων φαίνεται ενδεικτικά στο παρακάτω σχήμα.



1.6 Δομή Εργασίας

Στο πρώτο κεφάλαιο έγινε μια σύντομη εισαγωγή στα κυψελιδικά ασύρματα δίκτυα , αναφέραμε τα συστατικά στοιχεία τους , την δομή τους ,και επίσης αναφερόμαστε την ιεραρχική δομή που πρέπει να έχει το κυψελιδικό δίκτυο του μέλλοντος. Στη συνέχεια αναφέραμε την εξέλιξή που είχαν από την αρχή της δημιουργίας των. Τέλος αναφερόμαστε γενικά και σε συντομία στην κατεύθυνση της διπλωματικής και στον τρόπο που υλοποιήθηκε.

Στο κεφάλαιο 2 στο οποίο ύστερα από την περιγραφή του μοντέλου του συστήματος παρουσιάζουμε τον τρόπο προσέγγισης του προβλήματος και τον τρόπο επίλυσης του. Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζουμε τις παραμέτρους του συστήματος και τα πειραματικά αποτελέσματα. Τέλος στο κεφάλαιο 4 παραθέτουμε τα συμπεράσματα που βγάλαμε και προτείνουμε κάποιες μελλοντικές επεκτάσεις που μπορούν να υλοποιηθούν χρησιμοποιώντας το υπάρχον μοντέλο .

Κεφάλαιο 2ο

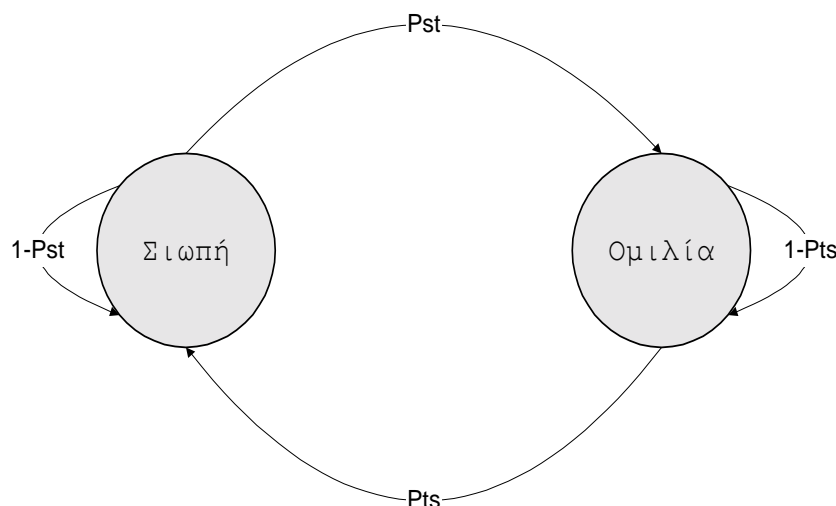
Περιγραφή Μοντέλου Συστήματος και Πρωτοκόλλων Μετάδοσης και Χρονοπρογραμματισμού Βασικού Σταθμού

Στο κεφάλαιο 2 θα περιγράψουμε το μοντέλο του συστήματος και τις παραμέτρους του. Αρχικά θα περιγράψουμε τα μοντέλα χρηστών που το σύστημά μας θα εξυπηρετήσει. Πιο συγκεκριμένα στο μέρος 2.1 θα περιγράψουμε το μοντέλο των χρηστών φωνής και στη συνέχεια στο 2.2 των χρηστών δεδομένων. Στο μέρος 2.3 θα περιγράψουμε τα πρωτόκολλα μετάδοσης που θα χρησιμοποιήσουμε, ενώ στο μέρος 2.4 θα παρουσιάσουμε τον τρόπο με τον οποίο ο base station διανέμει τις χρονοθυρίδες του καναλιού στους χρήστες του συστήματος. Ενώ στο τέλος στο μέρος 2.5 θα αναφερθούμε στις μετρικές απόδοσης που θα χρησιμοποιήσουμε.

2.1 Χρήστες Φωνής

Για να προσομοιώσουμε τη γέννηση πληροφορίας των τερματικών φωνής θα χρησιμοποιήσουμε το προσεγγιστικό Μαρκοβιανό μοντέλο του σχήματος 2.1, για το οποίο κάνουμε τις παρακάτω υποθέσεις.

1. Τα τερματικά φωνής είναι εξοπλισμένα με ένα αργό ανιχνευτή φωνής [9,10], που ανταποκρίνεται μόνο στις κύριες περιόδους ομιλίας (π.χ περίοδοι ομιλίας > 20 ms) και σιωπής που οφείλονται στο γεγονός ότι ο χρήστης φωνής σταματάει να μιλάει είτε επειδή θέλει να ακούσει είτε να σκεφτεί(π.χ. περίοδοι σιωπής > 200 ms). Έτσι οι πηγές φωνής εναλλάσσονται μεταξύ περιόδων ομιλίας και σιωπής (on και off) και η δραστηριότητα της πηγής φωνής μπορεί να μοντελοποιηθεί σαν μια μαρκοβιανή αλυσίδα διακριτού χρόνου, δύο καταστάσεων όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2.1 Μοντέλο για την δραστηριότητα της πηγής της φωνής.

Για το παραπάνω μοντέλο έχουμε ότι η πιθανότητα μετάβασης από ομιλία σε σιωπή είναι η P_{TS} και η πιθανότητα της μετάβασης από σιωπή σε ομιλία είναι η P_{ST} . Οι περίοδοι ομιλίας και σιωπής είναι γεωμετρικά κατανομημένες με μέση διάρκεια $1/P_{TS}$ και $1/P_{ST}$, μονάδες χρόνου, αντίστοιχα. Σε μόνιμη κατάσταση λοιπόν για ένα τερματικό φωνής η πιθανότητα να είναι σε κατάσταση ομιλίας ισούται με

$$P_T = \frac{P_{ST}}{(P_{ST} + P_{TS})} \text{ και να είναι σε κατάσταση σιωπής ισούται με } P_S = 1 - P_T .$$

2. Ο αριθμός των ενεργών τερματικών φωνής στο σύστημα θεωρείται ότι είναι σταθερός στην διάρκεια της προσομοίωσης μας.
3. Οι αλλαγές κατάστασης των ενεργών χρηστών φωνής μπορούν να γίνουν στην αρχή οποιαδήποτε χρονοθυρίδας (σε αντίθεση με την ευρέως χρησιμοποιούμενη υπόθεση ότι λαμβάνουν χώρα στην αρχή των χρονικών πλαισίων του καναλιού), κάτι το οποίο όπως θα εξηγήσουμε παρακάτω μας οδηγεί σε ένα διαφορετικό τρόπο προσέγγισης του προβλήματος.
4. Οι χρήστες φωνής που εξυπηρετεί το σύστημα, έχουν ένα άνω όριο στην καθυστέρηση που μπορούν να υποστούν. Εάν η καθυστέρηση που έχει υποστεί ένα πακέτο φωνής είναι μεγαλύτερη από αυτό το πάνω όριο, τότε το πακέτο αυτό πετιέται και αντικαθιστάται με το καινούργιο πακέτο που έχει γεννήσει η αντίστοιχη πηγή φωνής.
5. Το κανάλι μας θεωρούμε ότι δεν έχει θόρυβο, και επίσης υποθέτουμε ότι ο βασικός σταθμός δεν έχει την δυνατότητα να διακρίνει την αίτηση ενός τερματικού φωνής όταν υπάρχει πολλαπλή ταυτόχρονη μετάδοση αιτήσεων στην ίδια χρονοθυρίδα (χωρίς δηλαδή capture effect). Επίσης υποθέτουμε ότι ο σταθμός βάσης μεταδίδει σωστά την πληροφορία για τις κρατήσεις των χρονοθυρίδων πριν από την αρχή του επόμενου πλαισίου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, λάθη να μπορούν να συμβούν μόνο όταν δύο ή περισσότερα πακέτα πληροφορίας μεταδοθούν από διαφορετικά τερματικά στην ίδια χρονοθυρίδα.
6. Όταν ένα τερματικό φωνής αλλάξει κατάσταση από ομιλία σε σιωπή, τότε για να αποδεσμευτεί η χρονοθυρίδα πρέπει να μεταδώσει στο επόμενο ή στο ίδιο πλαίσιο. Αυτό εξαρτάται από το εάν έχει μεταδώσει στη δεσμευμένη του

χρονοθυρίδα πριν αλλάξει κατάσταση ή όχι , ένα πακέτο που ένα μέρος του είναι άδειο, για να καταλάβει ο βασικός σταθμός ότι άλλαξε κατάσταση το τερματικό αυτό και να ελευθερώσει την αντίστοιχη χρονοθυρίδα που είχε δεσμεύσει.

2.1.1 Μεταβάσεις Καταστάσεων Συστήματος των Τερματικών Φωνής

Ένα ενεργό τερματικό φωνής θα βρίσκεται κάθε χρονική στιγμή σε κάποια από τις τρεις παρακάτω καταστάσεις :

- ♦ **Σιωπής:**

Ένα τερματικό φωνής που βρίσκεται σε κατάσταση σιωπής , δεν έχει πακέτα να μεταδώσει οπότε δεν χρειάζεται πόρους από το σύστημα (χρονοθυρίδες).

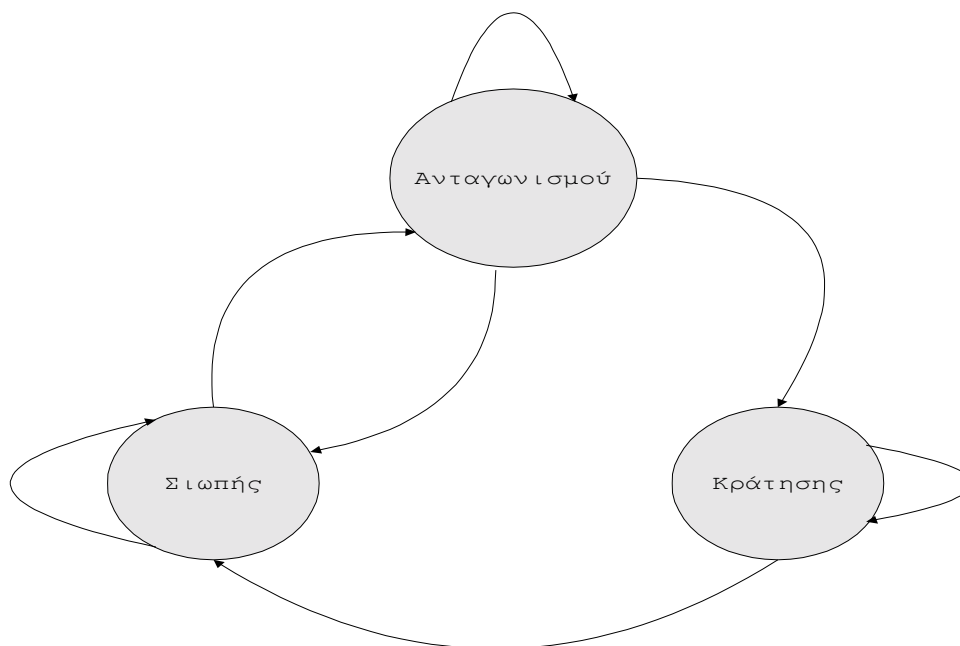
- ♦ **Ανταγωνισμού:**

Όταν ένα τερματικό φωνής αλλάζει κατάσταση από Σιωπής σε Ομιλία, τότε μπαίνει στην κατάσταση ανταγωνισμού. Το τερματικό αυτό χρησιμοποιεί το πακέτο του για να ανταγωνιστεί για τις ελεύθερες χρονοθυρίδες που υπάρχουν στο πλαίσιο. Τα τερματικά φωνής παραμένουν σε αυτή την κατάσταση είτε μέχρι να μεταδώσουν επιτυχώς οπότε μεταβαίνουν στην κατάσταση Κράτησης, είτε μέχρι να εξαντλήσουν τα πακέτα τους και να γυρίσουν στην κατάσταση Σιωπής.

- ♦ **Κράτησης:**

Ένα τερματικό φωνής που βρίσκεται στην κατάσταση κράτησης μεταδίδει ένα πακέτο φωνής ανά πλαίσιο στη χρονοθυρίδα που κάθε φορά του δίδει ο σταθμός βάσης, μέχρι να μεταδώσει όλα τα πακέτα του και να γυρίσει στην κατάσταση Σιωπής.

Το διάγραμμα καταστάσεων που παραστάνει τις καταστάσεις συστήματος των χρηστών φωνής και τις αλλαγές τους φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

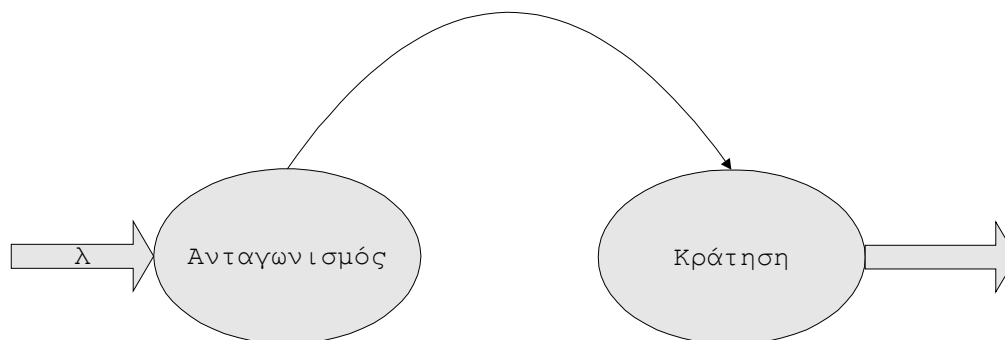


Σχήμα 2.2 Διάγραμμα αλλαγής κατάστασης για ένα ενεργό χρήστη φωνής.

2.2 Χρήστες Δεδομένων

Οι χρήστες δεδομένων, θεωρούμε ότι απαιτούν κάθε φορά να μεταδώσουν ένα μικρό αριθμό πακέτων. Για παράδειγμα, μπορούμε να αναφέρουμε τους χρήστες που θέλουν να λάβουν ένα message ή τους χρήστες που θέλουν να διαβάσουν το email τους. Για να μοντελοποιήσουμε την παραπάνω ομάδα χρηστών δεδομένων θεωρούμε ότι έχουμε ένα μεγάλο αριθμό τέτοιων χρηστών, θεωρητικά άπειρο, και ότι οι συνολικές αφίξεις μηνυμάτων δεδομένων ακολουθούν διαδικασία Poisson με μέσο όρο λ μηνύματα ανά πλαίσιο. Επίσης υποθέτουμε ότι ο αριθμός των πακέτων που έχουν τα μηνύματα είναι γεωμετρικά κατανομημένος με παράμετρο q και μέση τιμή $B=1/q$. Έτσι ο συνολικός ρυθμός άφιξης πακέτων δεδομένων στο σύστημα είναι λB πακέτα ανά πλαίσιο. Οι χρήστες δεδομένων όπως και οι χρήστες φωνής για να αποκτήσουν κράτηση στο κανάλι πρέπει να ανταγωνιστούν με τα άλλα τερματικά που θέλουν και αυτά πρόσβαση. Έτσι έχουμε δύο καταστάσεις για τους χρήστες δεδομένων. Την κατάσταση ανταγωνισμού και την κατάσταση κράτησης κατά την οποία τα τερματικά δεδομένων μεταδίδουν την πληροφορία τους με ένα τρόπο που θα περιγράψουμε παρακάτω.

Το διάγραμμα καταστάσεων που παραστάνει τις καταστάσεις των χρηστών δεδομένων και τις αλλαγές καταστάσεων φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2.3 Διάγραμμα αλλαγής κατάστασης για ένα Τερματικό Δεδομένων.

2.3 Πρωτόκολλα Μετάδοσης

Τα τερματικά φωνής και δεδομένων που έχουν πακέτα να μεταδώσουν και τα οποία δεν έχουν καταφέρει να κάνουν κράτηση, αγωνίζονται για να λάβουν πόρους από το σύστημα μας χρησιμοποιώντας ένα αλγόριθμο πολλαπλής προσπέλασης μέσου με σκοπό να μεταδώσουν τις αιτήσεις τους. Στο τέλος κάθε χρονοθυρίδας ο σταθμός βάσης μεταδίδει ένα μικρό πακέτο ανάδρασης που δηλώνει την παρουσία ή την απουσία σύγκρουσης στη χρονοθυρίδα που πέρασε. Επειδή το πακέτο είναι πάρα πολύ μικρό, αποτελείται από λίγα μόνο bits, θεωρούμε ότι η ανάδραση είναι γνωστή στα ενδιαφερόμενα τερματικά πριν από την αρχή της επόμενης χρονοθυρίδας. Όταν ένα τερματικό δει ότι πέτυχε στην μετάδοσή του θα περιμένει μέχρι το τέλος του πλαισίου για να μάθει σε ποια ή ποιες (εάν είναι τερματικό δεδομένων) χρονοθυρίδες θα μεταδώσει στο επόμενο πλαίσιο. Αφού αποκτήσει κράτηση θα πρέπει στο τέλος κάθε πλαισίου να ενημερώνεται για τις χρονοθυρίδες του επόμενου πλαισίου στις οποίες θα μεταδώσει.

2.3.1 Χρήστες Φωνής

Οι χρήστες φωνής στο σύστημά μας έχουν την ιδιαιτερότητα να αλλάζουν κατάσταση σε οποιαδήποτε χρονοθυρίδα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μην είναι εύκολο να χρησιμοποιήσουμε αλγόριθμους όπως ο 2 Cell Stack ή τεχνικές κρατήσεων με χρήση μικροχρονοθυρίδων (minislots) που χαρακτηρίζονται από ευστάθεια και σχετικά υψηλές αποδόσεις. Έτσι είμαστε "αναγκασμένοι" να χρησιμοποιήσουμε πρωτόκολλα μετάδοσης για την προσπέλαση μέσου, τα οποία είναι λιγότερο αποδοτικά και μπαίνουν πιο εύκολα σε αστάθεια, όπως είναι ο αλγόριθμός PRMA[18,11] και επίσης ένας βελτιωμένος αλγόριθμος PRMA που εμείς προτείνουμε.

2.3.1.1 PRMA

Στον πρωτόκολλο αυτό ένα Τερματικό φωνής που βρίσκεται στην κατάσταση ανταγωνισμού μπορεί να μεταδώσει το πακέτο του μόνο όταν η χρονοθυρίδα είναι ελεύθερη ή μη δεσμευμένη και το τερματικό έχει άδεια να μεταδώσει. Η άδεια για να μεταδώσει καθορίζεται από μια ψευδοτυχαία γεννήτρια τυχαίων αριθμών με πιθανότητα p για κάθε χρονοθυρίδα. Η απόδοση του PRMA είναι ευαίσθητη στην επιλογή της παραμέτρου p που είναι και μία από τις παραμέτρους σχεδίασης του συστήματος[24].

2.3.1.2 Βελτιωμένος PRMA

Το πρωτόκολλο αυτό είναι το ίδιο με τον PRMA με την διαφορά ότι τα τερματικά που μόλις μπήκαν από την κατάσταση Σιωπής στην κατάσταση Ανταγωνισμού, μεταδίδουν στη πρώτη ελεύθερη χρονοθυρίδα που βρίσκουν με πιθανότητα 1. Εάν συμβεί σύγκρουση, τότε για τις μετέπειτα προσπάθειες τους χρησιμοποιούν την πιθανότητα p .

2.3.2 Χρήστες Δεδομένων

Επειδή οι χρήστες δεδομένων υποτίθεται ότι μπαίνουν στην κατάσταση Ανταγωνισμού στην αρχή κάθε πλαισίου μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε πιο ευσταθείς αλγόριθμους. Ένας τέτοιος είναι ο 2 Cell Stack[12,13] ο οποίος διακρίνεται για την απλότητα λειτουργίας του, την ευστάθεια που έχει και την σχετικά μεγάλη απόδοσή του.

2.3.2.1 Αλγόριθμος 2 Cell Stack

Ο 2 Cell Stack αλγόριθμος που υλοποιήσαμε βασίζεται στον αλγόριθμο που παρουσιάστηκε στο [13].

1. Στην αρχή κάθε πλαισίου, κάθε τερματικό που βρίσκεται στην κατάσταση Ανταγωνισμού αρχικοποιεί έναν μετρητή r σε 0 ή 1 με πιθανότητα $\frac{1}{2}$.
2. Τα τερματικά που βρίσκονται στην κατάσταση Ανταγωνισμού, των οποίων η τιμή του r είναι 0, μεταδίδουν στη πρώτη ελεύθερη χρονοθυρίδα.

Εάν χ είναι η τιμή της ανάδρασης για αυτή την μετάδοση, τότε ο μετρητής r ανανεώνεται ως εξής:

a. Εάν $\chi =$ όχι σύγκρουση:

Εάν $r = 0$, τότε το πακέτο μεταδόθηκε επιτυχώς.

Εάν $r = 1$, τότε $r = 0$

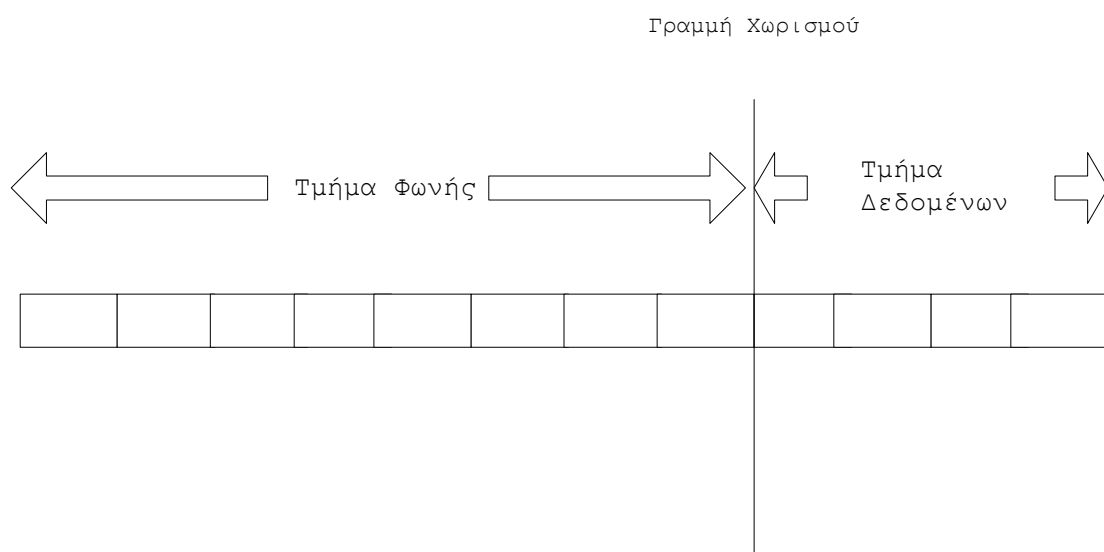
b. Εάν $\chi =$ σύγκρουση:

Εάν $r = 0$, τότε ξανά αρχικοποίησε τον μετρητή r σε 0 ή 1 με πιθανότητα $\frac{1}{2}$.

Εάν $r = 1$, τότε καμιά αλλαγή.

2.4 Χρονοπρογραμματισμός του Βασικού Σταθμού

Ο Βασικός σταθμός για την ολοκλήρωση φωνής και δεδομένων χωρίζει το πλαίσιο του καναλιού σε δύο κομμάτια. Στο τμήμα που ανήκει στα Τερματικά Φωνής και σε αυτό που κυρίως ανήκει στα Τερματικά Δεδομένων , όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2.4 Διαχωρισμός Καναλιού

Στη συνέχεια στο μέρος 2.4.1 θα αναφερθούμε στο τμήμα που είναι για την φωνή και πως το χρησιμοποιεί ο Βασικός σταθμός, ενώ στο 2.4.2 θα αναφερθούμε στο τμήμα των δεδομένων. Στο μέρος 2.4.3 θα αναφερθούμε σε μία τεχνική που χρησιμοποιούμε για να βοηθήσουμε τα τερματικά φωνής να μην χάσουν πακέτα όταν η αντίστοιχη καθυστέρηση πακέτου πλησιάζει το άνω όριο της, την οποία την ονομάζουμε Kamikazi. Τελικά στο 2.4.4 θα αναφερθούμε στον τρόπο που ο βασικός σταθμός υλοποιεί την Γραμμή Χωρισμού του πλαισίου.


2.4.1 Τμήμα Φωνής

Αρχικά πρέπει να τονίσουμε ότι στο τμήμα της φωνής όλες οι δεσμευμένες χρονοθυρίδες διατίθενται στα τερματικά φωνής και επίσης οι ελεύθερες χρονοθυρίδες στα τερματικά φωνής που βρίσκονται στην κατάσταση ανταγωνισμού. Πρέπει να αναφέρουμε στο σημείο αυτό ότι κάτω από προϋποθέσεις που θα αναφέρουμε στο επόμενο μέρος τα τερματικά φωνής που βρίσκονται στην κατάσταση ανταγωνισμού μπορούν να έχουν πρόσβαση και στο τμήμα των δεδομένων.

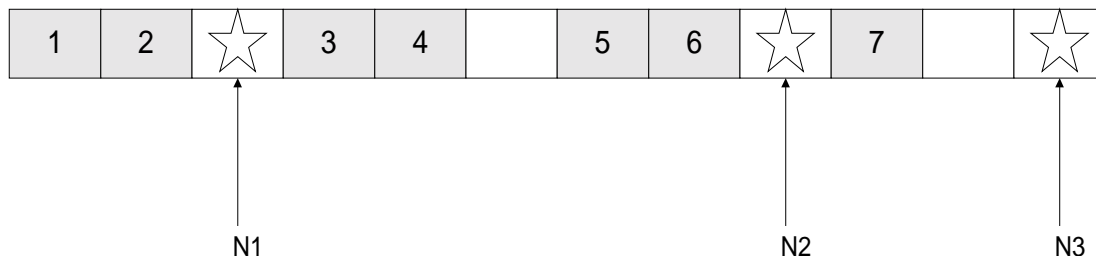
Όπως γνωρίζουμε σε κάθε πλαίσιο, κάθε τερματικό φωνής που βρίσκεται στην κατάσταση κράτησης χρησιμοποιεί μια χρονοθυρίδα για να μεταδώσει το πακέτο του. Η χρονοθυρίδα που δίνεται σε κάθε τέτοιο τερματικό δεν είναι κατά ανάγκη η ίδια σε κάθε πλαίσιο αφού ο βασικός σταθμός προσπαθεί μέσα στο τμήμα της φωνής να διασπείρει τα τερματικά φωνής όσο περισσότερο μπορεί για να έχει καλύτερη απόδοση ο βελτιωμένος αλγόριθμος PRMA που χρησιμοποιούμε. Ένα παράδειγμα για τα παραπάνω περιγράφεται τώρα με βάση τα παρακάτω τρία σχήματα. Στο πρώτο σχήμα βλέπουμε το κανάλι στην αρχή του πλαισίου στη συνέχεια βλέπουμε που έγιναν οι κρατήσεις και από ποια τερματικά και στο τελευταίο σχήμα βλέπουμε πως θα είναι το κανάλι στη αρχή του επόμενου πλαισίου.

1	2		3	4		5	6		7		
---	---	--	---	---	--	---	---	--	---	--	--

Σχήμα 2.4 Κανάλι στην αρχή του πλαισίου.

Στο παραπάνω σχήμα το  συμβολίζει χρονοθυρίδα που έχει κράτηση και ο αριθμός στο εσωτερικό είναι το id του τερματικού στο οποίο αντιστοιχεί η κράτηση. Τα λευκά κουτιά συμβολίζουν τις ελεύθερες χρονοθυρίδες.

Στην συνέχεια παραθέτουμε το σχήμα στο τέλος του πλαισίου όπου φαίνονται οι νέες κρατήσεις που έγιναν.



Σχήμα 2.5 Κανάλι στο τέλος του πλαισίου.

Με τα αστέρια συμβολίζουμε τις χρονοθυρίδες στις οποίες έγιναν επιτυχείς μεταδόσεις πακέτων, που είχαν σαν αποτέλεσμα να αποκτήσουν κράτηση τα αντίστοιχα τερματικά. Με N1, N2 και N3 συμβολίζουμε τα id's αυτών των τερματικών.

Στην αρχή του επόμενου πλαισίου το κανάλι θα είναι όπως φαίνεται παρακάτω.



Σχήμα 2.5 Κανάλι στην αρχή του επόμενου πλαισίου.

2.4.2 Τμήμα Δεδομένων

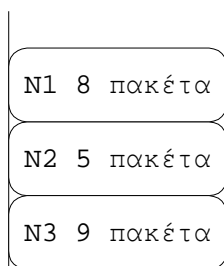
Ο κύριος στόχος του βασικού σταθμού σε αυτό το τμήμα του πλαισίου του καναλιού είναι να χρησιμοποιήσουμε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο αριθμό χρονοθυρίδων, αφού από τη μια μεριά θεωρούμε ότι τα τερματικά φωνής καλύπτονται από το τμήμα Φωνής και από την άλλη τα τερματικά δεδομένων δεν υπόκεινται σε περιορισμό, όσον αφορά άνω όριο καθυστέρησης των πακέτων τους. Για αυτό το λόγο ο βασικός σταθμός δίνει όλες τις διαθέσιμες χρονοθυρίδες που έχει

στα τερματικά δεδομένων που έχουν κάνει κράτηση έτσι ώστε να τελειώσουν όσο πιο γρήγορα γίνεται ,με προτεραιότητα στο τερματικό που έχει να μεταδώσει τα λιγότερα πακέτα. Στο επόμενο πλαίσιο τα νέα τερματικά δεδομένων που θα γεννήσουν μηνύματα για μετάδοση θα μπουν και αυτά στη λίστα αναμονής με βάση την παραπάνω προτεραιότητα. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφέρουμε ότι τα νέα τερματικά αυτά αφού τα ταξινομήσουμε μεταξύ τους τα βάζουμε στο τέλος της ουράς που υπάρχει.

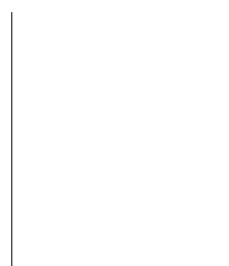
Ένα παράδειγμα είναι το παρακάτω που αναπτύσσεται με βάση τα τρία επόμενα σχήματα.

Αρχικά βλέπουμε το κανάλι στην αρχή του πλαισίου (Τα τερματικά 1,2 και 3 έχουν κράτηση για δυο , τέσσερις και μια χρονοθυρίδες ,αντίστοιχα). Επίσης βλέπουμε τα τερματικά δεδομένων που έχουν κάνει κράτηση αλλά δεν τους έχει δοθεί ακόμα χρονοθυρίδα (κανένα στο συγκεκριμένο παράδειγμα) και τέλος τα τερματικά δεδομένων που είναι στην κατάσταση ανταγωνισμού (τρία στο παράδειγμά μας).

			1	1	2	2	2	2	3
--	--	--	---	---	---	---	---	---	---



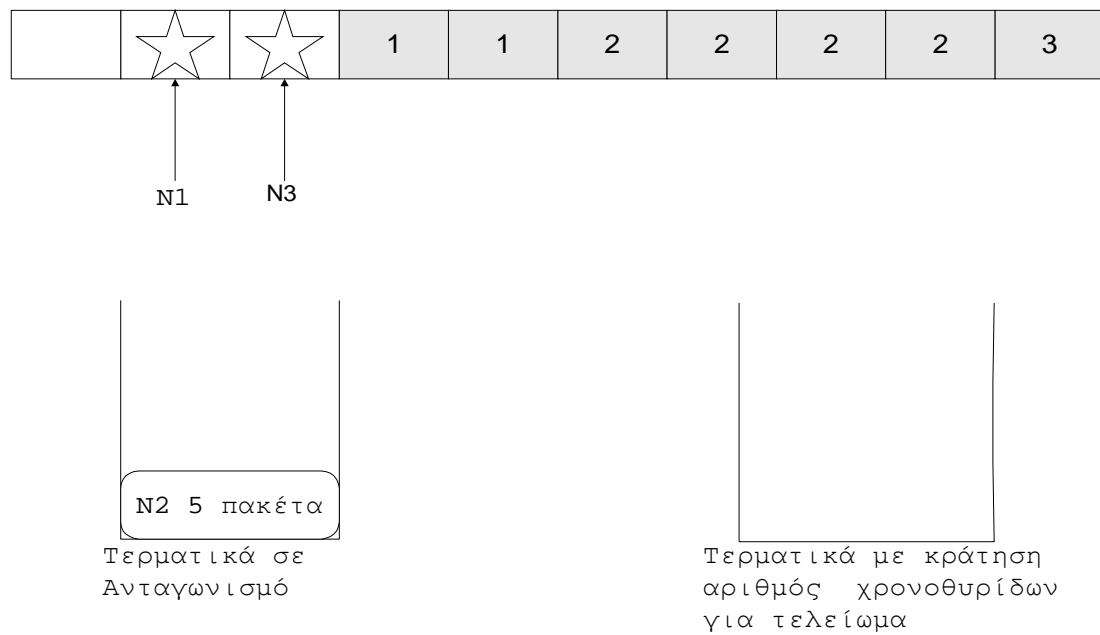
Τερματικά σε
Ανταγωνισμό



Τερματικά με κράτηση
αριθμός χρονοθυρίδων
για τελείωμα

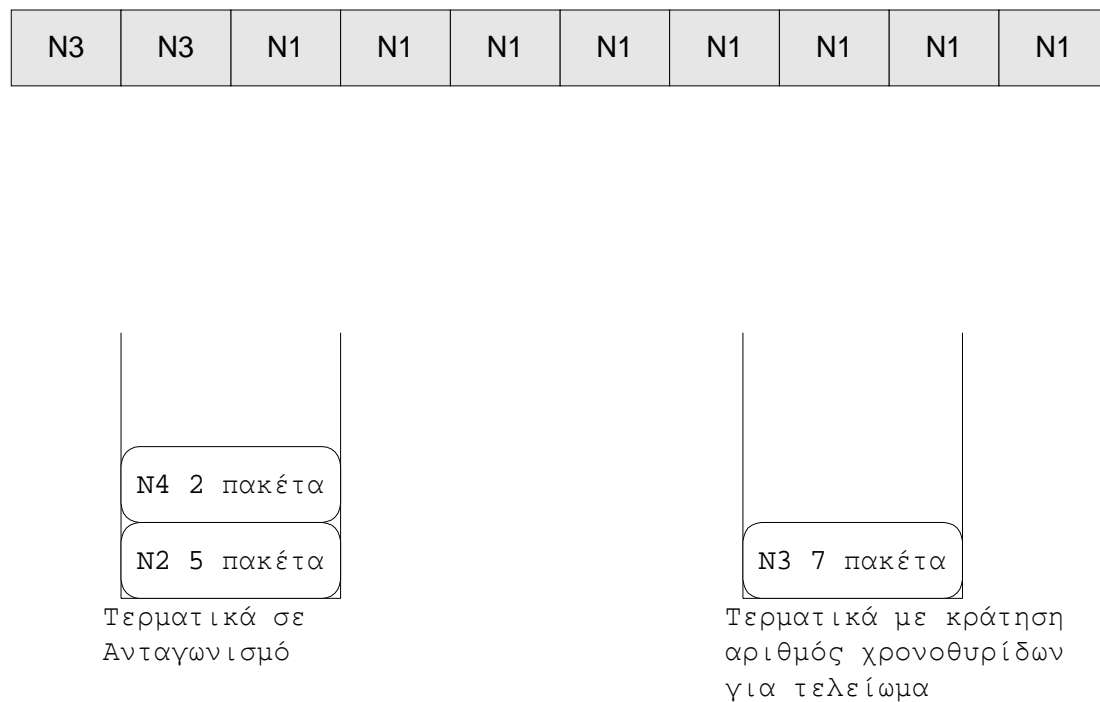
Σχήμα 2.5 Κανάλι στην αρχή του πλαισίου.

Ακολουθεί το κανάλι στο τέλος του πλαισίου.



Σχήμα 2.6 Κανάλι στο τέλος του πλαισίου.

Τα τερματικά N1 και N3 μεταδίδουν επιτυχώς πακέτο στις ελεύθερες χρονοθυρίδες του τμήματος δεδομένων του πλαισίου. Συνεπώς το κανάλι στην αρχή του επόμενου πλαισίου θα είναι όπως παρακάτω.



Σχήμα 2.7 Κανάλι στην αρχή του επόμενου πλαισίου.

Θα πρέπει να αναφέρουμε στο σημείο αυτό ότι εάν υπάρχουν ελεύθερες χρονοθυρίδες ,τότε μαζί με τα τερματικά δεδομένων που βρίσκονται στην κατάσταση ανταγωνισμού θα ανταγωνιστούν για αυτές τις χρονοθυρίδες και τερματικά φωνής για τα οποία έχει παρέλθει χρόνος μεγαλύτερος από την διάρκεια ενός πλαισίου χωρίς να έχουν καταφέρει να μεταδώσουν πακέτο και να κάνουν κράτηση.

2.4.3 Τεχνική Kamikazi

Στο σύστημά μας όπως έχουμε ήδη αναφέρει τα τερματικά φωνής έχουν την απόλυτη προτεραιότητα. Για αυτό τον λόγο υλοποιήσαμε μια τεχνική την οποία ονομάσαμε Kamikazi με σκοπό να βοηθήσουμε τα τερματικά φωνής να μην χάσουν πακέτα. Η τεχνική αυτή εξηγείται παρακάτω.

Εάν ένα τερματικό φωνής δεν έχει κατορθώσει μέσα στο πρώτο πλαίσιο από τότε που έγινε ενεργό να μεταδώσει επιτυχώς το πακέτο του, τότε μπορεί να μεταδώσει σε μια δεσμευμένη χρονοθυρίδα από ένα τερματικό δεδομένων, καταστρέφοντας έτσι την μετάδοση του τερματικού δεδομένων. Εάν συμβεί αυτό τότε το τερματικό δεδομένων που θα μετέδιδε στην επόμενη χρονοθυρίδα ,δεν μεταδίδει αλλά θα την αφήσει για το τερματικό φωνής. Στην επόμενη όμως δεσμευμένη χρονοθυρίδα δεδομένων , το αντίστοιχο τερματικό δεδομένων μεταδίδει κανονικά. Τα παραπάνω ισχύουν μόνο όταν ένα τερματικό φωνής μεταδώσει πακέτο και καταστρέψει δεσμευμένη χρονοθυρίδα .Εάν αντίθετα ο βασικός σταθμός καταλάβει ότι στην συγκεκριμένη χρονοθυρίδα προσπάθησαν να μεταδώσουν παραπάνω από ένα τερματικά φωνής τότε η επόμενη δεσμευμένη χρονοθυρίδα δεδομένων δεν παραχωρείται ,επειδή δεν θέλουμε να ξεκινήσουμε ένα Voice Contention Period πάνω σε ήδη δεσμευμένες χρονοθυρίδες. Τα τερματικά φωνής που συγκρούστηκαν σε αυτή την περίπτωση, δεν επιτρέπεται να μεταδώσουν ξανά στις δεσμευμένες χρονοθυρίδες δεδομένων μέχρι το τέλος αυτού του πλαισίου.

2.4.4 Γραμμή Χωρισμού(Separation Boundary)

Ο στόχος του βασικού σταθμού είναι να δώσει τόσες χρονοθυρίδες στο τμήμα της φωνής, ώστε οι χρήστες φωνής να μην αντιμετωπίσουν προβλήματα καθυστέρησης και να χάσουν πακέτα που να υπερβαίνουν τα επιτρεπτά όρια. Για αυτόν ακριβώς το λόγο και επειδή μεγαλύτερη προτεραιότητα έχουν τα τερματικά φωνής ο υπολογισμός της γραμμής χωρισμού γίνεται αποκλειστικά λαμβάνοντας υπόψη τις ανάγκες των χρηστών φωνής.

Με βάση τα παραπάνω στο τέλος κάθε πλαισίου ο βασικός σταθμός υπολογίζει την καινούργια θέση της γραμμή χωρισμού, η οποία υπολογίζεται ως εξής:

$$\begin{array}{l} \text{Θέση} \\ \text{Γραμμής} \\ \text{Χωρισμού} \end{array} \begin{array}{l} \text{Αριθμός} \\ \text{Κρατήσεων} \\ \text{απο} \\ \text{Τερματικά} \\ \text{Φωνής} \end{array} + \begin{array}{l} \text{Αριθμός} \\ \text{Κρατήσεων} \\ \text{από Νέα} \\ \text{Τερματικά} \\ \text{Φωνής} \end{array} + K + T * \text{Backlogged}$$

Με τον όρο Αριθμός Κρατήσεων από Τερματικά Φωνής εννοούμε τον αριθμό των χρονοθυρίδων που θα δώσουμε στα τερματικά φωνής που είχαν κάνει κράτηση σε προηγούμενα πλαίσια και δεν άλλαξαν κατάσταση ,δηλαδή συνεχίζουν να βρίσκονται σε κατάσταση Ομιλίας ,σε αυτό το πλαίσιο.

Με τον όρο Αριθμός Κρατήσεων από Νέα Τερματικά Φωνής εννοούμε τον αριθμό των χρονοθυρίδων που θα δώσουμε στα τερματικά φωνής που πέτυχαν να κάνουν κράτηση σε αυτό το πλαίσιο.

Οι παραπάνω χρονοθυρίδες είναι αυτές η οποίες είναι δεσμευμένες από τα τερματικά φωνής που είναι στην κατάσταση Κράτησης.

Οι υπόλοιπες χρονοθυρίδες που προσθέτουμε προορίζονται για τα τερματικά φωνής που βρίσκονται στην κατάσταση Ανταγωνισμού για τον αριθμό των οποίων μπορούμε να κάνουμε μόνο εκτίμηση. Αυτά τα τερματικά τα χωρίζουμε σε δύο κατηγορίες , στην πρώτη ανήκουν τα τερματικά τα οποία σε κάποια χρονική στιγμή μέσα στο πλαίσιο θα αλλάξουν κατάσταση και θα μεταβούν από την κατάσταση Σιωπής στην κατάσταση Ανταγωνισμού ,ενώ στην δεύτερη κατηγορία είναι τα τερματικά που ήδη από το προηγούμενο πλαίσιο ήταν στην κατάσταση Ανταγωνισμού και δεν μπόρεσαν να κάνουν κράτηση.

2.4.4.1 Υπολογισμός του K^1

Για την πρώτη από τις παραπάνω κατηγορίες ο τρόπος που χρησιμοποιούμε για να προσεγγίσουμε τον αριθμό των τερματικών, ο οποίος συμβολίζεται με K , είναι ο παρακάτω.

Τα σύμβολα που θα χρησιμοποιήσουμε είναι τα εξής:

N : Συνολικός αριθμός χρηστών φωνής.

P_T : Η πιθανότητα ένα τερματικό φωνής να βρίσκεται σε κατάσταση Ομιλίας, δηλαδή να έχει πακέτα φωνής για μετάδοση

N_R : Ο αριθμός των τερματικών φωνής που έχουν κάνει κράτηση.

N_S : Ο αριθμός των τερματικών φωνής που βρίσκονται σε κατάσταση Σιωπής

P_{ST} : Η πιθανότητα να γίνει αλλαγή κατάστασης ενός τερματικού φωνής από Σιωπή σε Ανταγωνισμό.

Σαν πρώτο βήμα από τον αριθμό των χρηστών φωνής που έχουν κάνει κράτηση υπολογίσουμε θεωρητικά τον αριθμό όλων των χρηστών φωνής που βρίσκονται στο σύστημα.

$$N = \frac{N_R}{P_T}$$

Στη συνέχεια υπολογίζουμε τον αριθμό των τερματικών που βρίσκονται στην κατάσταση Σιωπής.

$$N_S = N - N_R$$

Τέλος υπολογίζουμε τον αριθμό των τερματικών που θα αλλάξουν κατάσταση και θα μπουν στην κατάσταση Ανταγωνισμού.

$$K' = N_S * P_{ST}$$

Πρέπει εδώ να αναφέρουμε ότι η μεταβλητή K' για το κανάλι που θεωρούμαι, είναι πολύ μικρότερη του ένα και για αυτό την χρησιμοποιούμε σαν προσωρινή μεταβλητή. Στη συνέχεια ορίζουμε την μεταβλητή M η οποία είναι πάντα μικρότερη του ένα. Η M ισούται με το άθροισμα όλων των K' των προηγούμενων πλαισίων. Μόλις η M πάρει τιμή μεγαλύτερη του ένα, τότε θέτουμε $K=1$ και $M = M + K' - 1$, σε αντίθετη περίπτωση θέτουμε $K = 0$ και $M = M + K'$.

¹ Πρέπει να σημειώσουμε ότι το K στην προσομοίωση μας, δεν έπαιξε σχεδόν καθόλου ρόλο, για τον λόγο ότι τα τερματικά φωνής που προσομοιώνουμε άλλαζαν κατάσταση ύστερα από μερικές εκατοντάδες πλαίσια.

2.4.4.2 Υπολογισμός του Backlog

Ο όρος T είναι μια από της παραμέτρους σχεδίασης του συστήματος μας και θα αναφερθούμε σε αυτόν στο κεφάλαιο 3 που παρουσιάζει τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.

Η παράμετρος Backlog εκτιμά τον αριθμό των τερματικών που ήδη από το προηγούμενο πλαίσιο ήταν στην κατάσταση Ανταγωνισμού και δεν μπόρεσαν να κάνουν κράτηση. Πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό αυτό με το T εκτιμάμε* τον αριθμό των χρονοθυρίδων που χρειάζονται για να μεταδώσουν τα τερματικά αυτά επιτυχώς. Ο υπολογισμός του Backlog γίνεται ως εξής

$$\text{Backlog} = 2 * \text{Collisions} - \text{Successes} ,$$

Όπου Collisions παριστάνει τον αριθμό των συγκρούσεων και Successes τον αριθμό των επιτυχών μεταδόσεων που έγιναν από τερματικά φωνής.

* Φυσικά η εκτίμηση αυτή είναι προσεγγιστική.

2.5 Μετρικές Απόδοσης

2.5.1 Χρήστες Φωνής

2.5.1.1 Πιθανότητα Απόρριψης Πακέτων

Η πιθανότητα απόρριψης πακέτων είναι η βασική μετρική απόδοσης του συστήματος μας. Αυτό που μας ενδιαφέρει είναι να διατηρεί το σύστημά μας ένα αποδεκτό άνω όριο στο ποσοστό των πακέτων φωνής που απορρίπτονται λόγω υψηλής καθυστέρησης που οφείλεται στην ανεπάρκεια πόρων του συστήματος. Το ποσοστό αυτό το μετράμε σαν το κλάσμα των πακέτων που απορρίπτονται στο σύνολο των πακέτων που παράγονται κατά την διάρκεια των περιόδων ομιλίας των τερματικών. Η παραπάνω μετρική έχει αποδειχθεί ότι είναι ίση με το κλάσμα του μέσου αριθμού πακέτων που απορρίπτονται ανά πλαίσιο προς τον μέσο αριθμό των συνολικών πακέτων που παράγονται ανά πλαίσιο από τους χρήστες φωνής.

Αν συμβολίσουμε με $E[T]$ τον μέσο αριθμό πακέτων που έχουν γεννηθεί και με $E[C]$ το μέσο αριθμό πακέτων που απορρίπτονται κατά την διάρκεια του ανταγωνισμού, τότε η πιθανότητα απόρριψης πακέτου ορίζεται ως :

$$P_{\text{drop}} = \frac{E[C]}{E[T]}$$

2.5.1.2 Μέση καθυστέρηση πρόσβασης καναλιού

Με τον όρο μέση καθυστέρηση πρόσβασης καναλιού ορίζουμε το χρόνο μεταξύ της αρχής μιας περιόδου ομιλίας και του τέλους μετάδοσης του πρώτου πακέτου που γέννησε η πηγή φωνής σε κάποια χρονοθυρίδα. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφέρουμε ότι το πρώτο πακέτο φωνής που μεταδίδεται επιτυχώς δεν είναι αναγκαστικά και το πρώτο πακέτο που γέννησε η πηγή φωνής, επειδή λόγω του ανταγωνισμού με τα άλλα τερματικά μπορεί μέχρι να καταφέρει να μεταδώσει επιτυχώς ένα πακέτο φωνής, να έχει χάσει κάποια πακέτα. Με βάση τον παραπάνω

ορισμό βλέπουμε ότι η μέση καθυστέρηση πρόσβασης καναλιού ισούται με την μέση καθυστέρηση τυχαίας προσπέλασης.

2.5.1.3 Μέγιστη απόδοση τερματικών φωνής (Throughput)

Με τον όρο Μέγιστη απόδοση τερματικών φωνής ορίζουμε τον αριθμό των χρονοθυρίδων πληροφορίας ανά πλαίσιο, στις οποίες τα τερματικά που έχουν κάνει κράτηση μεταδίδουν επιτυχώς πακέτα πληροφορίας προς το βασικό σταθμό. Τα πακέτα που θα μεταδοθούν κατά την διάρκεια ενός πλαισίου προέρχονται αποκλειστικά από τα τερματικά φωνής που βρίσκονται ήδη στην κατάσταση κράτησης.

2.5.2 Χρήστες Δεδομένων

2.5.2.1 Μέση καθυστέρηση μηνύματος

Ορίζεται ως ο μέσος χρόνος μεταξύ της γέννησης ενός μηνύματος δεδομένων και του τέλους της μετάδοσης του τελευταίου πακέτου του μηνύματος σε κρατημένη χρονοθυρίδα.. Επειδή στο κανάλι μας οι χρήστες δεδομένων δεν έχουν προτεραιότητα αυτός ο χρόνος εξαρτάται από τον φόρτο του συστήματος μας με τερματικά φωνής.

Κεφάλαιο 3ο

Αποτελέσματα Προσομοίωσης

3.1 Παράμετροι Συστήματος

Στο πειραματικό μέρος χρησιμοποιήσαμε το παρακάτω κανάλι.

Η ταχύτητα του καναλιού είναι 1,8 Mb/s από τις αναφορές [16,17]. Η τεχνική κωδικοποίησης της φωνής που υποθέτουμε ότι χρησιμοποιείται είναι η τεχνική της προσαρμοζόμενης παλμοκωδικής διαμόρφωσης (ADPCM) με ρυθμό κωδικοποίησης 32 Kb/s[2]. Το μέγεθος του πακέτου (53 bytes) επιλέχθηκε για να διατηρηθεί η συμβατότητα του συστήματος με δίκτυα ATM. Οι τιμές τις μέσης διάρκειας ομιλίας και σιωπής παράγουν ένα ποσοστό ενεργούς ομιλίας (δραστηριότητας της πηγής) περίπου ίσο με 44% [16]. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφέρουμε ότι δραστηριότητες όπως το άκουσμα ενός voice mail ή ομιλία από answering machine μπορεί να οδηγήσουν σε διαφορετικές κατανομές ομιλίας σιωπής. Παρόλα αυτά οι τιμές αυτές επιλέχθηκαν έτσι ώστε να καλύπτουν περιπτώσεις αργής ανίχνευσης ομιλίας. Για παράδειγμα για μέση διάρκεια ομιλίας / σιωπής 1.0/1.35 s[9] και 1.41/1.74 s [17] παράγονται δραστηριότητες φωνής περίπου ίσες με 43% και 45% , αντίστοιχα.

Δεδομένων των παραπάνω τιμών οι διάρκεια του πλαισίου είναι 12ms πράγμα που προκύπτει ως εξής:

$$\text{Διάρκεια Πλαισίου} = \frac{\text{Μήκος Πληροφορίας}}{\text{Ρυθμός Κωδικοποίησης}} = \frac{384\text{bits}}{32\text{Kb/s}} = 12\text{ms} .$$

Ο αριθμός χρονοθυρίδων που θα έχει ένα πλαίσιο του συστήματός μας υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{Αριθμός Χρονοθυρίδων} = \frac{\frac{\text{Διάρκεια Πλαισίου}}{\text{Μήκος Πακέτου}}}{\text{Ταχύτητα Καναλιού}} = \frac{\frac{12ms}{424bits}}{1,8Mb/s} = 51$$

Για λόγους όμως συγχρονισμού και απαιτούμενου χρόνου προφύλαξης (guard time), θεωρούμε ότι ο αριθμός των χρονοθυρίδων ανά πλαίσιο είναι ίσο με 50 .

Συγκεντρωτικά οι παράμετροι του συστήματος μας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Παράμετρος	Τιμή
Ταχύτητα καναλιού	1,8Mb/s
Ρυθμός κωδικοποίησης φωνής	32 Kb/s
Μήκος Πακέτου : (Επικεφαλίδα/Μήκος Πληροφορίας)	424bits (40/384 bits)
Διάρκεια πλαισίου	12ms
Όριο καθυστέρησης χρηστών φωνής	24ms
Χρονοθυρίδες πληροφορίας (ανά πλαίσιο)	50χρονοθυρίδες
Μέση χρονική διάρκεια ομιλίας	1.41s
Μέση χρονική διάρκεια σιωπής	1.78s

Πίνακας 3.1

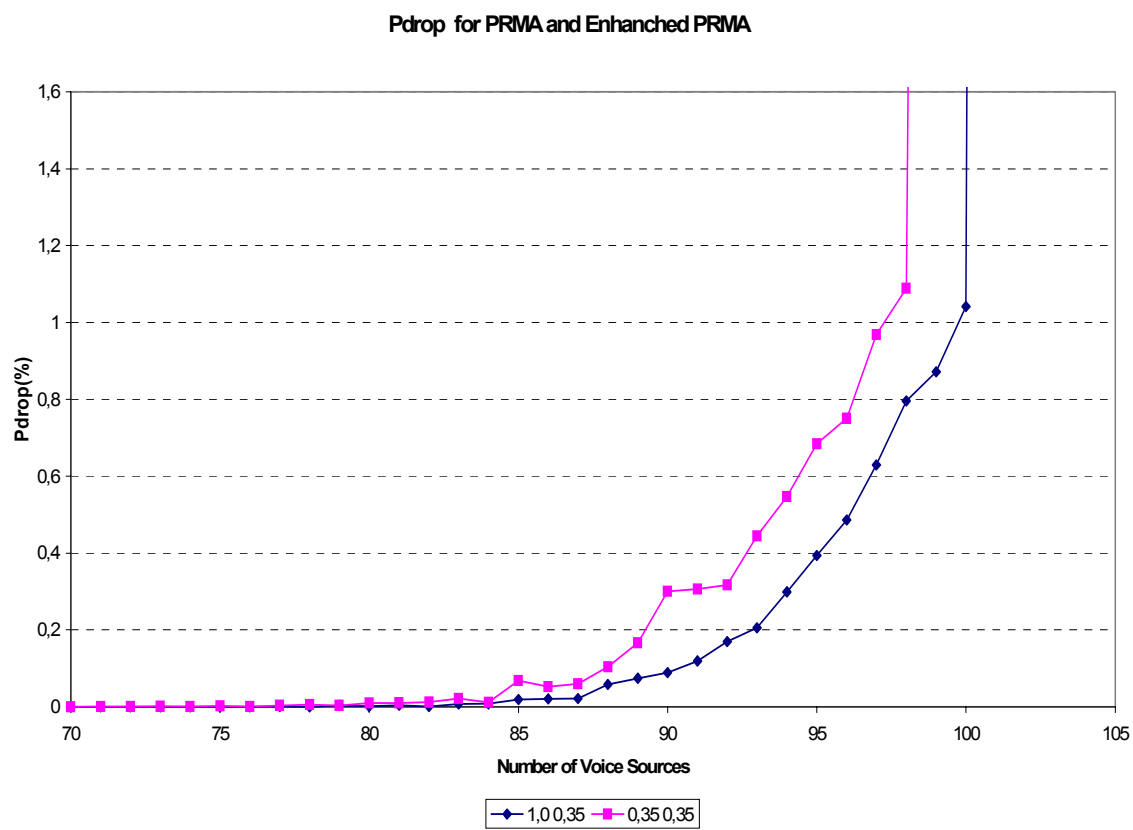
3.2 Απόδοση όταν στο Σύστημα Υπάρχουν Μόνο Χρήστες Φωνής

Για τους χρήστες φωνής όπως εξηγήσαμε στην παράγραφο 2.5.1 εξετάζουμε τις παρακάτω τρεις μετρικές απόδοσης :

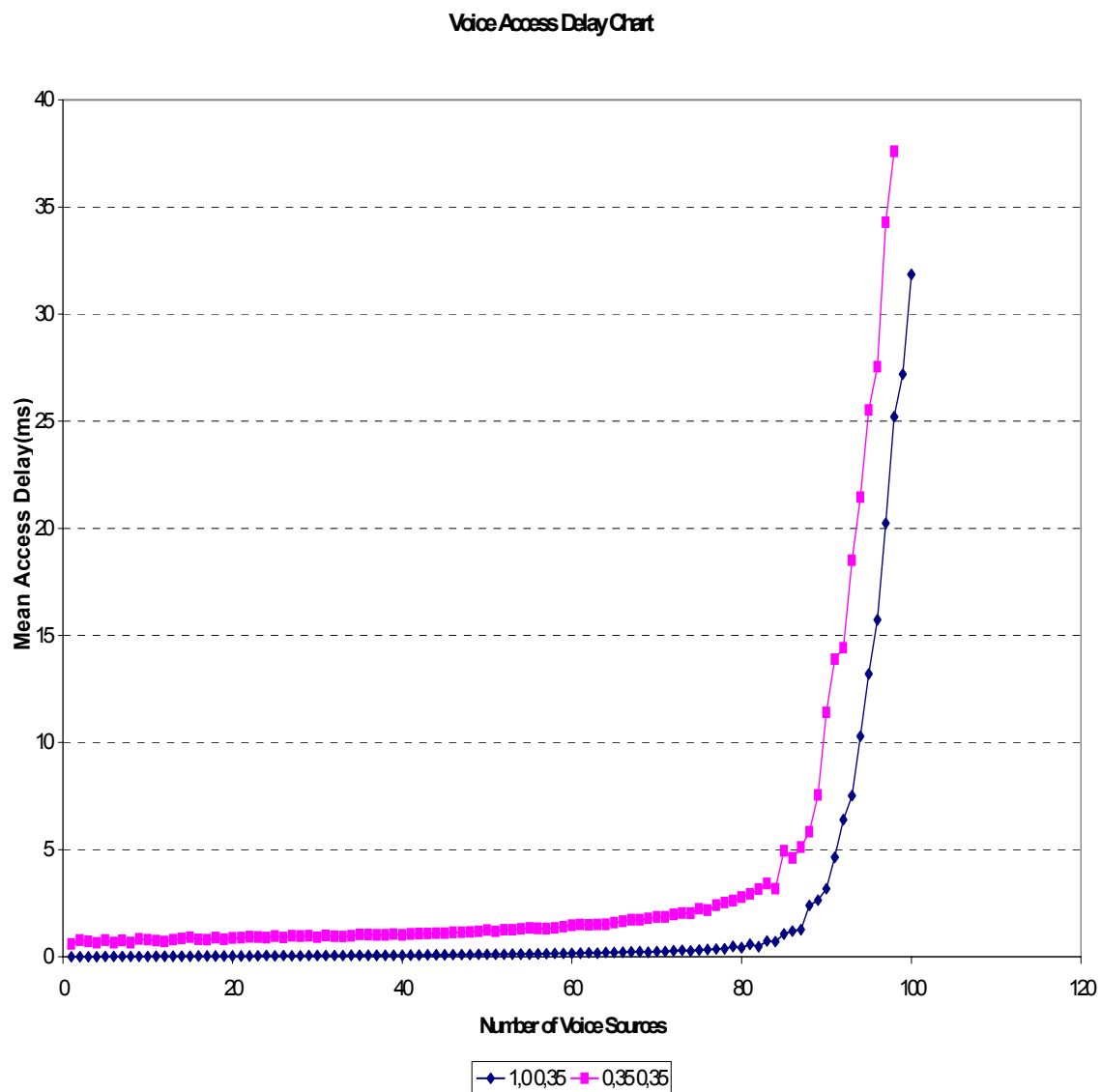
1. Πιθανότητα απόρριψης πακέτου (Pdrop)
2. Μέση καθυστέρηση πρόσβασής του καναλιού
3. Throughput.

Οι παραπάνω μετρικές παρουσιάζονται στα Σχ. 3.1-3.3 σαν συνάρτηση του αριθμού των τερματικών φωνής στο σύστημα.

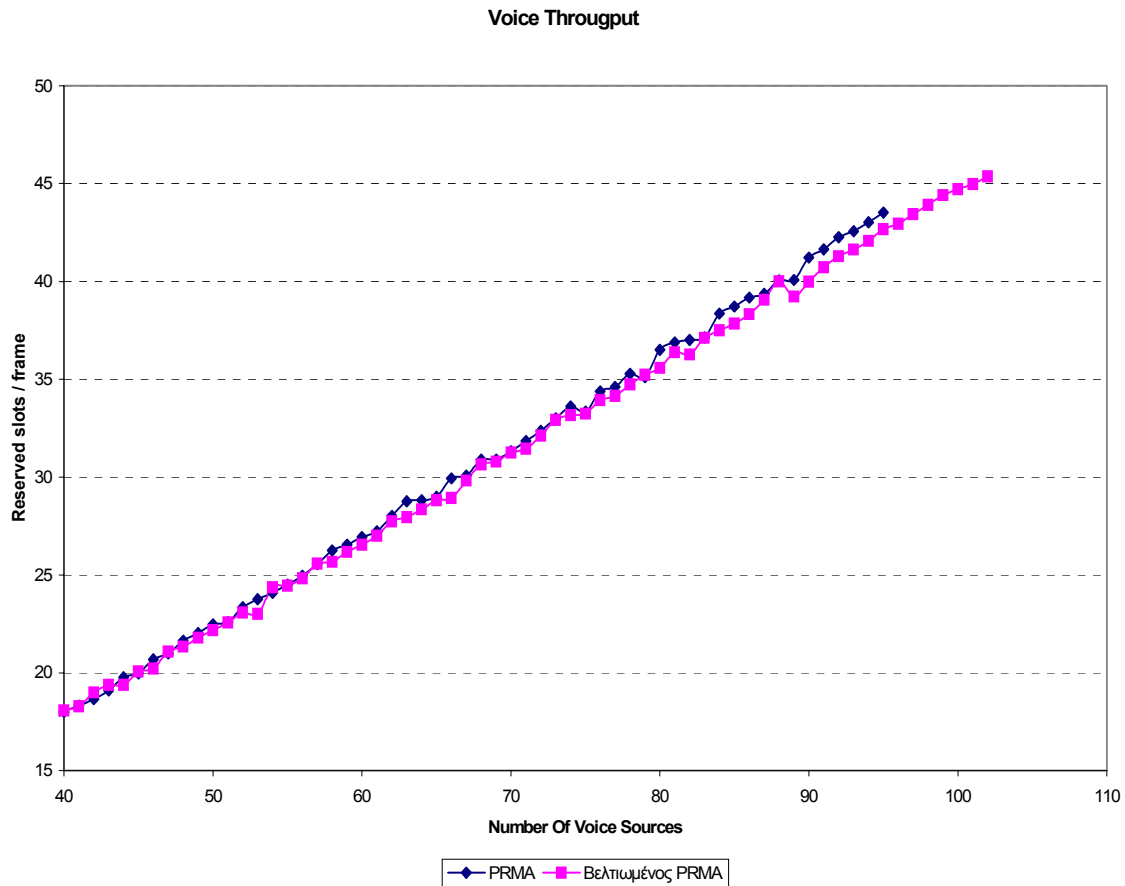
Ένα από τα πιο σημαντικά μέτρα για σύγκριση διαφορετικών RRA πρωτοκόλλων είναι η εύρεση του μέγιστου αριθμού τερματικών φωνής για τον οποίο έχουμε πιθανότητα απόρριψης πακέτου φωνής μικρότερη από 1%. Ο αριθμός αυτός αντιστοιχεί στην χωρητικότητα του καναλιού.



Σχήμα 3.1



Σχήμα 3.2

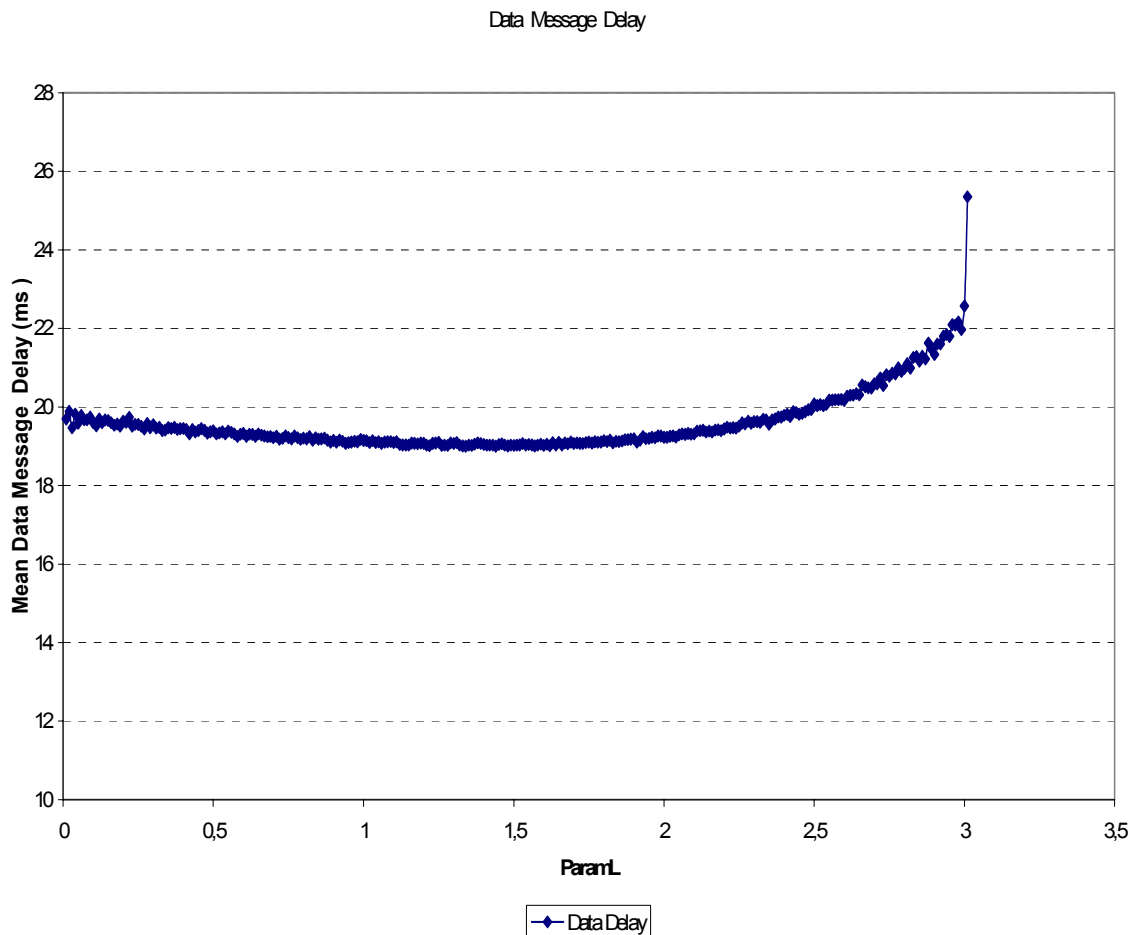


Σχήμα 3.3

Για το κανάλι μας από τις τρεις παραπάνω γραφικές παραστάσεις βλέπουμε ότι χρησιμοποιώντας απλό PRMA (0,35 - 0,35) η χωρητικότητα είναι περίπου 97 χρήστες φωνής, ενώ χρησιμοποιώντας τον βελτιωμένο PRMA (1,0 - 0,35) η χωρητικότητα ανεβαίνει στους 100 χρήστες φωνής. Η μέση καθυστέρηση πρόσβασης για Pdrop 1% βλέπουμε ότι είναι ίση 34 ms και με 32 ms, για τον απλό και βελτιωμένο PRMA αλγόριθμο αντίστοιχα. Παρατηρούμαι επίσης ότι έχουμε μια μεγάλη άνοδο της μέσης καθυστέρησης πρόσβασης μόλις ο αριθμός των τερματικών φωνής υπερβεί τους 90. Σχετικά με το throughput, παρατηρούμε ότι αυξάνει γραμμικά με τον αριθμό τερματικών φωνής στο σύστημα και ότι στην χωρητικότητα του συστήματος ($P_{drop} \approx 1\%$) επιτυγχάνεται throughput ίσο με 0,87 και 0,907 για τον απλό και βελτιωμένο PRMA, αντίστοιχα.

3.3 Απόδοση του Συστήματος όταν σε αυτό Υπάρχουν Μόνο Χρήστες Δεδομένων

Στο Σχήμα 3.4 παρουσιάζεται η μέση καθυστέρηση μηνύματος σαν συνάρτηση του ρυθμού άφιξης μηνυμάτων δεδομένων, λ . Από το ίδιο Σχήμα μπορούμε να βρούμε και το μέγιστο throughput του συστήματος (δηλαδή, την μέγιστη τιμή του λ ώστε η μέση καθυστέρηση μηνύματος να είναι πεπερασμένη).



Σχήμα 3.4

Βλέπουμε λοιπόν ότι ο μέγιστος ρυθμός άφιξης μηνυμάτων δεδομένων που μπορεί να αντέξει το κανάλι μας είναι περίπου ίσος με 3 μηνύματα δεδομένων ανά πλαίσιο. Αυτό αντιστοιχεί σε $3 \times 8 = 24$ πακέτα ανά πλαίσιο. Δεδομένου ότι το κάθε πακέτο έχει 384 Bits

ωφέλιμη πληροφορία, αυτός ο ρυθμός άφιξης αντιστοιχεί σε 768 Kbps (δηλαδή throughput δεδομένων ίσο με $768/1800 = 0,426$) .

3.4 Ολοκλήρωσή Φωνής και Δεδομένων

Από τα Σχήματα 3.1-3.2 βλέπουμε ότι ο βελτιωμένος αλγόριθμός PRMA έχει καλύτερη απόδοση από τον απλό αλγόριθμο και για αυτό τον χρησιμοποιούμε σε όλα τα πειράματα που ακολουθούν.

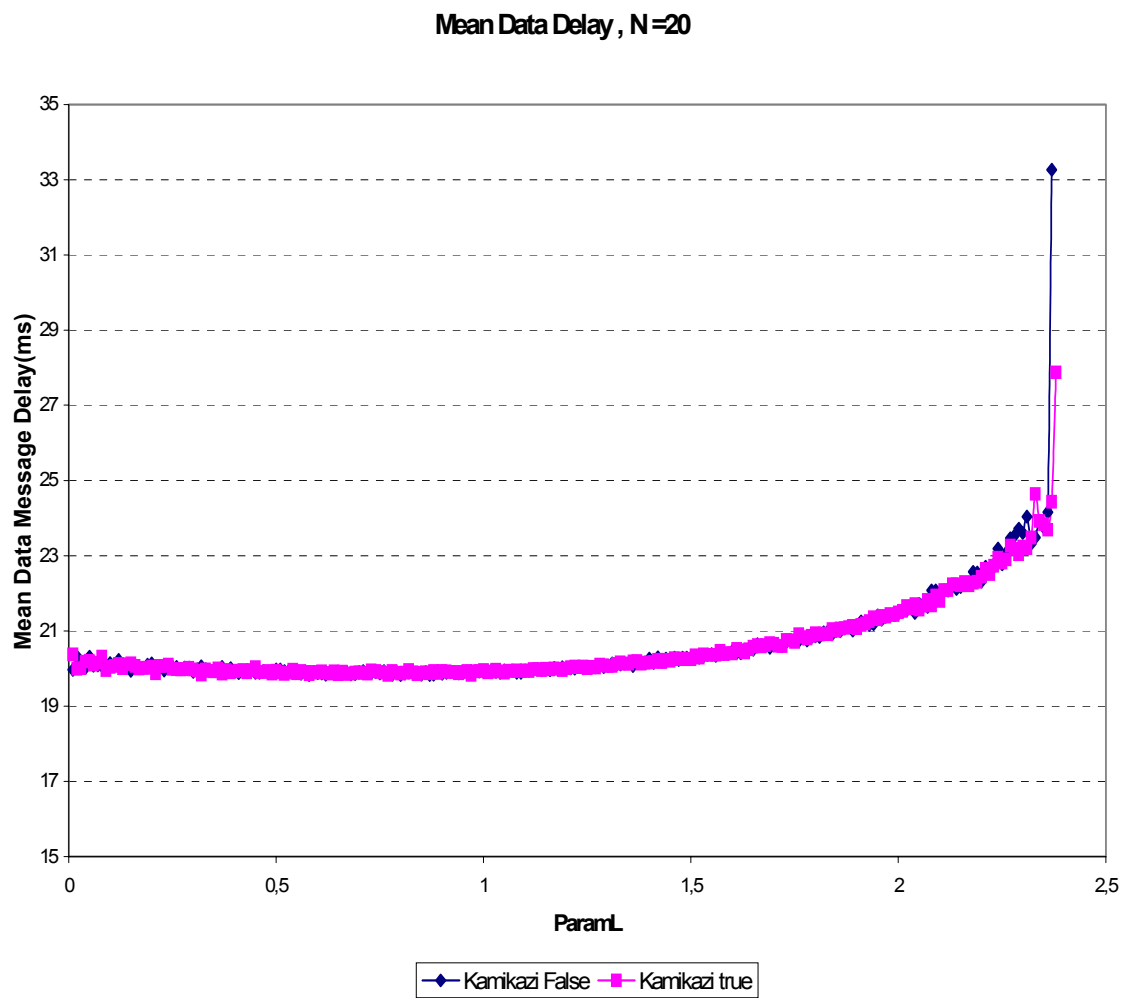
Για την εξέταση της απόδοσης του αλγορίθμου στην περίπτωση ολοκλήρωσης φωνής και δεδομένων, έχουμε εκτελέσει πέντε διαφορετικά πειράματα. Αυτό που κάναμε ήταν να φορτώσουμε το κανάλι $N_V = 20, 40, 60, 80$ και 100 πηγές φωνής ,αντίστοιχα. Σε κάθε ένα από τα παραπάνω πειράματα, εκτιμάμε την πιθανότητα απόρριψης πακέτων φωνής, την μέση καθυστέρηση πρόσβασης τερματικών φωνής και την μέση καθυστέρηση μηνύματος δεδομένων σαν συνάρτηση του ρυθμού άφιξης μηνυμάτων των δεδομένων ,λ. Επίσης υπολογίζουμε το throughput δεδομένων για δυο περιπτώσεις.

Όλα τα πειράματα έγιναν για δυο περιπτώσεις. Στην πρώτη δεν επιτρέπαμε χρήση της τεχνικής Kamikazi , ενώ στην δεύτερη γινόταν χρήση της παραπάνω τεχνικής.

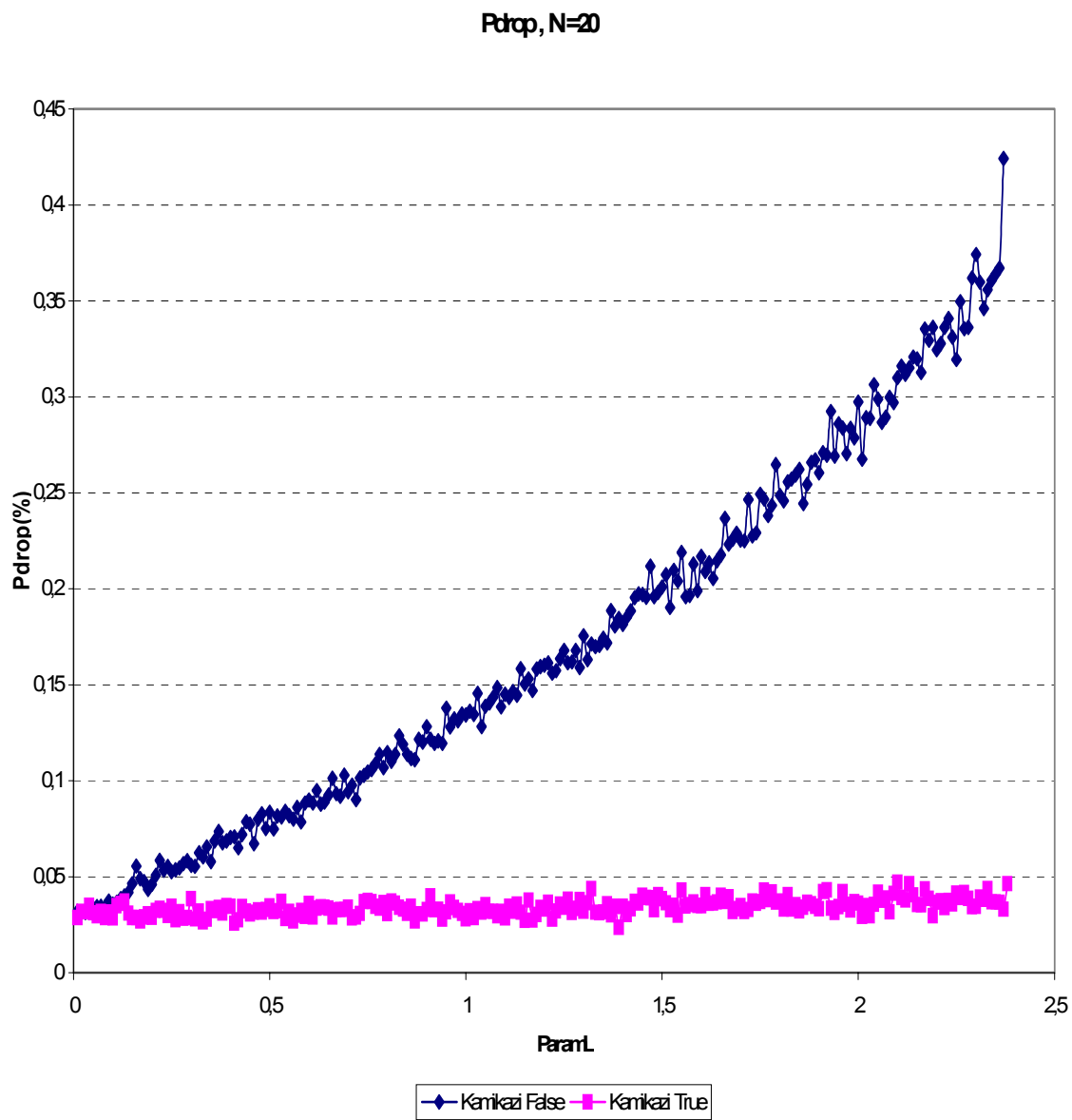
Στην συνέχεια παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα για τις περιπτώσεις $N_V = 20$ και $N_V = 60$. Οι γραφικές παραστάσεις που παρουσιάζουμε αφορούν αρχικά το μέσο χρόνο καθυστέρησης που υπόκειται ένα μήνυμα δεδομένων σαν συνάρτηση του ρυθμού άφιξης τέτοιων μηνυμάτων. Στη συνέχεια παρουσιάζουμε δυο γραφικές παραστάσεις που μας δείχνουν το πόσο επηρεάζεται η απόδοση των πηγών φωνής από τον ρυθμό άφιξης νέων μηνυμάτων δεδομένων. Η πρώτη δείχνει το P_{drop} , ενώ η δεύτερη τον μέσο χρόνο πρόσβασης καναλιού για τα τερματικά φωνής σαν συνάρτηση του λ.

3.4.1 Αποτελέσματα για 20 Πηγές Φωνής

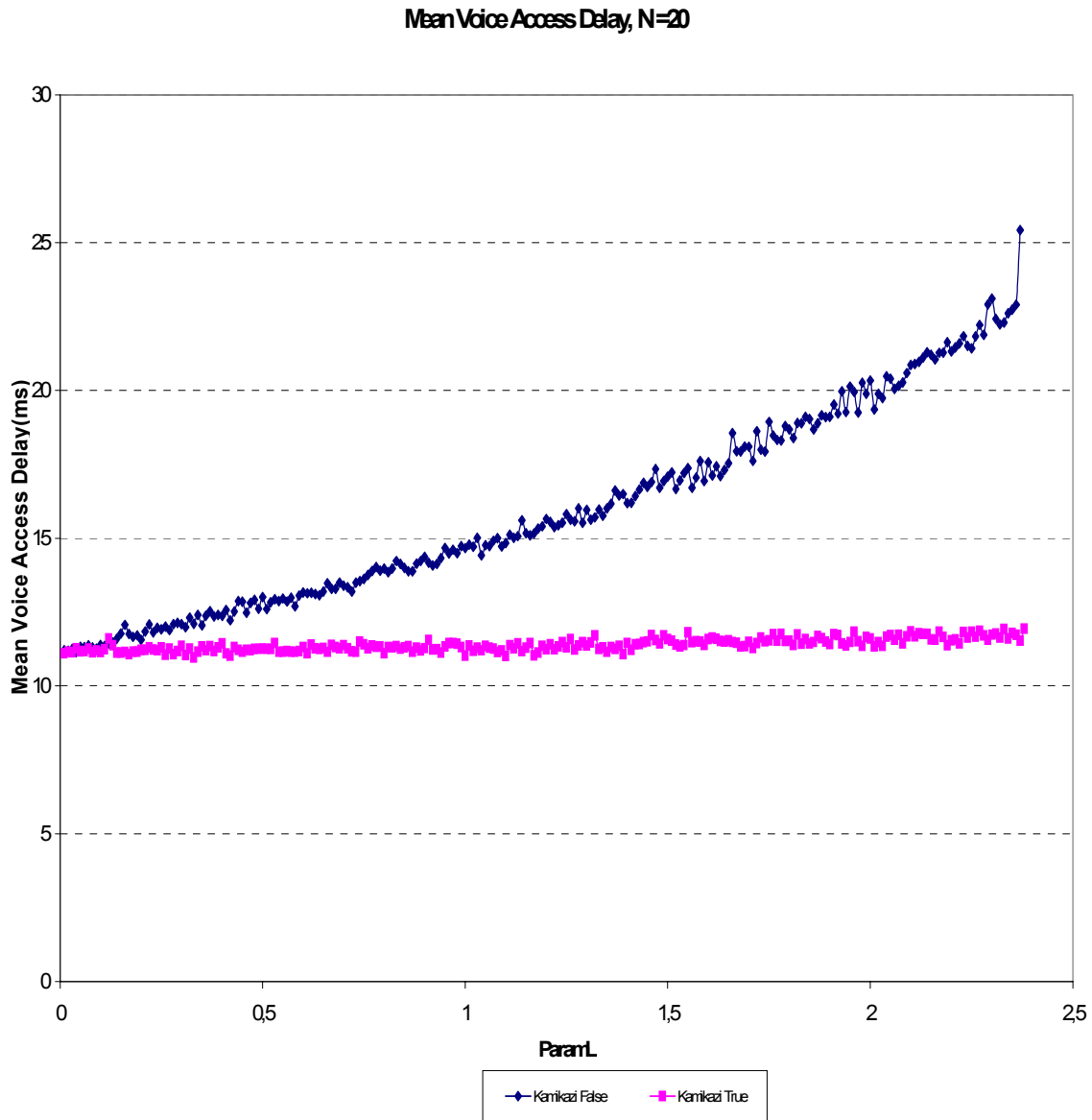
Το Σχήμα 3.5 δείχνει πως μεταβάλλεται ο μέσος χρόνος καθυστέρησης που αντιμετωπίζουν τα μηνύματα δεδομένων σαν συνάρτηση του ρυθμού άφιξης τους λ , όταν στο σύστημα υπάρχουν 20 τερματικά φωνής. Η σύγκριση με το Σχ.3.4 (που αντιστοιχεί σε απουσία πηγών φωνής από το σύστημα) δείχνει πτώση του throughput δεδομένων από περίπου 3 μηνύματα /πλαίσιο σε λιγότερο από 2,5 μηνύματα / πλαίσιο. Παρατηρούμε επίσης ότι η εφαρμογή της τεχνικής Kamikazi οδηγεί σε ελαφρά μικρότερες μέσες καθυστερήσεις και υψηλότερο throughput (δεδομένων). Το τελευταίο είναι αναμενόμενο , δεδομένου ότι το σύστημα δεν είναι στην περίπτωση μας φορτωμένο με μεγάλο αριθμό πηγών φωνής.



Σχήμα 3.5



Σχήμα 3.6

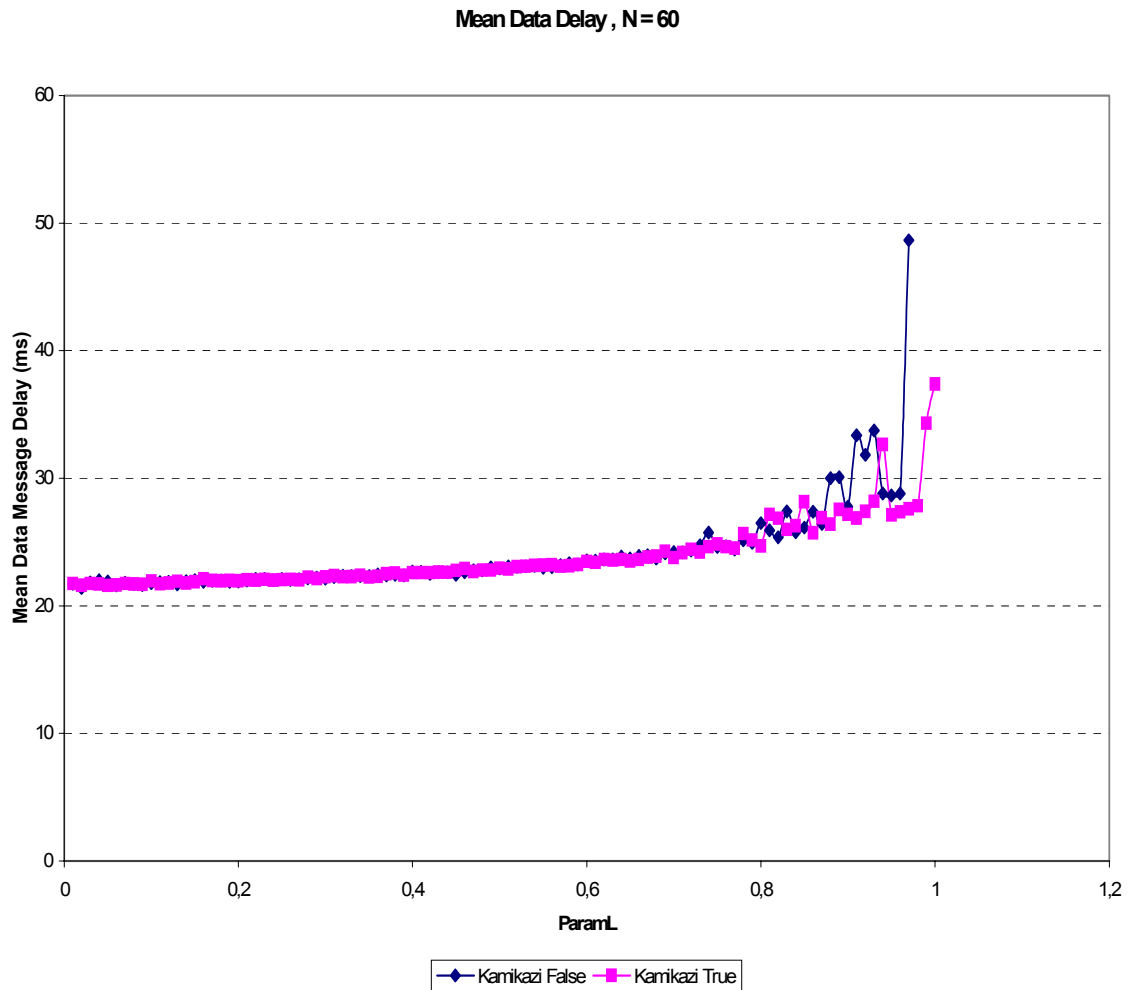


Σχήμα 3.7

Στα Σχ.3.6-3.7 φαίνεται ότι η εφαρμογή της τεχνικής Kamikazi μειώνει αισθητά την πιθανότητα απόρριψης πακέτου φωνής και την μέση καθυστέρηση πρόσβασης τερματικών φωνής στο σύστημα. Με την εφαρμογή αυτής της τεχνικής, οι παραπάνω δυο μετρικές καθίστανται πρακτικά ανεξάρτητες του ρυθμού άφιξης μηνυμάτων δεδομένων στο σύστημα, δηλαδή η απόδοση των τερματικών φωνής (τα οποία έχουν και την

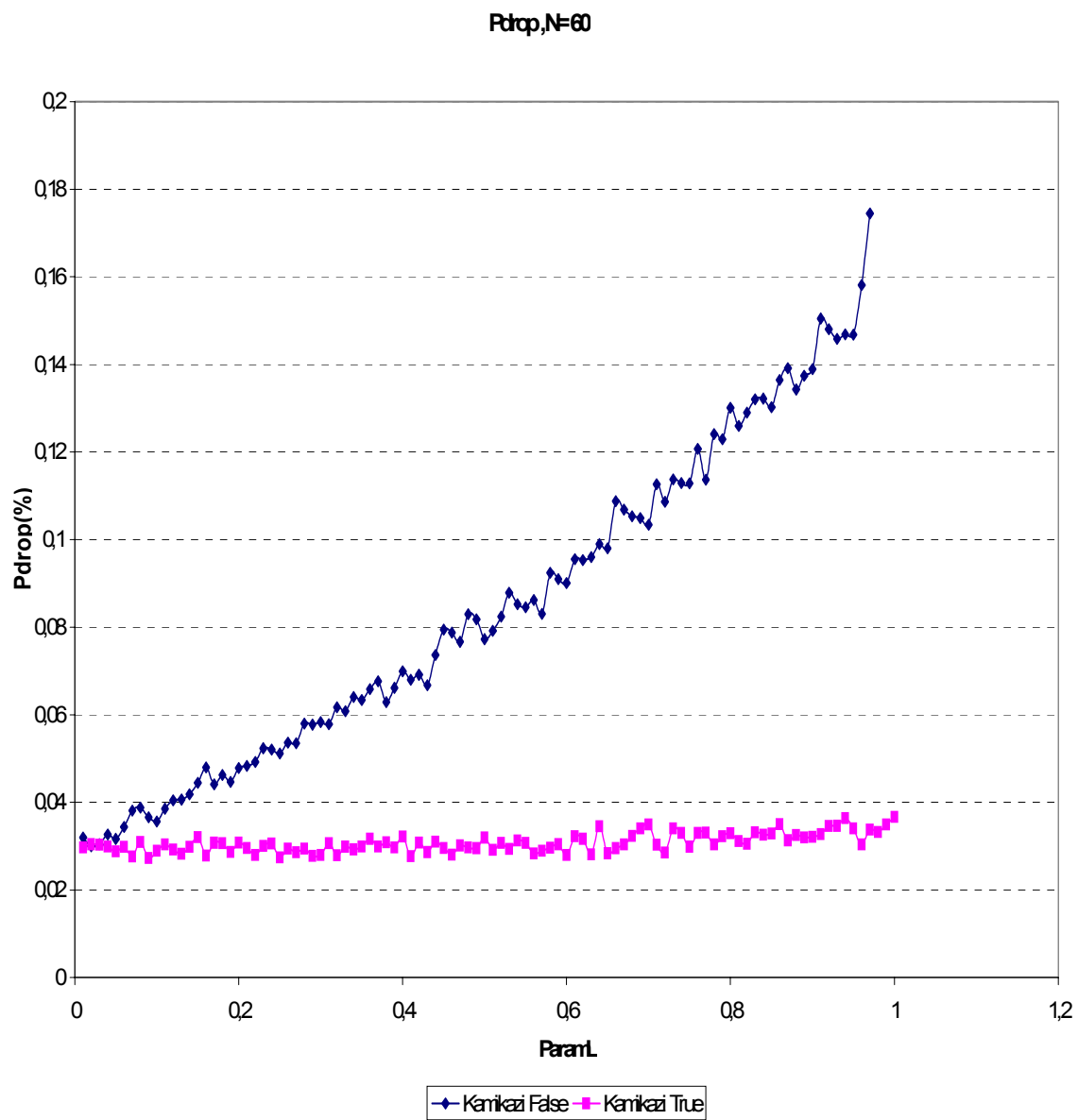
μεγαλύτερη προτεραιότητα) καθίστανται ανεξάρτητα της παρουσίας μηνυμάτων δεδομένων στο σύστημα. Αξίζει να σημειωθεί ότι το τελευταίο επιτυγχάνεται χωρίς να γίνει κάποια κράτηση bandwidth του καναλιού για τα τερματικά φωνής και ότι τα τερματικά δεδομένων χρησιμοποιούν το bandwidth που περισσεύει επιτυγχάνοντας υψηλό throughput και ικανοποιητικές μέσες καθυστερήσεις μετάδοσής (της τάξης των 20 ms ,δηλαδή λιγότερο από δυο πλαίσια καναλιού), για τιμές του ρυθμού άφιξης μέχρι και 2 μηνύματα / πλαίσιο.

3.4.2 Αποτελέσματα για 60 Πηγές Φωνής

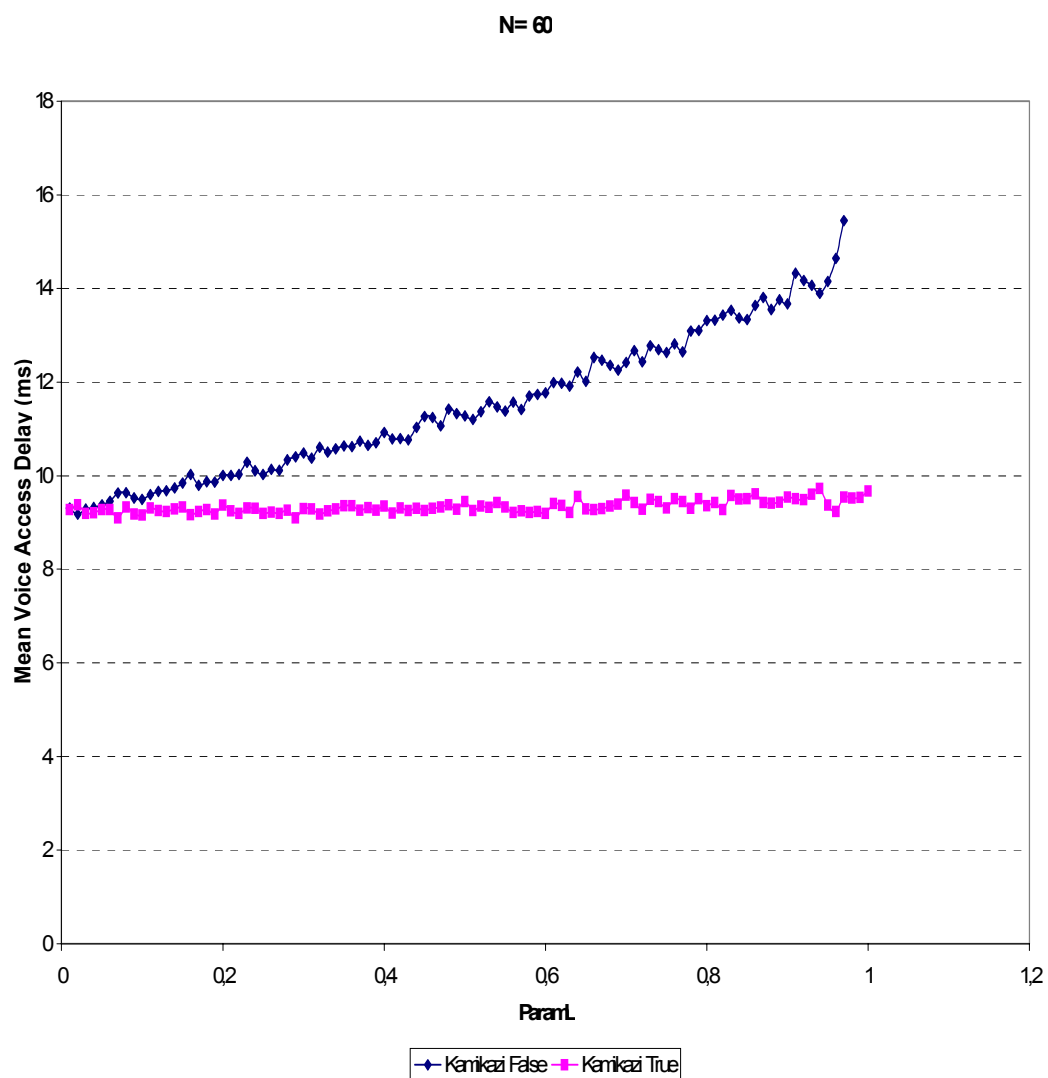


Σχήμα 3.8

Τα συμπεράσματα εδώ είναι ανάλογα με αυτά που εξήχθησαν στην παράγραφο 3.4.1. Εξ' αιτίας των αυξημένου φορτίου φωνής, το throughput δεδομένων μειώνεται σε περίπου 1 μήνυμα / πλαίσιο. Από τα αποτελέσματα στα Σχ. 3.9-3.10 , συμπεραίνουμε και πάλι ότι η απόδοση των τερματικών φωνής είναι ανεξάρτητη της παρουσίας μηνυμάτων δεδομένων στο σύστημα στην περίπτωση εφαρμογής της τεχνικής Kamikazi.

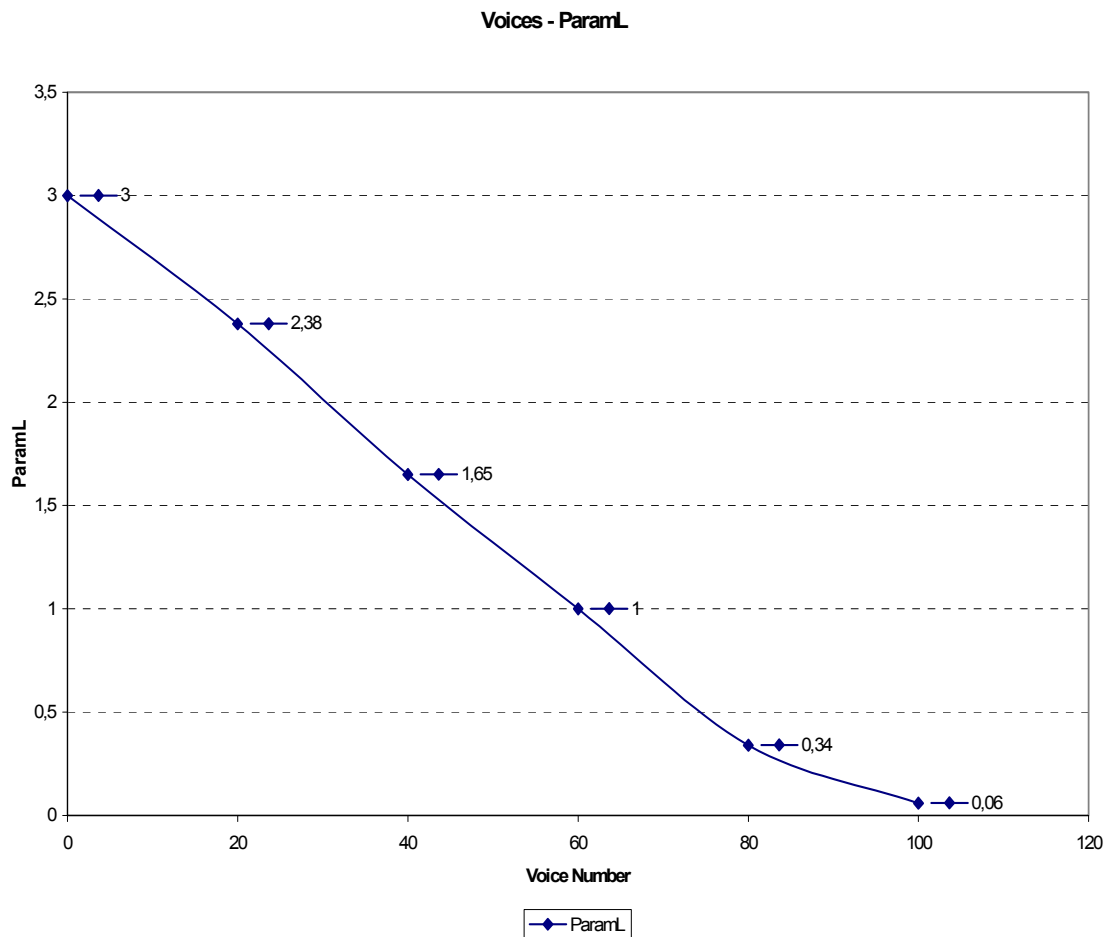


Σχήμα 3.9



Σχήμα 3.10

Επειδή τα αποτελέσματα που πήραμε για τις άλλες τιμές του αριθμού των πηγών φωνής ήταν τα αναμενόμενα και απολύτως ανάλογα με τις δυο παραπάνω περιπτώσεις, δείχνουμε συγκεντρωτικά την παρακάτω γραφική παράσταση που παρέχει το throughput δεδομένων (μέγιστο λ) που μπορούμε να πετύχουμε κάθε φορά σαν συνάρτηση του αριθμού πηγών φωνής στο σύστημα.



Σχήμα 3.11

Παρατηρούμε ότι το throughput δεδομένων μειώνεται γραμμικά με τον αριθμό των τερματικών φωνής στο σύστημα.

Για 20 πηγές φωνής το Pdrop που παρατηρούμε ,όταν έχουμε τον μέγιστο ρυθμό άφιξης μηνυμάτων δεδομένων , χωρίς την εφαρμογή της τεχνικής Kamikazi είναι 0,42% ενώ με χρήση αυτής της τεχνικής παίρνουμε 0,039%. Οι τιμές του Pdrop όταν έχουμε 40 πηγές φωνής είναι 0,22% και 0,03% αντίστοιχα, ενώ όταν έχουμε 60 τερματικά φωνής οι τιμές αυτές είναι 0,17% και 0,03% αντίστοιχα .Στα 80 τερματικά φωνής οι τιμές του Pdrop είναι 0,01% και 0,05% αντίστοιχα. Τέλος στην χωρητικότητα του καναλιού από χρήστες φωνής, όταν δηλαδή έχουμε 100 τερματικά φωνής, οι τιμές χωρίς την εφαρμογή της τεχνικής Kamikazi είναι 1,5 %και με την χρήση αυτής είναι πάλι 1,5% . Όπως παρατηρούμε έχουμε πτώση του Pdrop με την αύξηση του αριθμού τερματικών φωνής, το οποίο οφείλεται στο γεγονός ότι όσο αυξάνεται ο αριθμός τερματικών φωνής στο σύστημά μας τόσες περισσότερες χρονοθυρίδες δίνουμε στα τερματικά φωνής.

Κεφάλαιο 4ο

Συμπεράσματα και Μελλοντικές Προσπάθειες

4.1 Συμπεράσματα

Από τις προσομοιώσεις που εκτελέσαμε εξάγουμε τα εξής συμπεράσματα :

1. Χρησιμοποιώντας τον βελτιωμένο PRMA , σε σχέση με τον απλό, πετυχαίνουμε καλύτερη απόδοση ως προς την χωρητικότητα φωνής του συστήματος μας και επίσης αισθητή μείωση του μέσου χρόνου πρόσβασης στο κανάλι. Πρέπει να αναφέρουμε εδώ ότι χρησιμοποιώντας τον βελτιωμένο PRMA η απόδοση που επιτυγχάνουμε είναι αρκετά καλή(καλύτερη πιθανόν και από το εάν χρησιμοποιούσαμε διαφορετικό μοντέλο φωνής που θα επέτρεπε αλλαγή καταστάσεων των πηγών φωνής μόνο στην αρχή κάθε πλαισίου).
2. Για τον αλγόριθμό που χρησιμοποιούμε για την πρόσβαση των τερματικών δεδομένων στο κανάλι δεν έχουμε να αναφέρουμε τίποτα νέο σε σχέση με τα ήδη γνωστά. Ο αλγόριθμος αυτός , ο 2 Cell Stack, έχει μελετηθεί εκτενώς ,η απόδοσή και τα πλεονεκτήματά του είναι γνωστά και επιβεβαιώθηκαν με την προσομοίωση μας.
3. Περνάμε τώρα στον σχολιασμό των αποτελεσμάτων στην περίπτωση της ολοκληρωμένης πρόσβασης φωνής και δεδομένων που ήταν και το κύριο μέλημα της διπλωματικής εργασίας μας. Όπως αναφέραμε και στο κεφάλαιο 3 ,χρησιμοποιούμε αποκλειστικά για την πρόσβαση των τερματικών φωνής τον βελτιωμένο PRMA. Ενώ για τα τερματικά δεδομένων χρησιμοποιούμε τον 2 Cell Stack. Χρησιμοποιώντας την πρώτη προσέγγιση που δεν κάνει χρήση της τεχνικής Kamikazi , βλέπουμε ότι τα τερματικά φωνής επηρεάζονται αισθητά από την ολοκλήρωση τους με δεδομένα και μάλιστα από τις γραφικές παραστάσεις βλέπουμε ότι όταν έχουμε 20 πηγές φωνής το Pdrop φτάνει το 0,45% , ενώ για 60 πηγές φωνής το Pdrop φτάνει μέχρι

0,18% . Θυμίζουμε εδώ ότι για την περίπτωση καναλιού με φορτίο μόνο τερματικών φωνής (Σχήμα 3.1), το P_{drop} είναι πρακτικά ίσο με 0% μέχρι και για 85 τερματικά φωνής. Επίσης η επίδραση της ολοκλήρωσης φαίνεται και στις γραφικές παραστάσεις που απεικονίζουν το μέσο χρόνο πρόσβασης καναλιού που αντιμετωπίζουν οι πηγές φωνής. Έτσι βλέπουμε ότι ο μέσος χρόνος πρόσβασης φτάνει μέχρι και 25 ms για την περίπτωση $N_V = 20$. Όταν όμως κάνουμε χρήση της τεχνικής Kamikazi παρατηρούμε ότι ενώ η απόδοση των τερματικών δεδομένων δεν επηρεάζεται , τουλάχιστον σε ένα αισθητό βαθμό, η απόδοση των τερματικών φωνής επηρεάζεται πάρα πολύ θετικά με συνέπεια να μην υπάρχουν αισθητές συνέπειες από την ολοκλήρωση φωνής και δεδομένων. Αυτό ισχύει αφού από τις γραφικές παραστάσεις παρατηρούμε ότι το P_{drop} μειώνεται πολύ κοντά στην ιδανική περίπτωση (περίπου ίσο με 0,03% ανεξαρτήτως του λ) . Ταυτόχρονα η μέση καθυστέρηση πρόσβασης τερματικών φωνής είναι ίση με περίπου 9 ms επίσης ανεξάρτητα από την τιμή του λ .

4.2 Μελλοντικές Προσπάθειες

Χρησιμοποιώντας το υπάρχον μοντέλο συστήματος , οι μελλοντικές προσπάθειες μπορούν να κατευθυνθούν στα παρακάτω :

1. Στην αλλαγή του στοχαστικού μηχανισμού που καθορίζει το μήκος των μηνυμάτων δεδομένων (δηλ, τον αριθμό πακέτων σε κάθε ένα από αυτά). Αντί της γεωμετρικής θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε άλλες διακριτές κατανομές (π.χ. τέτοιες ώστε να μοντελοποιούν την γέννηση μηνυμάτων μικρού σχετικά μήκους με μεγάλη πιθανότητα και μεγαλύτερου μήκους με μικρή πιθανότητα) ή συνεχείς κατανομές (π.χ. , την κατανομή Gamma η οποία έχει βρεθεί πειραματικά να χαρακτηρίζει ικανοποιητικά το μέγεθος των μηνυμάτων ορισμένων εφαρμογών δεδομένων).
2. Στην εξέταση του συστήματος για παραπάνω από μια κατηγορίες χρηστών δεδομένων, οι οποίες παράγουν μηνύματα διαφορετικού μέσου μήκους και πιθανά και με βάση διαφορετικές κατανομές μήκους μηνύματος δεδομένων (μίξη διαφορετικών εφαρμογών δεδομένων).

3. Τέλος , θα ήταν ενδιαφέρον να εξεταστεί η απόδοση του συστήματος με χρήση πιο αποδοτικού αλγορίθμου πρόσβασης δεδομένων από τον 2 Cell Stack, ο οποίος παρά τα σημαντικά πλεονεκτήματα του παρουσιάζει σχετικά χαμηλή απόδοσή (0,429).

Βιβλιογραφία :

- [1] A.C.Cleary “Voice-Data Channel Access Integration In Third Generation Microcellular Wireless Networks : Design And Performance Evaluation.”, Ph.D. Dissertation, CIS Dept., Univ. of Delaware, 1996
- [2] Cox, Donald C. “Wireless Personal Communications : what is it ?”, IEEE Personal Communications, April 1995, Vol.2, No. 2,pp. 20-35.
- [3] Kleinrock ,Leonard and Scholl ,Michel O. “Packet Switching in Radio Channels : New Conflict-Free Multiple Access Schemes”, IEEE Transactions on Communications, July 1980, COM-28,No.7, pp. 1015-1029.
- [4] V.H.MacDonald, “The Cellular Concept”, Bell Sys. Tech. Journal ,Vol 58, No. 1, Jan.1979, pp.15-41.
- [5] C.L.I, L.J. Greenstein and R.D.Gitlin, “A Microcell/Macrocell Architecture for Low and High-Mobility Users”, IEEE J.Select Areas Commun., Vol. 11 ,No. 6, Aug. 1993,pp.885-891.
- [6] J.F.Rizzo and N.Sollenberger, “Multitier Wireless Access”, IEEE Pers. Commun., Vol.2 , No.3, Jun. 1995, pp.18 -30.
- [7] Rom, Raphael and Sidi, Moshe,” Multiple Access Protocols : Performance and Analysis”, Springer-Verlag, New York, New York.
- [8] N. Abrahamson, “The ALOHA System - Another Alternative for Computer Communications” , AFIPS Conf. Proc. Fall Joint Computer Conf. , Vol. 37, 1970, pp.281-285.
- [9] S.Nanda, D.J. Goodman and U.Timor, ”Performance of PRMA: A Packet Voice Protocol for Cellular Systems”, IEEE Trans. Veh. Technol. , Vol.40,Aug. 1991, pp.584-598.

- [10] P.T. Brady , "A Technique for Investigating On-Off Patterns of Speech" ,Bell Sys. Tech. Journal, Jan. 1965.
- [11] D.J. Goodman and S.X.Wei , "Efficiency of Packet Reservation Multiple Access", IEEE Trans. Veh. Technol. , Vol.40 , No. 1, Feb.1991 , pp.170-176.
- [12] S.Jangi and L.Merakos, "Performance Analysis of Reservation Random Access Protocols for Wireless Access Networks", IEEE Trans. Commun., Vol.COM-42, No. 2-4, pt 2, Feb.-Apr. 1994, pp.1223-1234.
- [13] M.Paterakis, L. Georgiadis and P.Papantoni-Kazakos," A Full Sensing Window RA Algorithm for Networks With Strict Delay Constraints", Algorithmica, Vol.4, 1989, pp.313-328.
- [14] Garg, Vijay K. and Wilkes, Joseph E. "Wireless and Personal Communications Systems". Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, New Jersey.
- [15] R.Rom and M.Sidi, "Multiple Access Protocols: Performance and Analysis", Springer Verlag ,1990.
- [16] J.M.DeVile, "A Reservation Based Multiple Access Scheme for a Future Universal Mobile Telecommunications System", Proc .of the 7th IEEE Conf. On Mobile and Personal Commun., Brighton, UK, Dec.1993, pp.210-215.
- [17] J.Dunlop, J.Irvine, D.Robertson and P.Cosimiti, "Performance of a Statistically Multiplexed Access Mechanism for a TDMA Radio Interface", IEEE Pers. Commun., Vol. 2, No.3 , Jun. 1995 , pp.56-64.
- [18] D.J.Goodman, R.A.Valenzuela, K.T.Gaylaid and B.Ramamurthi, " Packet Reservation Multiple Access for Local Wireless Communications", IEEE Trans. Commun., Vol.COM-37, No.8 , Aug. 1989, pp.885-890.