



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΥΛΙΚΩΝ

**Μελέτη μηχανισμών αποδοχής κλήσεων και ελέγχου
φορτίου στα ασύρματα δίκτυα**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Πολυχρόνης Μαθιουδάκης

Επιβλέπων: Αθανάσιος Παναγόπουλος
Λέκτορας Ε.Μ.Π



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΥΛΙΚΩΝ

**Μελέτη μηχανισμών αποδοχής κλήσεων και ελέγχου
φορτίου στα ασύρματα δίκτυα**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Πολυχρόνης Μαθιουδάκης

Επιβλέπων: Αθανάσιος Παναγόπουλος
Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 30^η Σεπτεμβρίου 2009.

.....
Αθανάσιος Παναγόπουλος
Λέκτορας Ε.Μ.Π.

.....
Φίλιππος Κωνσταντίνου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Ιωάννης Δ. Κανελλόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2009

.....
Πολυχρόνης Μαθιουδάκης

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π

Copyright © Πολυχρόνης Μαθιουδάκης, 2009
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη διάφορων μηχανισμών αποδοχής κλήσεων και ελέγχου στα ασύρματα δίκτυα.

Ο έλεγχος αποφυγής συμφόρησης, ο οποίος αποτελείται από τον έλεγχο αποδοχής κλήσεων και τον έλεγχο φορτίου, αποτελεί μέρος της διαχείρισης ραδιοπόρων (Radio Resource Management) του συστήματος. Σκοπός του ελέγχου αυτού είναι να ρυθμίσει τη λειτουργία του συνολικού δικτύου, ώστε να εξασφαλιστεί αδιάκοπη παροχή υπηρεσίας στις υπάρχουσες συνδέσεις και ταυτόχρονα κάποιος συμβιβασμός για την εγκατάσταση νέων συνδέσεων. Πρέπει όμως να γίνει διαχωρισμός του ελέγχου αποφυγής συμφόρησης σε μια κεντρική οντότητα που επιτελείται στις υπερκείμενες οντότητες του δικτύου και σε μια ειδική, η οποία είναι ξεχωριστή για κάθε υποκείμενο δίκτυο και λαμβάνει υπόψη τις ιδιαιτερότητες αυτού. Το σύστημα, λοιπόν, βάση του ελέγχου αποφυγής συμφόρησης είτε δέχεται είτε απορρίπτει μια σύνδεση, σύμφωνα με κάποια στρατηγική.

Έπειτα από την παράθεση ορισμένων αλγορίθμων αποδοχής κλήσεων και ελέγχου φορτίου, έγινε η προσπάθεια να δημιουργηθεί ένα κεντρικό σενάριο προσομοίωσης μέσω της χρήσης του προγράμματος NS-2 όπου δοκιμάστηκαν διάφορα πιθανά σενάρια ελέγχου αποδοχής κλήσεων και ελέγχου φορτίου. Σαν αποτέλεσμα, μέσω της εξαγωγής αριθμητικών αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων καταλήξαμε στο ιδανικό σενάριο για την προσομοίωση μας .

Λέξεις-κλειδιά : έλεγχος αποδοχής κλήσεων, έλεγχος φορτίου, διαχείριση ραδιοπόρων, αποφυγή συμφόρησης, NS-2

Abstract

The scope of this thesis is the study of different call admission and control methods in wireless networks.

Congestion avoidance, which consists of call admission control and load control, constitutes part of system's Radio Resource Management (RRM) . The aim of congestion control is to regulate the operation of total network, so as to ensure the benefit of service in the existing connections and simultaneously some compromise for the admittance of new connections. However, it should become segregation of congestion avoidance in this part which is carried out by the overlying entities of network and the other part which is separated for each amenable network and takes into consideration of its particularities. The system, therefore, based on the congestion avoidance control accepts or rejects a connection, according to some strategy.

After the apposition of several call admission and load control algorithms, the creation of a central simulation scenario was attempted by using the NS-2 progman. At this point, several possible call admission and load control scenarios were tried. As a result, through the export of numerical results and conclusions, we concluded in an ideal scenario for our simulation.

Keywords: call admission control, load control, radio resource management, congestion avoidance, Network simulator 2 (NS-2)

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους με βοήθησαν και με στήριξαν τα χρόνια της φοίτησής μου στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, του γονείς μου, τους καθηγητές και του συμφοιτητές μου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Λέκτορα κ. Αθανάσιο Παναγόπουλο για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου στην ανάθεση ενός τόσο επιστημονικά ενδιαφέροντος θέματος και για την πάντα καλοπροαίρετη και άμεση αντιμετώπιση τυχόν προβλημάτων που προέκυπταν.

Τέλος, θέλω να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον υποψήφιο διδάκτορα κ. Δημήτριο Χαρίλα. Καθ' όλη την διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας, υπήρξε όχι μόνο επιβλέπων συνεργάτης, αλλά και φίλος, θυσιάζοντας πολύτιμο προσωπικό του χρόνο για να με βοηθήσει. Χωρίς την υπομονή, τις συμβουλές, τις ιδέες, την επιστημονική του πείρα και την αμέριστη βοήθειά του δεν θα ήταν δυνατή η επιτυχής περάτωση αυτού του έργου.

Αφιερώνεται στους γονείς μου
Φραγκούλη και Νικολέτα

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	10
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	13
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	15
1 ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ.....	17
1.1 GSM/GPRS.....	17
1.2 UMTS.....	20
1.2.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	20
1.2.2 ΤΑΞΕΙΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΤΟΥ UMTS.....	21
1.3 ΔΙΚΤΥΑ ΤΕΤΑΡΤΗΣ ΓΕΝΙΑΣ.....	25
1.4 WIRELESS LAN & WI-FI.....	28
1.5 ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΤΑΞΕΙΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ.....	30
1.6 ΤΑΞΕΙΣ ΧΡΗΣΤΩΝ.....	34
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	35
2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΜΦΟΡΗΣΗΣ (CONGESTION CONTROL).....	36
2.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΜΦΟΡΗΣΗΣ.....	36
2.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΚΛΗΣΕΩΝ (CALL ADMISSION CONTROL).....	38
2.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ (LOAD CONTROL).....	40
2.4 ΛΟΓΟΙ ΧΡΗΣΕΩΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΠΟΦΥΓΗΣ ΣΥΜΦΟΡΗΣΗΣ.....	42
2.4.1 ΕΓΓΥΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ.....	42
2.4.2 ΑΛΛΟΙ ΛΟΓΟΙ ΧΡΗΣΕΩΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΥΜΦΟΡΗΣΗΣ.....	44
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	45
3 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΚΛΗΣΕΩΝ.....	46
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	46
3.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΚΛΗΣΕΩΝ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟΣ ΣΤΟΝ ΛΟΓΟ ΣΗΜΑΤΟΣ ΠΡΟΣ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ.....	49
3.2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	49

3.2.2	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ.....	50
3.2.2.1	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ 1.....	51
3.2.2.2	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ 2.....	52
3.3	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΚΛΗΣΕΩΝ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟΣ ΣΤΟ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟ ΕΥΡΟΣ ΖΩΝΗΣ.....	55
3.4	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΚΛΗΣΕΩΝ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟΣ ΣΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΠΑΙΓΝΙΩΝ.....	56
3.4.1	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΚΛΗΣΕΩΝ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟΣ ΣΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΠΑΙΓΝΙΩΝ.....	57
3.4.2	ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΚΑΙ ΘΕΩΡΙΑ ΠΑΙΓΝΙΩΝ.....	63
3.5	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΚΛΗΣΕΩΝ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟΣ ΣΕ ΚΡΑΤΗΣΗ.....	64
3.6	ΣΥΝΤΟΜΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	64
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	66
4	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ.....	68
4.1	ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΓΕΝΙΑΣ(GSM/GPRS).....	68
4.2	ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΤΡΙΤΗΣ ΓΕΝΙΑΣ.....	70
4.2.1	ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΩ ΖΕΥΞΗ.....	71
4.2.2	ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΤΗΝ ΚΑΤΩ ΖΕΥΞΗ.....	74
4.3	ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ WLAN.....	77
4.4	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΒΑΣΙΣΜΕΜΟΣ ΣΤΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΡΥΘΜΟΑΠΟΔΟΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	80
4.4.1	ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΩ ΖΕΥΞΗ.....	81
4.4.2	ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΤΗΝ ΚΑΤΩ ΖΕΥΞΗ.....	84
4.5	ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΚΛΗΣΕΩΝ ΠΟΥ ΔΙΑΚΟΠΤΟΝΤΑΙ.....	85
4.6	ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΜΕ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟ ΙΣΧΥΟΣ.....	87
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	91
5	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ NS2	92
5.1	Ο ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗΣ NS2	92
5.2	ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ.....	96
5.2.1	ΑΡΧΙΚΕΣ ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ.....	96
5.2.2	ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΖΕΥΞΕΩΝ-ΡΟΩΝ ΚΙΝΗΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ.....	98
5.2.3	ΟΙ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ CALLAWK,READFILE ΚΑΙ CHANGE PROVIDER.....	104

5.2.4	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΚΛΗΣΕΩΝ.....	108
5.2.5	ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ.....	113
5.2.6	ΕΥΡΕΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΠΕΛΑΤΗ-ΑΠΟΛΑΒΗΣ ΠΑΡΟΧΕΑ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΟΙΝΩΝ.....	116
5.2.7	ΕΥΡΕΣΗ ΜΕΣΩΝ ΤΙΜΩΝ.....	120
5.3	ΠΙΘΑΝΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΑΛΛΑΓΗΣ ΠΑΡΟΧΕΑ.....	122
5.3.1	ΣΕΝΑΡΙΟ 1.....	123
5.3.2	ΣΕΝΑΡΙΟ 2.....	125
5.3.3	ΣΕΝΑΡΙΟ 3.....	127
5.3.4	ΣΕΝΑΡΙΟ 4.....	131
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	147
6	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	148
6.1	ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ.....	148
6.1.1	ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ ΓΙΑ CBR ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ.....	149
6.1.2	«ΤΡΕΜΟΥΛΙΑΣΜΑ» ΓΙΑ CBR ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ.....	150
6.1.3	ΡΥΘΜΟΣ ΧΑΜΕΝΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ ΓΙΑ CBR ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ.....	152
6.1.4	ΡΥΘΜΟΣ ΧΑΜΕΝΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ ΓΙΑ TCP ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ.....	154
6.1.5	ΡΥΘΜΟΑΠΟΔΟΣΗ ΓΙΑ TCP ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ.....	156
6.1.6	ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΛΑΤΗ-ΑΠΟΛΑΒΗ ΠΑΡΟΧΕΩΝ.....	157
6.1.7	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	158
6.2	ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ 2 ΚΑΙ 4.....	160
6.2.1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2.....	160
6.2.2	ΣΕΝΑΡΙΟ 4.....	169
6.3	ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΠΑΡΑΘΥΡΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	177
6.4	ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΚΑΤΩΦΛΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	184
	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....	192

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΣΧΗΜΑ 1.1 - Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΚΥΨΕΛΩΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	19
ΣΧΗΜΑ 1.2 - Η ΚΥΨΕΛΩΤΗ ΔΟΜΗ ΤΟΥ UMTS.....	20
ΣΧΗΜΑ 1.3 - ΟΙ ΤΑΞΕΙΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΤΟΥ UMTS ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΝΟΧΗ ΛΑΘΩΝ.....	21
ΣΧΗΜΑ 1.4 - ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΑΣΥΡΜΑΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΕΤΑΡΤΗΣ ΓΕΝΙΑΣ.....	26
ΣΧΗΜΑ 2.1 - ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΦΥΓΗΣ ΣΥΜΦΟΡΗΣΗΣ.....	38
ΣΧΗΜΑ 3.1 - ΜΟΝΤΕΛΟ RADIO RESOURCE MANAGEMENT.....	47
ΣΧΗΜΑ 3.2 - ΣΧΕΣΗ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΕ ΠΟΛΛΑΠΛΟΥΣ ΠΑΡΟΧΟΥΣ(ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΕΣ) ΚΑΙ ΠΟΛΛΑΠΛΟΥΣ ΧΡΗΣΤΕΣ.....	58
ΣΧΗΜΑ 3.3 - Ο ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΚΛΗΣΗΣ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟΣ ΣΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΠΑΙΓΝΙΩΝ.....	62
ΣΧΗΜΑ 3.4 - ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΣΧΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΚΛΗΣΗΣ.....	65
ΣΧΗΜΑ 5.1 - Η SIGMOID ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΣΕ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΤΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ ΠΑΚΕΤΟΥ.....	128
ΣΧΗΜΑ 6.1 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΗΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ-ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΑ 4 ΣΕΝΑΡΙΑ.....	150
ΣΧΗΜΑ 6.2 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΟΥ «ΤΡΕΜΟΥΛΙΑΣΜΑΤΟΣ»-ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΑ 4 ΣΕΝΑΡΙΑ.....	152
ΣΧΗΜΑ 6.3 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ-ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΑ 4 ΣΕΝΑΡΙΑ.....	153
ΣΧΗΜΑ 6.4 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ-ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΑ 4 ΣΕΝΑΡΙΑ.....	155
ΣΧΗΜΑ 6.5 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΗΣ ΡΥΘΜΟΑΠΟΔΟΣΗΣ-ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΑ 4 ΣΕΝΑΡΙΑ.....	157
ΣΧΗΜΑ 6.6 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΗΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ-ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2.....	162
ΣΧΗΜΑ 6.7 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΟΥ «ΤΡΕΜΟΥΛΙΑΣΜΑΤΟΣ»-ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2.....	163
ΣΧΗΜΑ 6.8 –ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ- ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2.....	164
ΣΧΗΜΑ 6.9 –ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ- ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2.....	166
ΣΧΗΜΑ 6.10 –ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΗΣ ΡΥΘΜΟΑΠΟΔΟΣΗΣ- ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2.....	167
ΣΧΗΜΑ 6.11 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΗΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ-ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 4.....	170
ΣΧΗΜΑ 6.12 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΟΥ «ΤΡΕΜΟΥΛΙΑΣΜΑΤΟΣ»-ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 4.....	171
ΣΧΗΜΑ 6.13 –ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ-ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 4.....	172
ΣΧΗΜΑ 6.14 –ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ- ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 4.....	174
ΣΧΗΜΑ 6.15 –ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΗΣ ΡΥΘΜΟΑΠΟΔΟΣΗΣ- ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 4.....	175

ΣΧΗΜΑ 6.16 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΗΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ-ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	178
ΣΧΗΜΑ 6.17 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΟΥ «ΤΡΕΜΟΥΛΙΑΣΜΑΤΟΣ»-ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	179
ΣΧΗΜΑ 6.18 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ – ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	180
ΣΧΗΜΑ 6.19 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ – ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	181
ΣΧΗΜΑ 6.20 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΗΣ ΡΥΘΜΟΑΠΟΔΟΣΗΣ - ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	182
ΣΧΗΜΑ 6.21 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΗΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ-ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΚΑΤΩΦΛΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	185
ΣΧΗΜΑ 6.22 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΟΥ «ΤΡΕΜΟΥΛΙΑΣΜΑΤΟΣ»-ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΚΑΤΩΦΛΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	186
ΣΧΗΜΑ 6.23 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ – ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΚΑΤΩΦΛΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	187
ΣΧΗΜΑ 6.24 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ – ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΚΑΤΩΦΛΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	188
ΣΧΗΜΑ 6.25 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΗΣ ΡΥΘΜΟΑΠΟΔΟΣΗΣ - ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΚΑΤΩΦΛΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	189

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1 - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΙ ΤΑ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ.....	22
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2 - ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ CONVERSATIONAL CLASS.....	23
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3 - ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ STREAMING CLASS.....	24
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.4 - ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ INTERACTIVE CLASS.....	25
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.5 - ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΤΑΞΕΙΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ	33
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1 - ΣΧΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΑΠΟΛΑΒΩΝ ΚΑΙ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΩΝ ΤΩΝ ΠΑΙΚΤΩΝ.....	58
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1 – ΤΙΜΕΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΑ 4 ΣΕΝΑΡΙΑ.....	150
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2 – ΤΙΜΕΣ «ΤΡΕΜΟΥΛΙΑΣΜΑΤΟΣ» ΓΙΑ ΤΑ 4 ΣΕΝΑΡΙΑ.....	151
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3 – ΤΙΜΕΣ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ 4 ΣΕΝΑΡΙΑ.....	153
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.4 – ΤΙΜΕΣ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ 4 ΣΕΝΑΡΙΑ.....	155
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.5 – ΤΙΜΕΣ ΡΥΘΜΟΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΙΑ ΤΑ 4 ΣΕΝΑΡΙΑ.....	156
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.6 - ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΛΑΤΩΝ-ΑΠΟΛΑΒΕΣ ΠΑΡΟΧΕΩΝ-ΑΛΛΑΓΕΣ ΠΑΡΟΧΕΑ ΓΙΑ ΤΑ 4 ΣΕΝΑΡΙΑ.....	159
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.7 - ΤΙΜΕΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2.....	161
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.8 - ΤΙΜΕΣ «ΤΡΕΜΟΥΛΙΑΣΜΑΤΟΣ» ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2.....	163
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.9 - ΤΙΜΕΣ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2.....	164
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.10 - ΤΙΜΕΣ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2.....	165
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.11 - ΤΙΜΕΣ ΡΥΘΜΟΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2.....	167
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.12 - ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΛΑΤΩΝ-ΑΠΟΛΑΒΕΣ ΠΑΡΟΧΕΩΝ-ΑΛΛΑΓΕΣ ΠΑΡΟΧΕΑ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2.....	168
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.13 - ΤΙΜΕΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 4.....	169
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.14 - ΤΙΜΕΣ «ΤΡΕΜΟΥΛΙΑΣΜΑΤΟΣ» ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 4.....	171
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.15 - ΤΙΜΕΣ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 4.....	172
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.16 - ΤΙΜΕΣ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 4.....	173
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.17 - ΤΙΜΕΣ ΡΥΘΜΟΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 4.....	175
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.18 - ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΛΑΤΩΝ-ΑΠΟΛΑΒΕΣ ΠΑΡΟΧΕΩΝ-ΑΛΛΑΓΕΣ ΠΑΡΟΧΕΑ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 4.....	176
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.19 - ΤΙΜΕΣ ΜΕΣΗΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	177
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.20 - ΤΙΜΕΣ ΜΕΣΟΥ «ΤΡΕΜΟΥΛΙΑΣΜΑΤΟΣ» ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	178
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.21 - ΤΙΜΕΣ ΜΕΣΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	179
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.22 - ΤΙΜΕΣ ΜΕΣΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	180
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.23 - ΤΙΜΕΣ ΜΕΣΗΣ ΡΥΘΜΟΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	181
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.24 - ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΛΑΤΩΝ-ΑΠΟΛΑΒΕΣ ΠΑΡΟΧΕΩΝ-ΑΛΛΑΓΕΣ ΠΑΡΟΧΕΑ ΓΙΑ ΤΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	182
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.25 - ΤΙΜΕΣ ΜΕΣΗΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΚΑΤΩΦΛΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	184

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.26 - ΤΙΜΕΣ ΜΕΣΟΥ «ΤΡΕΜΟΥΛΙΑΣΜΑΤΟΣ» ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΚΑΤΩΦΛΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	185
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.27 - ΤΙΜΕΣ ΜΕΣΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΚΑΤΩΦΛΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	186
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.28 - ΤΙΜΕΣ ΜΕΣΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΚΑΤΩΦΛΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	187
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.29 - ΤΙΜΕΣ ΜΕΣΗΣ ΡΥΘΜΟΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΚΑΤΩΦΛΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	188
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.30 - ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΛΑΤΩΝ-ΑΠΟΛΑΒΕΣ ΠΑΡΟΧΕΩΝ-ΑΛΛΑΓΕΣ ΠΑΡΟΧΕΑ ΓΙΑ ΤΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΚΑΤΩΦΛΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	189

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται ορισμένες από τις τεχνολογίες ασύρματης πρόσβασης και οι βασικές κλάσεις υπηρεσιών των δικτύων που αυτές συνθέτουν. Στην ενότητα 1.1 γίνεται μία σύντομη αναφορά στα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας 2G και 2.5G, τα οποία αποτελούν τον σημαντικότερο εκπρόσωπο ψηφιακών δικτύων δεύτερης γενιάς. Στην ενότητα 1.2 γίνεται αναφορά στο σύστημα κινητών επικοινωνιών τρίτης γενιάς, το οποίο αποκαλείται 3G. Η προσοχή μας εδώ θα επικεντρωθεί στο σύστημα κινητών επικοινωνιών UMTS. Στην τρίτη ενότητα (ενότητα 1.3) γίνεται μια αναφορά στα συστήματα ασύρματων επικοινωνιών τέταρτης γενιάς (4G). Στην επόμενη ενότητα (ενότητα 1.4) γίνεται μία αναφορά στα ασύρματα δίκτυα WLAN και WI-FI και στην ενότητα 1.5 παρουσιάζονται οι κλάσεις υπηρεσιών των μελλοντικών ασύρματων δικτύων. Τέλος, στην τελευταία ενότητα γίνεται μία αναφορά στις κλάσεις χρηστών που ενδέχεται να υπάρχουν σε κάποιο από τα παραπάνω δίκτυα.

1.1 GSM/GPRS

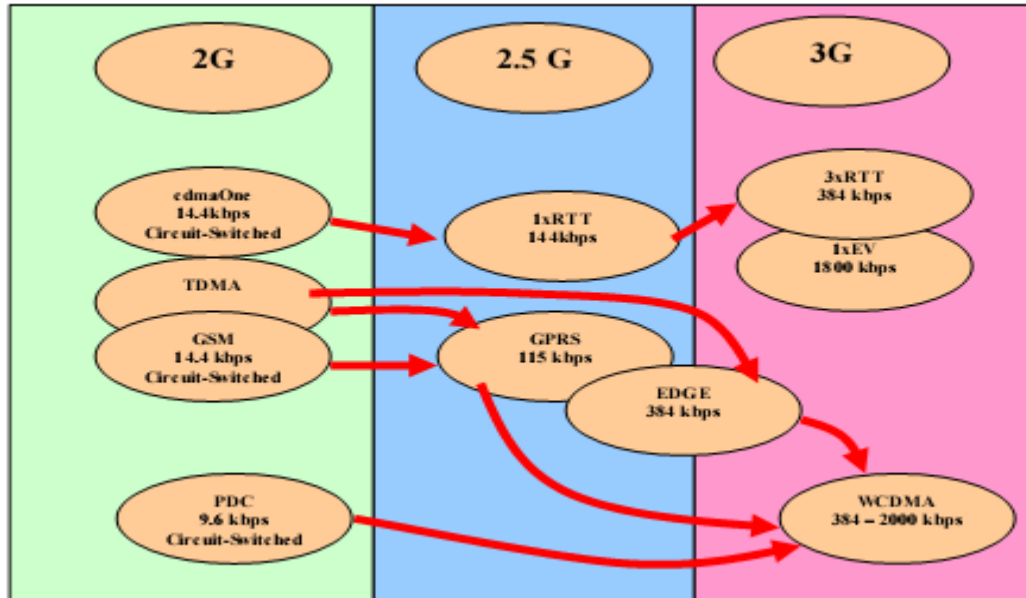
Το 1982 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή Ταχυδρομείων και Τηλεπικοινωνιών (CEPT, Conference of European Posts and Telegraphs) δημιούργησε μία ομάδα με το όνομα Groupe Speciale Mobile (GSM), προκειμένου να ερευνήσει και να αναπτύξει ένα πανευρωπαϊκό σύστημα κινητής τηλεφωνίας. Το σύστημα αυτό έπρεπε να πληρεί τα ακόλουθα κριτήρια[1]:

- Καλή ποιότητα φωνής

- Χαμηλό κόστος σταθμών βάσης και τερματικών σταθμών
- Υποστήριξη διεθνούς περιαγωγής (το γνωστό σε όλους roaming)
- Ικανότητα να υποστηρίζει πλήθος νέων υπηρεσιών
- Ικανότητα να υποστηρίζει μικρού μεγέθους κινητά τερματικά
- Ικανοποιητική φασματική αξιοποίηση
- Συμβατότητα με άλλα δίκτυα όπως το Integrated Services Digital Network (ISDN)

Το 1989 την ολική ευθύνη για το GSM ανέλαβε το Ινστιτούτο Ευρωπαϊκών Προτύπων Τηλεπικοινωνιών (ETSI, European Telecommunication Standards Institute) και η πρώτη φάση των προδιαγραφών του GSM δημοσιεύτηκε το 1990. Παρόλο που οι προδιαγραφές του GSM έλαβαν χώρα στην Ευρώπη το GSM δεν είναι μόνο ένα ευρωπαϊκό πρότυπο καθώς δίκτυα GSM λειτουργούν σχεδόν σε όλο τον κόσμο. Το 1993 υπήρχαν 36 GSM δίκτυα σε λειτουργία σε 22 χώρες με 25 επιπλέον χώρες να έχουν επιλέξει το GSM για μελλοντική λειτουργία εντός αυτών. Στις αρχές του 1994 υπήρχαν 1,3 εκατομμύρια συνδρομητές GSM σε όλο τον κόσμο, ενώ το 1997 οι συνδρομητές έφτασαν τα 55 εκατομμύρια. Σήμερα ο αριθμός αυτός έχει ξεπεραστεί κατά πολύ, όπως κατά πολύ ξεπεράστηκαν επίσης και οι πιο αισιόδοξες προβλέψεις των ειδικών για το πλήθος των χρηστών τέτοιων ασύρματων δικτύων. Η Βόρεια Αμερική χρησιμοποίησε το GSM με αρκετή καθυστέρηση, και στην πραγματικότητα χρησιμοποίησε ένα παραπλήσιο σύστημα του GSM, το PCS1900.

Αυτή τη στιγμή δύο στους τρεις χρήστες κινητών κυψελωτών συστημάτων είναι χρήστες του GSM συστήματος. Αυτό το γεγονός οδήγησε τους παρόχους κινητών υπηρεσιών να προωθήσουν στην αγορά συμβατά με τα υπάρχοντα δίκτυά τους συστήματα GPRS (2.5G), έτσι ώστε να υπάρξει μία σύγκλιση των συστημάτων και μία κοινή πορεία προς τα δίκτυα τρίτης γενιάς (3G). Στο Σχήμα 1.1 φαίνεται η διαδρομή εξέλιξης των σημαντικότερων συστημάτων ασύρματης επικοινωνίας από τη δεύτερη γενιά έως και τη τρίτη.



ΣΧΗΜΑ 1.1 - Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΚΥΨΕΛΩΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Όσον αφορά τις υπηρεσίες του GSM και του GPRS[2][3], η πιο σημαντική είναι βέβαια η τηλεφωνία, η οποία βασίζεται στη μεταγωγή κυκλώματος. Η φωνή κωδικοποιείται ψηφιακά και μεταδίδεται εντός του δικτύου σαν μια ψηφιακή ροή μέσα από μία σύνδεση, η οποία είναι διαθέσιμη αποκλειστικά για τη συγκεκριμένη κλήση όσο αυτή διαρκεί. Πρέπει να προσθέσουμε ότι υπάρχει υπηρεσία έκτακτης ανάγκης, όπου ο πλησιέστερος φορέας ειδοποιείται πληκτρολογώντας έναν προκαθορισμένο τριψήφιο αριθμό.

Άλλες υπηρεσίες που παρέχονται είναι :

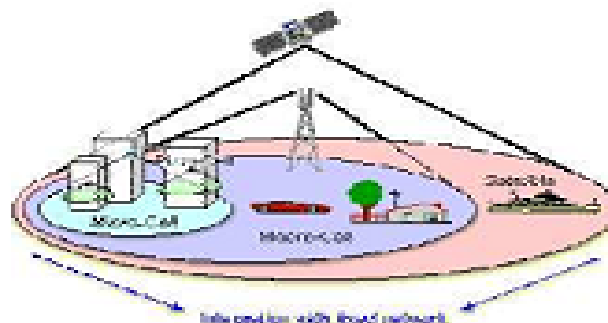
- Μεταφορά και λήψη δεδομένων
- Υπηρεσίες fax
- Υπηρεσία αποστολής σύντομων γραπτών μηνυμάτων
- Φραγή και προώθηση κλήσεων
- Αναγνώριση και αναμονή κλήσεων
- Προσωπικός τηλεφωνητής
- Περιαγωγή (roaming)
- Web browsing (mobile Internet)
- Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο

1.2UMTS

1.2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το UMTS (Universal Mobile Telecommunication System- Παγκόσμιο Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών) είναι ο σημαντικότερος εκπρόσωπος των συστημάτων κινητών επικοινωνιών τρίτης γενιάς και διάδοχο σύστημα του GSM[4][5]. Η ιδέα για το παγκόσμιο σύστημα κινητών τηλεπικοινωνιών (UMTS) γεννήθηκε με την πρόθεση να παρέχει προηγμένες υπηρεσίες κινητών τηλεπικοινωνιών με παγκόσμια κάλυψη. Η 3GPP (3rd Generation Partnership Project) αναπτύσσει προδιαγραφές για ένα σύστημα κινητών επικοινωνιών που το δίκτυο πρόσβασης βασίζεται στο UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) και το δίκτυο κορμού προκύπτει από το δίκτυο κορμού GSM/GPRS.

Τα συστήματα τρίτης γενιάς έχουν σχεδιαστεί για επικοινωνία πολυμέσων. Με αυτά η διαπροσωπική επικοινωνία μπορεί να εμπλουτιστεί με υψηλής ποιότητας εικόνα και βίντεο, καθώς και η πρόσβαση σε δεδομένα και υπηρεσίες δημόσιων και ιδιωτικών δικτύων διευκολύνεται από τους υψηλότερους ρυθμούς και τις νέες ευέλικτες δυνατότητες που προσφέρουν τα συστήματα τρίτης γενιάς (3G). Σε συνδυασμό με την συνεχή ανάπτυξη των συστημάτων δεύτερης γενιάς, ανοίγονται πολλές δυνατότητες, τόσο για τους χρήστες όσο και για τους κατασκευαστές των εφαρμογών που χρησιμοποιούν τα δίκτυα αυτά.



ΣΧΗΜΑ 1.2 - Η ΚΥΨΕΛΩΤΗ ΔΟΜΗ ΤΟΥ UMTS

1.2.2 ΤΑΞΕΙΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΤΟΥ UMTS

Οι εφαρμογές και οι υπηρεσίες μπορούν να χωριστούν σε διάφορες κατηγορίες, ανάλογα με τα κριτήρια που θα επιλεγούν[6]. Οι κατηγορίες αυτές ονομάζονται τάξεις υπηρεσιών και στο UMTS έχουν καθοριστεί τέσσερις τάξεις. Ο σκοπός αυτών των τάξεων υπηρεσιών είναι να επιτρέψει στο δίκτυο UMTS να καταναίμει του πόρους του και να προστατέψει τα μεταδιδόμενα δεδομένα σε συνάρτηση με την υπηρεσία που ζητήθηκε από τον χρήστη. Οι τέσσερις τάξεις υπηρεσιών είναι οι ακόλουθες:

- Συνδιάλεξης (conversational)
- Συνεχής και σταθερής ροής (streaming)
- Διάδρασης (interactive)
- Παρασκηνίου (background)

Error tolerant	Conversational voice and video	Voice messaging	Streaming audio and video	Fax
Error intolerant	Telnet, interactive games	E-commerce, WWW browsing,	FTP, still image, paging	E-mail arrival notification
	Conversational (delay <<1 sec)	Interactive (delay approx 1 sec)	Streaming (delay <10 sec)	Background (delay >10 sec)

ΣΧΗΜΑ 1.3 - ΟΙ ΤΑΞΕΙΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΤΟΥ UMTS ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΝΟΧΗ ΛΑΘΩΝ

Ο κύριος διαχωριστικός παράγοντας μεταξύ των παραπάνω τάξεων είναι κατά πόσο ευαίσθητη στην καθυστέρηση είναι η κίνηση. Η conversational τάξη είναι η πιο ευαίσθητη στην καθυστέρηση, ενώ η τάξη background η λιγότερο ευαίσθητη (Σχήμα 1.3). Στο UMTS, η conversational και η streaming τάξεις μεταδίδονται σε πραγματικού χρόνου συνδέσεις, ενώ οι τάξεις interactive και background μεταδίδονται σαν πακέτα δεδομένων μη πραγματικού χρόνου.

Αναλόγως με την εκάστοτε εφαρμογή που χρησιμοποιείται από τον χρήστη, μπορούμε να διακρίνουμε δύο βασικά πρωτόκολλα μεταφοράς: το UDP και το TCP. Όπως μπορούμε να διακρίνουμε από το σχήμα 1.4, υπηρεσίες που είναι ευαίσθητες στην καθυστέρηση (τηλεφωνία, πολυμέσα) χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο UDP, ενώ υπηρεσίες λιγότερο ευαίσθητες στην καθυστέρηση (e-mail, web browsing) χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο TCP.

Εφαρμογή	Πρωτόκολλο εφαρμογής	Πρωτόκολλο σρώματος	Πρωτόκολλο μεταφοράς
Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο	SMTP		TCP
Απομακρυσμένη πρόσβαση τερματικού	Telnet		TCP
Web	HTTP		TCP
Μεταφορά αρχείων	FTP		TCP
Απομακρυσμένη μεταφορά αρχείων	NFS		UDP
Πολυμέσα	Εξαρτάται από εφαρμογή		UDP
Τηλεφωνία μέσω διαδικτύου	Εξαρτάται από εφαρμογή		UDP
Διαχείριση δικτύου	SNMP		UDP
Πρωτόκολλο δρομολόγησης	RIP		UDP
Μετάφραση ονόματος	DNS		UDP

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1 - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΙ ΤΑ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

I. Conversational class (κατηγορία συνδιάλεξης)

Η πιο γνωστή εφαρμογή της τάξης αυτής είναι η υπηρεσία ομιλίας με μεταγωγή κυκλώματος. Με την χρήση του Internet και των πολυμέσων, θα προστεθούν στην τάξη αυτή ένας νέος αριθμός εφαρμογών, όπως φωνή πάνω σε IP και τηλεφωνία με εικόνα. Είναι η μοναδική τάξη που τα χαρακτηριστικά της καθορίζονται από την ανθρώπινη αντίληψη.

Medium	Application	Degree of symmetry	Data rate	Key performance parameters and target values		
				End-to-end One-way Delay	Delay Variation within a call	Information loss
Audio	Conversational voice	Two-way	4-25 kb/s	<150 msec preferred <400 msec limit Note 1	< 1 msec	< 3% FER
Video	Videophone	Two-way	32-384 kb/s	< 150 msec preferred <400 msec limit Lip-synch : < 100 msec		< 1% FER
Data	Telemetry - two-way control	Two-way	<28.8 kb/s	< 250 msec	N.A	Zero
Data	Interactive games	Two-way	< 1 KB	< 250 msec	N.A	Zero
Data	Telnet	Two-way (asymmetric)	< 1 KB	< 250 msec	N.A	Zero

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2 - ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ CONVERSATIONAL CLASS

II. Streaming Class (Κατηγορία Συνεχής και Σταθερής Ροής)

Πρόκειται για έναν τρόπο μεταφοράς δεδομένων που μπορεί να θεωρηθεί ως συνεχή και σταθερή ροή. Οι τεχνολογίες streaming κερδίζουν συνέχεια έδαφος με την ανάπτυξη του Internet, διότι οι περισσότεροι χρήστες δεν έχουν αρκετά γρήγορη πρόσβαση για να «κατεβάσουν» μεγάλα αρχεία πολυμέσων γρήγορα. Με την παραπάνω τεχνική, τα δεδομένα αρχίζουν να παρουσιάζονται πριν την μεταφορά ολόκληρου του αρχείου. Οι streaming εφαρμογές είναι ιδιαίτερα ασύμμετρες και τυπικά δέχονται μεγαλύτερη καθυστέρηση από τις συμμετρικές conversational υπηρεσίες. Αυτό, επίσης, σημαίνει ότι αντέχουν περισσότερο «τρεμούλιασμα» (jitter) κατά την μεταφορά.

Medium	Application	Degree of symmetry	Data rate	Key performance parameters and target values		
				One-way Delay	Delay Variation	Information loss
Audio	High quality streaming audio	Primarily one-way	32-128 kb/s	< 10 sec	< 1 msec	< 1% FER
Video	One-way	One-way	32-384 kb/s	< 10 sec		< 1% FER
Data	Bulk data transfer/retrieval	Primarily one-way		< 10 sec	N.A	Zero
Data	Still image	One-way		< 10 sec	N.A	Zero
Data	Telemetry - monitoring	One-way	<28.8 kb/s	< 10 sec	N.A	Zero

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3 - ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ STREAMING CLASS

III. Interactive Class (Κατηγορία Διάδρασης)

Το σενάριο αυτό εφαρμόζεται όταν ο τελικός χρήστης είναι σε σύνδεση απαιτώντας δεδομένα από απομακρυσμένο εξοπλισμό (πχ. ένα εξυπηρετητή). Παράδειγμα ανθρώπινης αλληλεπίδρασης με τον απομακρυσμένο εξοπλισμό είναι το Web browsing και η πρόσβαση σε εξυπηρετητή, ενώ αλληλεπίδραση μηχανής αποτελούν οι αυτόματες αναζητήσεις βάσεων δεδομένων. Η κίνηση, στην τάξη αυτή, χαρακτηρίζεται από την απάντηση στην αίτηση του τελικού χρήστη (στον προορισμό του μηνύματος, υπάρχει μια οντότητα, που περιμένει το μήνυμα-απάντηση μέσα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα). Έτσι, ο χρόνος καθυστέρησης αποτελεί ένα από τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα στην τάξη αυτή.

Medium	Application	Degree of symmetry	Data rate	Key performance parameters and target values		
				End-to-end One-way Delay	Delay Variation within a call	Information loss
Audio	Conversational voice	Two-way	4-25 kb/s	<150 msec preferred <400 msec limit Note 1	< 1 msec	< 3% FER
Video	Videophone	Two-way	32-384 kb/s	< 150 msec preferred <400 msec limit Lip-synch : < 100 msec		< 1% FER
Data	Telemetry - two-way control	Two-way	<28.8 kb/s	< 250 msec	N.A	Zero
Data	Interactive games	Two-way	< 1 KB	< 250 msec	N.A	Zero
Data	Telnet	Two-way (asymmetric)	< 1 KB	< 250 msec	N.A	Zero

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.4 - ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ INTERACTIVE CLASS

IV. Background Class (Κατηγορία Παρασκηνίου)

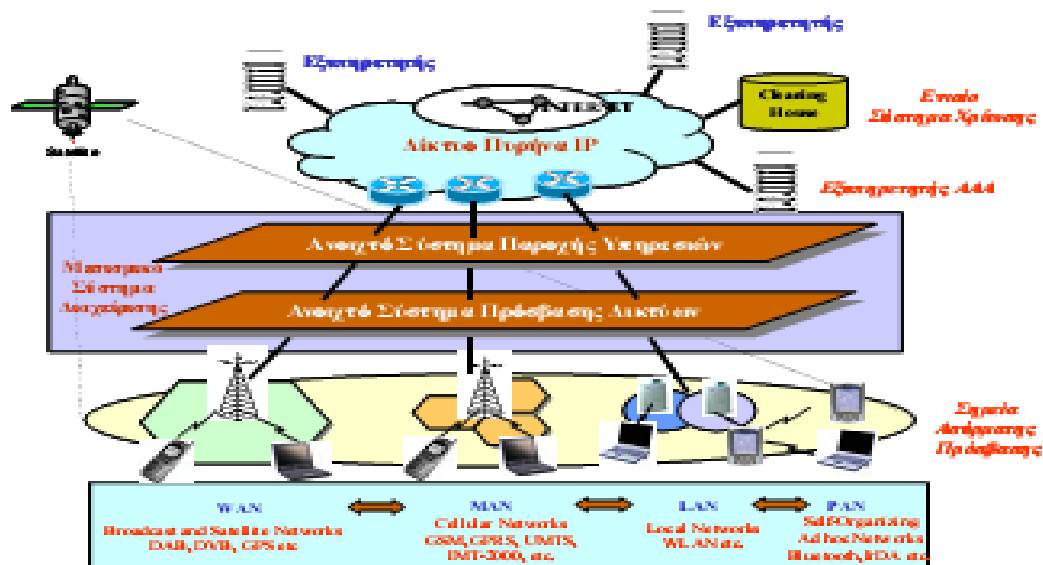
Κίνηση δεδομένων σε εφαρμογές, όπως ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, SMS, «κατέβασμα» βάσεων δεδομένων, δεν απαιτεί άμεση ενέργεια, αφού η καθυστέρηση μπορεί να είναι δευτερόλεπτα ή ακόμα και λεπτά της ώρας. Ο προορισμός, εδώ, δεν περιμένει τα δεδομένα μέσα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. δηλαδή δεν υπάρχει μεγάλη ευαισθησία ως προς την καθυστέρηση. Η ηλεκτρονική κάρτα ταχυδρομείου είναι ακόμα ένα παράδειγμα νέων εφαρμογών της τάξης αυτής.

1.3 ΔΙΚΤΥΑ ΤΕΤΑΡΤΗΣ ΓΕΝΙΑΣ

Τα δίκτυα τέταρτης γενιάς είτε επειδή θα συνεργάζονται με τα ήδη υπάρχοντα δίκτυα είτε επειδή συμπεριλαμβάνουν διάφορες τεχνολογίες ονομάζονται και ετερογενή (heterogeneous) δίκτυα[7]. Μια μεγάλη πρόκληση για τα δίκτυα 4^{ης} γενιάς είναι σχετική με την αρχιτεκτονική τους, η οποία θα πρέπει να είναι ανοικτή και ευέλικτη, ώστε να

μπορεί να υποστηρίζει διάφορα είδη υπηρεσιών, κινητών τερματικών και δικτύων. Ο πρωταρχικός στόχος είναι η διαφάνεια της ετερογένειας των δικτύων στους χρήστες. Αυτό σημαίνει ότι ο χρήστης που θα λαμβάνει μια υπηρεσία και θα κινείται σε μια περιοχή δε θα πρέπει να καταλαβαίνει σε ποιο δίκτυο θα είναι συνδεδεμένος κάθε χρονική στιγμή, παρά μόνο το ότι λαμβάνει την υπηρεσία που απαιτεί με ικανοποιητική ποιότητα. Ένας άλλος στόχος είναι η ανεξαρτησία της αρχιτεκτονικής του συστήματος από την ασύρματη τεχνολογία.

Το πρότυπο μοντέλο αρχιτεκτονικής των ασύρματων συστημάτων τέταρτης γενιάς απεικονίζεται στο Σχήμα 1.8 [8][9]. Όπως φαίνεται και από το σχήμα, η αρχιτεκτονική αυτή προτείνει την ενοποίηση των ασύρματων δικτύων πρόσβασης πάνω από ένα κοινό δίκτυο πυρήνα, το οποίο χαρακτηρίζεται από την υιοθέτηση του πρωτοκόλλου διαδικτύου IP για την μεταφορά και υποστήριξη όλων των υπηρεσιών.



ΣΧΗΜΑ 1.4 - ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΑΣΥΡΜΑΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΕΤΑΡΤΗΣ ΓΕΝΙΑΣ

Τα βασικά δομικά στοιχεία που μπορούμε να διακρίνουμε σε μια τέτοια αρχιτεκτονική είναι τα ακόλουθα :

- **Το σύστημα των δικτύων**, τα οποία είναι υπεύθυνα για την ανάθεση των απαραίτητων δικτυακών πόρων.

- **Το σύστημα των εξυπηρετητών**, οι οποίοι παρέχουν το σύνολο των προσφερόμενων υπηρεσιών και εφαρμογών.
- **Το μεσιμικό (middleware) σύστημα διαχείρισης**, το οποίο αναλαμβάνει όλες τις λειτουργίες διαχείρισης και αποτελεί τον μεσάζοντα ανάμεσα στις υπηρεσίες και τους δικτυακούς πόρους.

Τα μελλοντικά συστήματα έχουν σαν στόχο τους τη δημιουργία ενός ραδιοδικτύου πρόσβασης (RAN), το οποίο θα έχει ως κέντρο του τον χρήστη και θα είναι ευέλικτο και οικονομικά εφικτό. Για να καταφέρει να επιτύχει αυτούς τους στόχους ένα μελλοντικό σύστημα κινητών επικοινωνιών θα πρέπει να το δούμε ως μία δομή από τρία μέρη: την έννοια των ασύρματων διεπαφών, το σχέδιο ανάπτυξης και τη λειτουργική περιγραφή.

Η λειτουργική περιγραφή παρέχει μία εικόνα των πρωτοκόλλων χρήστη και ελέγχου της ασύρματης διεπαφής. Επίσης καθορίζει ποιες υπηρεσίες προσφέρονται προς τα υπερκείμενα στρώματα πρωτοκόλλων καθώς επίσης και σε κάθε επίπεδο πρωτοκόλλων της εσωτερικής διαστρωμάτωσης πρωτοκόλλων.

Το σχέδιο ανάπτυξης παρέχει τις λύσεις για να εκπληρωθούν πρωτίστως οι στόχοι της ευελιξίας και τις οικονομικής επιτυχίας του νέου συστήματος. Περιγράφει τις διάφορες λύσεις και στρατηγικές δικτύων, οι οποίες διευκολύνουν το σχεδιασμό του συστήματος έτσι ώστε να είναι υλοποιήσιμος ακόμα και σε υψηλές συχνότητες φέροντος, όπου η διάδοση και άλλα φαινόμενα που σχετίζονται με τη μετάδοση στο ραδιοδιάλυλο μπορούν να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα κάλυψης. Παρέχει ακόμη υλοποιήσιμες λύσεις που επιτρέπουν την επέκταση της κάλυψης και της χωρητικότητας όπως για παράδειγμα μητροπολιτικά ή τοπικά hot spots.

Το κομμάτι των ασύρματων διεπαφών παρέχει τις μεθόδους, τις λειτουργίες και τις διαδικασίες που είναι απαραίτητες έτσι ώστε να μεταβιβαστούν τα δεδομένα χρήστη και ελέγχου αποτελεσματικά μεταξύ των φυσικών κόμβων. Το κομμάτι των ασύρματων διεπαφών πρέπει να τονίσουμε ότι εφαρμόζει την απαίτηση ενός συστήματος που θα έχει στο κέντρο του τον χρήστη, παρέχοντας σε αυτόν την δυνατότητα να προσαρμόζεται ανεξάρτητα στις ραδιοζεύξεις του συστήματος ασύρματων επικοινωνιών σύμφωνα με τις διαφορετικές ανάγκες και δυνατότητες.

1.4 WIRELESS LAN & WI-FI

Τα ασύρματα τοπικά δίκτυα (Wireless Local Area Networks – WLANs) είναι μία σχετικά νέα μορφή τοπικών δικτύων, που επιτρέπει στους χρήστες να συνδέονται και να ανταλλάσσουν πληροφορία, χωρίς να δεσμεύονται από την ύπαρξη κατάλληλης καλωδίωσης και βασίζονται στο πρότυπο IEEE 802.11b [10] . Η προσφορά κινητικότητας στους χρήστες είναι το κύριο χαρακτηριστικό που διαφοροποιεί τα ασύρματα από τα ενσύρματα δίκτυα.

Από την άλλη μεριά, η αρχιτεκτονική του συστήματος Wi-Fi ,που είναι συμβατό με το πρότυπο IEEE 802.11, καλύπτει τόσο δομημένες τοπολογίες (κυψελωτές) όσο και αδόμητες (ad-hoc). Βασικό της στοιχείο είναι ο σταθμός (Station - STA), δηλαδή οποιαδήποτε συσκευή διαθέτει μια διεπαφή (interface) συμβατή με το πρότυπο IEEE 802.11 και επιθυμεί να συνδεθεί και να μεταδώσει στο σύστημα. Στις δομημένες τοπολογίες, η μετάδοση γίνεται μόνο από/προς το Σημείο Πρόσβασης (Access Point - AP), δηλαδή του σταθμού εκείνου που διαθέτει και διεπαφή με σταθερό δίκτυο (πχ. Ethernet), ενώ στις αδόμητες η μετάδοση γίνεται απευθείας σε οποιοδήποτε άλλο σταθμό στην περιοχή κάλυψης. Το σύνολο των σταθμών και σημείων πρόσβασης που αποτελούν ένα ασύρματο δίκτυο Wi-Fi ονομάζεται Basic Service Set (BSS) στις δομημένες τοπολογίες και Independent Basic Service Set (IBSS) στις αδόμητες.

Τα σύγχρονα WLAN (ανάμεσά τους και το IEEE 802.11) σχεδιάζονται έτσι ώστε να μπορούν να υποστηρίξουν λειτουργίες κινητών υπολογισμών (mobile computing) σε μικρές περιοχές, όπως κτίρια, πάρκα, αεροδρόμια ή συγκροτήματα γραφείων. Μπορούν να επεκτείνουν την πρόσβαση σε τοπικά δίκτυα, όπως δίκτυα εταιρειών, καθώς επίσης και να υποστηρίξουν πρόσβαση στο διαδίκτυο (Internet) με μεγάλες ταχύτητες σε τόπους όπου παρατηρείται υψηλή συγκέντρωση χρηστών (hot spots). Τα WLAN μπορούν να παρέχουν ταχεία και εύκολη ασύρματη σύνδεση σε υπολογιστές και συστήματα σε χώρους, όπου δεν υπάρχει ενσύρματη τηλεπικοινωνιακή υποδομή ή δεν επιτρέπεται εγκατάσταση τέτοιας υποδομής. Πολλές νέες κινητές εφαρμογές, όπως εμπόριο (m-

commerce), τηλεκπαίδευση (distance education) και αλληλοδραστικά παιχνίδια (interactive games) απαιτούν υποστήριξη επικοινωνίας ομάδων από το δίκτυο.

Ειδικότερα το 802.11 προσφέρει εννέα βασικές υπηρεσίες. Από αυτές τρεις σχετίζονται με τη μεταφορά δεδομένων και οι υπόλοιπες έξι σχετίζονται με τη διαχείριση.

Οι υπηρεσίες αυτές είναι οι εξής[11]:

- **Distribution:** Η υπηρεσία αυτή είναι απαραίτητη για την παράδοση ενός πλαισίου από το AP στον τελικό προορισμό του. Συνίσταται στον εντοπισμό του παραλήπτη για να είναι δυνατή η τελική παράδοση του πλαισίου.
- **Integration:** Η υπηρεσία αυτή παρέχεται από το σύστημα διανομής. Είναι υπεύθυνη για τη διασύνδεση του συστήματος διανομής σε ένα δίκτυο διαφορετικό του 802.11.
- **MSDU Delivery:** Παράδοση των πλαισίων MAC (MAC Service Data Unit) στον τελικό προορισμό τους.
- **Association:** Απαραίτητη διαδικασία συσχετισμού ενός σταθμού με το AP, προκειμένου να είναι σε θέση να στείλει και να δεχτεί πλαίσια μέσω του ασυρμάτου δικτύου.
- **Reassociation:** Χρησιμοποιείται από τους κινητούς σταθμούς σε περίπτωση μετακίνησης από μία BSS σε μία άλλη. Είναι μέρος του μηχανισμού της διαπομπής.
- **Disassociation:** Η διαδικασία αυτή αφαιρεί έναν σταθμό από το δίκτυο. Το MAC του 802.11 μπορεί να χειριστεί και σταθμούς που εγκαταλείπουν το δίκτυο χωρίς να κάνουν πρώτα disassociation.
- **Authentication:** Αν απαιτείται από το διαχειριστή του δικτύου, πρέπει κάθε χρήστης να πιστοποιεί την ταυτότητά του πριν προχωρήσει στη διαδικασία του association.
- **Deauthentication:** Τερματισμός μιας ισχύουσας κατάστασης authentication. Τερματίζει επίσης και το association, εφόσον το authentication είναι προαπαιτούμενο αυτού.

- **Privacy:** Λόγω του ασύρματου περιβάλλοντος μετάδοσης έχει οριστεί από το 802.11 μία προαιρετική υπηρεσία κρυπτογράφησης των δεδομένων που ονομάζεται WEP (Wired Equivalent Privacy). Το WEP δεν προσφέρει σε καμία περίπτωση ασφαλή μεταφορά δεδομένων και ήδη μελετάται η αντικατάστασή του.

1.5 ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΤΑΞΕΙΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ

Τα μελλοντικά δίκτυα θα προσφέρουν εξελιγμένες υπηρεσίες στους χρήστες, προσπαθώντας να ικανοποιήσουν όλες τις απαιτήσεις που προκύπτουν από τη ραγδαία τεχνολογική ανάπτυξη, ενώ τα δίκτυα που υπάρχουν και λειτουργούν αυτή τη στιγμή προσφέρουν βασικές υπηρεσίες, όπως μετάδοση φωνής, βίντεο, κειμένου κ.τ.λ. Στα μελλοντικά ασύρματα δίκτυα δε θα έχουν όλες οι προσφερόμενες υπηρεσίες τις ίδιες απαιτήσεις ή τα ίδια χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, μια υπηρεσία φωνής για να μεταδοθεί χωρίς προβλήματα έχει απαίτηση πολύ μικρής καθυστέρησης, αλλά και πολύ μικρού ρυθμού μετάδοσης, ενώ μια υπηρεσία ηλεκτρονικού ταχυδρομείου είναι πολύ ανεκτική σε καθυστέρηση, αλλά σε περίπτωση συνημμένων αρχείων, μπορεί να χρειάζεται αρκετά μεγάλο ρυθμό μετάδοσης.

Για τη μετάδοσή κάθε μιας από τις υπηρεσίες μέσω ενός ασύρματου δικτύου θα πρέπει να ικανοποιούνται κάποια βασικά χαρακτηριστικά. Κάθε υπηρεσία έχει συγκεκριμένες απαιτήσεις, ώστε να μεταδίδεται επιτυχώς και χωρίς προβλήματα. Για αυτό τον λόγο έχουν καθοριστεί τάξεις υπηρεσιών (service classes), όπου οι υπηρεσίες έχουν ομαδοποιηθεί και κάθε τάξη έχει συγκεκριμένες απαιτήσεις σε ρυθμό μετάδοσης δεδομένων (datarate), καθυστέρηση (delay) και ρυθμό λανθασμένων bit (bit error rate – BER).

Με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία [9] έχουν καθοριστεί 18 διαφορετικές τάξεις υπηρεσιών, όπου η κάθε μια έχει διαφορετικές απαιτήσεις σε ρυθμό μετάδοσης δεδομένων, καθυστέρηση και ρυθμό λαθών, αλλά και διαφορετικά χαρακτηριστικά.

Service Class	Data Rate	Traffic type	Delay	Error Rate	Applications
1. Real time collaboration and gaming	1-20 Mbps	SERR	highly interactive (<20ms)	1.00E-0.6 - 1.00E-0.9	Telepresence/Video conference Collaborative work Navigation systems Real-time Gaming
2. Geographic real time datacast	2-5 Mbps	SERR Point to Region	highly interactive (<20ms)	1.00E-0.6	Real time video streaming Collaborative work
3. Short control messages and signalling	8-64 kbps	SERR	interactive/control (20 – 100 ms)	1.00E-0.9	Alarms Remote Control Sensors Presence driven transfer (lightweight content)
4. Simple interactive applications	64-512 kbps	SERR	interactive/control (20 – 100 ms)	1.00E-0.6	Presence driven transfer (heavy content) Interactive geographical maps (remote processing)
5. Interactive high multimedia	2-5 Mbps	SERR	interactive/control (20 – 100 ms)	1.00E-0.6	Rich data call Control Video broadcasting/streaming Robot security
6. Geographic interactive multimedia	2-5 Mbps	SERR Point to Region	interactive/control (20 – 100 ms)	1.00E-0.6	Video broadcasting/streaming Localised map download

broadcast					
7. Interactive ultra high multimedia	10-50 Mbps	SERR	interactive/control (20 – 100 ms)	1.00E-0.3 - 1.00E-0.6	High quality video conference Collaborative work
8. Simple telephony and messaging	8-64 kbps	SERR	Conversational (100 – 200 ms)	1.00E-0.3 - 1.00E-0.6	Voice telephony Instant messages Lightweight multiplayer games Bets and gambling
9. Data and media telephony	64-512 kbps	SERR	Conversational (100 – 200 ms)	1.00E-0.3 - 1.00E-0.6	Audio streaming Video telephony (medium quality) Multiplayer games (high quality)
10. Geographic datacast	64-512 kbps	SERR Point to Region	Conversational (100 – 200 ms)	1.00E-0.3 - 1.00E-0.6	Localised datacast/beacons Audio streaming
11. Rich data and media telephony	2-5 Mbps	SERR	Conversational (100 – 200 ms)	1.00E-0.3 - 1.00E-0.6	High quality video telephony Collaborative work Standard data call
12. LAN access and file service	Up to 50 Mbps	SYSA	Conversational (100 – 200 ms)	1.00E-0.6	Access to databases, filesystems,
13. Multimedia messaging	8-64 kbps	SYSA	Few seconds (>200ms)	1.00E-0.6 - 1.00E-0.9	Messaging (data/voice/media) Authentication (m-payment, m-wallet, m-ticket, m-key etc.) Web browsing (light weight)

14. Lightweight browsing	64-512 kbps	SERR	Few seconds (>200ms)	1.00E-0.6	Messaging (data/voice/media) (medium weight) Access to corporate database (lightweight) Audio on demand Web browsing (medium weight) Internet radio
15. File exchange	Up to 5 Mbps	SYSA	Few Seconds (>200ms)	1.00E-0.6	Access to databases (heavy weight), filesystems, Video download/upload Peer-to-peer file sharing
16. Video streaming	5 Mbps	SERR	Few Seconds (>200ms)	1.00E-0.6	Video streaming (normal)
17. High quality video streaming	30 Mbps	SERR	Few Seconds (>200ms)	1.00E-0.9	Video streaming (archival)
18. Large files exchange	Up to 50 Mbps	SYSA	Few Seconds (>200ms)	1.00E-0.6	

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.5 - ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΤΑΞΕΙΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ

1.6 ΤΑΞΕΙΣ ΧΡΗΣΤΩΝ

Εκτός από την κατηγοριοποίηση των υπηρεσιών που παρέχονται σε έναν χρήστη, είναι αναγκαία και η κατηγοριοποίηση των ίδιων των χρηστών, καθώς καθένας από αυτούς έχει διαφορετικές απαιτήσεις όσον αφορά την ποιότητα υπηρεσίας που του παρέχεται (QoS) . Για παράδειγμα, ένας χρήστης που πληρώνει μεγάλη συνδρομή θα πρέπει να χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες που του παρέχονται έχοντας περισσότερο διασφαλισμένη μια ανεκτή ποιότητα υπηρεσίας σε σχέση με ένα χρήστη που πληρώνει μικρότερη συνδρομή. Πιο γενικά, ένας χρήστης που ανήκει σε μία τάξη υψηλότερης συνδρομής πρέπει να έχει προτεραιότητα απέναντι σε έναν χρήστη που ανήκει σε τάξη χαμηλότερης συνδρομής όσον αφορά την ποιότητα υπηρεσίας, την πιθανότητα να αποκλειστεί μία κλήση του λόγω συμφόρησης, την πιθανότητα να καθυστερήσει ένα πακέτο πληροφορίας και άλλων πολλών παραμέτρων. Το θέμα της συμφόρησης καθώς και οι μηχανισμοί αντιμετώπισης της θα αναλυθούν εκτενέστερα στο κεφάλαιο 2.

Η κατηγοριοποίηση των χρηστών είναι αναγκαία για τον παροχέα της υπηρεσίας (provider) που έχει σαν στόχο την μεγιστοποίηση του κέρδους του. Πιο συγκεκριμένα, αν δεν παρέχει σε έναν χρήστη υψηλής κλάσης ικανή ποιότητα υπηρεσίας, είναι πολύ πιθανό αυτός ο χρήστης να διακόψει τη συνδρομή του και να προτιμήσει άλλον παροχέα κάτι που θα επιφέρει μείωση στις αποδοχές του. Η αλληλεπίδραση μεταξύ του παροχέα και του συνδρομητή- χρήστη θα αναλυθούν στο κεφάλαιο 2.

Οι κατηγορίες των χρηστών συνήθως είναι τρεις [12] :

- Η premium
- Η gold
- Και η silver.

Έτσι, ένας χρήστης που ανήκει στην premium κατηγορία πληρώνει τα περισσότερα χρήματα αλλά έχει περισσότερη αξιοπιστία στην χρησιμοποίηση των υπηρεσιών του σε σχέση με τις άλλες δύο κατηγορίες. Επίσης, αυτός ο χρήστης έχει μεγαλύτερη προτεραιότητα όσον αφορά την διεκπεραίωση της χρήσης των υπηρεσιών του και γενικό τρά την κάλυψη των αναγκών του σε συνθήκες συμφόρησης του δικτύου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. P. Stuckmann: The GSM evolution, Wiley 2002, pp. 7-14.
2. B. Walke: Mobile radio networks networking and protocols, Wiley 1999, pp. 241-265
3. Timo Halonen, Javier Romero: GSM, GPRS and edge performance evolution towards 3G/UMTS, Wiley 2003, pp. 307-333
4. B. Walke, P. Seidenberg, M. P. Althoff: UMTS: the fundamentals, Wiley 2003, pp. 23-47
5. H. Kaaranen, A. Ahtiainen, L. Laitinen, S. Naghian, V. Niemi: UMTS networks: architecture, mobility and services, Wiley 2005, pp. 15-59
6. P. Lescuyer, F. Bott: UMTS origins, architecture and the standard, Springer 2004, pp. 14-17,
7. H. Wang, L. Kondi, A. Luthra, S. Ci: 4G wireless video communications, Wiley 2009, pp.1-19
8. H. Berndt: Towards 4G technologies: services with initiative, Wiley 2008, pp. 107-123
9. WINNER II D4.8.1. : WINNER II intramode and intermode cooperation schemes definition, Deliverable, IST-4-027756 WINNER II, June 2006, pp.25-27, 73-78
10. G. Aggelou: Mobile ad-hoc networks, Mc Graw Hill professional engineering, pp. 1-43
11. W. Stallings: Data and computer communications, Prentice Hall 2007, pp. 522-554
12. H. Lin, M. Chatterjee, S. Das: ARC: An integrated admission and rate control framework for competitive wireless CDMA data networks using noncooperative games”, IEEE Transactions on mobile computing Vol. 4, No.3, May/June 2006

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΜΦΟΡΗΣΗΣ (CONGESTION CONTROL)

2.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΜΦΟΡΗΣΗΣ

Όπως είναι λογικό κανείς να σκεφτεί, τα ασύρματα δίκτυα έχουν περιορισμένους διαθέσιμους ραδιοπόρους και θα πρέπει να υπάρχει σωστή διαχείριση ώστε να λειτουργούν σε ομαλές καταστάσεις, διασφαλίζοντας το ότι οι χρήστες θα λαμβάνουν την καλύτερη δυνατή ποιότητα υπηρεσίας για την υπηρεσία που έχουν ζητήσει. Λόγω των περιορισμένων διαθέσιμων πόρων εφαρμόζονται στρατηγικές διαχείρισης πόρων, οι οποίες όχι μόνο διασφαλίζουν τις συμφωνίες ποιότητας υπηρεσιών με τους χρήστες, κάτι που είναι ανάλογο με την τάξη που ανήκει ο εκάστοτε χρήστης, αλλά επίσης και να διασφαλίζουν και το ότι οι χρήστες δε θα παραβιάζουν αυτές τις συμφωνίες από τη δική τους μεριά. Για παράδειγμα, όταν υπάρχουν πολλοί χρήστες συνδεδεμένοι στο δίκτυο και αυτοί παραβιάζουν τις συμφωνίες ποιότητας υπηρεσίας λαμβάνοντας καλύτερη ποιότητα από ότι θα έπρεπε, τότε το δίκτυο θα υπερφορτωθεί και θα δημιουργηθεί συμφόρηση. Οι καταστάσεις συμφόρησης είναι πολύ επικίνδυνες για ένα δίκτυο, επειδή προκαλούν πολλά προβλήματα από την πλευρά του δικτύου, όπως αυξημένες παρεμβολές, απώλειες πακέτων, χαμηλή διαθεσιμότητα εύρους ζώνης, αλλά και από την πλευρά του χρήστη, καθώς μειώνεται η ποιότητα της λαμβανόμενης υπηρεσίας, λόγω έλλειψης διαθέσιμων πόρων, με αποτέλεσμα την δυσφορία του χρήστη.

Σύμφωνα με ορισμό (ITU-T: Rec. I.371) της Διεθνούς Ένωσης Τηλεπικοινωνιών (International Telecommunication Union – ITU), συμφόρηση είναι μια κατάσταση των στοιχείων του δικτύου στην οποία το δίκτυο δεν είναι σε θέση να ικανοποιήσει τους συμφωνημένους στόχους απόδοσης για τις ήδη εγκατεστημένες συνδέσεις ή/και για νέες

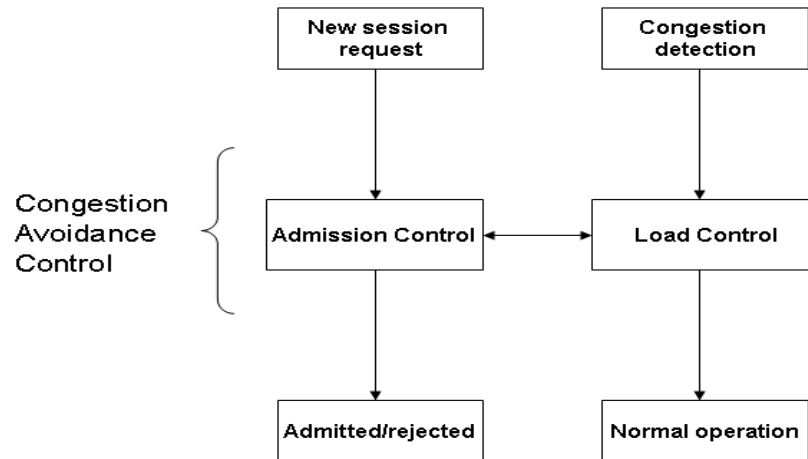
αιτήσεις σύνδεσης[1]. Ο έλεγχος συμφόρησης (κατά τον ίδιο ορισμό) είναι μια λίστα από ενέργειες που λαμβάνονται από το δίκτυο, ώστε να ελαχιστοποιηθεί η ένταση, η εξάπλωση και η διάρκεια της συμφόρησης. Είναι ένα πρωτόκολλο του δικτύου που εντοπίζει και επιλύει καταστάσεις συμφόρησης.

Μια κατάσταση συμφόρησης μπορεί να αποφευχθεί εφαρμόζοντας μια ομάδα μηχανισμών που εργάζονται προς αυτή την κατεύθυνση. Αυτή η ομάδα μηχανισμών ονομάζεται ως μηχανισμός ελέγχου αποφυγής συμφόρησης (Congestion Avoidance Control mechanism – CAC), ο οποίος έχει την πολύ σημαντική αρμοδιότητα του ελέγχου του φορτίου του δικτύου, περιορίζοντας την αποδοχή νέων χρηστών και επιλύοντας ανεπιθύμητες καταστάσεις υπερφόρτωσης. Ο μηχανισμός ελέγχου αποφυγής συμφόρησης αποτελείται από δυο μηχανισμούς:

- **Έλεγχος αποδοχής** (admission control), ο οποίος είναι ο μηχανισμός που λαμβάνει αιτήσεις για νέες ροές κίνησης (είτε από νέους είτε από ήδη υπάρχοντες χρήστες) και ελέγχει πρώτα αν αυτοί είναι πιστοποιημένοι στο δίκτυο και έπειτα αν το δίκτυο έχει διαθέσιμους τους απαραίτητους πόρους για την αποδοχή της νέας ροής, βασιζόμενο στο είδος της υπηρεσίας που ζητήθηκε και τα χαρακτηριστικά και τις απαιτήσεις της συγκεκριμένης υπηρεσίας.
- **Έλεγχος φορτίου** (load control) , που είναι ο μηχανισμός που ελέγχει το φορτίο του δικτύου επιβλέποντας το φορτίο σε κάθε κυψέλη και ενεργώντας κατάλληλα όταν έχει υπερβεί κάποιο προκαθορισμένο κατώφλι.

Οι μηχανισμοί ελέγχου αποδοχής και ελέγχου φορτίου είναι δυο μηχανισμοί άρρηκτα συνδεδεμένοι μεταξύ τους και οι οποίοι αλληλοσυμπληρώνονται. Οι διάφοροι αλγόριθμοι αποδοχής συνήθως περιλαμβάνουν και ένα βήμα ελέγχου συμφόρησης, όταν θα πρέπει να γίνει “οπωσδήποτε” αποδεκτή η νέα αίτηση στην περίπτωση που ο νέος χρήστης έχει υψηλή προτεραιότητα, αλλά δεν υπάρχουν οι διαθέσιμοι πόροι, οπότε θα πρέπει να μετριαστούν οι πόροι που λαμβάνουν κάποιοι άλλοι χρήστες “λιγότερο σημαντικοί”, ώστε να εξοικονομηθούν οι απαραίτητοι πόροι για τη νέα αίτηση. Επίσης, ο έλεγχος συμφόρησης επικοινωνεί με τον έλεγχο αποδοχής για να απορριφθούν νέες αιτήσεις όταν έχει παρατηρηθεί υπερφόρτωση. Ο συνδυασμός των δυο αυτών μηχανισμών μπορεί να βελτιστοποιήσει την απόδοση του δικτύου.

Ο έλεγχος αποφυγής συμφόρησης μπορεί να συνοψιστεί στο παρακάτω σχήμα :



ΣΧΗΜΑ 2.1 - ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΦΥΓΗΣ ΣΥΜΦΟΡΗΣΗΣ

Σύμφωνα με το παραπάνω σχήμα, ο έλεγχος αποδοχής δέχεται νέους χρήστες στο δίκτυο με αποτέλεσμα την αύξηση του φορτίου του δικτύου, ενώ ο έλεγχος φορτίου παρακολουθεί συνεχώς το φορτίο του δικτύου για να εντοπίσει καταστάσεις υπερφόρτωσης. Ο έλεγχος φορτίου όταν εντοπίσει μια κατάσταση υπερφόρτωσης στέλνει μηνύματα στον έλεγχο αποδοχής να απορρίψει νέες αιτήσεις ροών κίνησης μέχρι να αντιμετωπιστεί η συμφόρηση, ενώ ο έλεγχος αποδοχής στέλνει μηνύματα αντιμετώπισης υπερφόρτωσης όταν θα πρέπει να εισαχθεί οπωσδήποτε μια νέα ροή κίνησης στο δίκτυο και δεν υπάρχουν οι απαραίτητοι πόροι που ζητάει.

2.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΚΛΗΣΕΩΝ(CALL ADMISSION CONTROL)

Ο έλεγχος αποδοχής είναι ένας σημαντικός μηχανισμός για τη διαχείριση ασύρματων πόρων και διασφαλίζει την ομαλή λειτουργία ενός δικτύου με την αποδοχή ή

την απόρριψη νέων αιτήσεων χρηστών βασιζόμενος σε κριτήρια, όπως το φορτίο του δικτύου[2][3]. Σε γενικές γραμμές ο μηχανισμός ελέγχου αποδοχής διασφαλίζει ότι η αποδοχή μιας νέας ροής δεν παραβιάζει τις δεσμεύσεις υπηρεσιών που έχουν γίνει από το δίκτυο στις ήδη αποδεκτές ροές. Τα σχήματα ελέγχου αποδοχής είναι τα μέρη λήψης αποφάσεων του δικτύου με στόχο να παρέχουν στους χρήστες υπηρεσίες με εγγυημένη ποιότητα, έτσι ώστε να μειωθεί η συμφόρηση του δικτύου και η πιθανότητα διακοπής κλήσεων και να επιτευχθεί όσο το δυνατόν μεγαλύτερη χρησιμοποίηση των πόρων. Στα σύγχρονα δίκτυα ο έλεγχος αποδοχής εξετάζει μόνο τις αιτήσεις για εισαγωγή στο δίκτυο σε μια συγκεκριμένη κυψέλη.

Ο έλεγχος αποδοχής εξετάζει γενικά την αποδοχή ή μη καινούριων αιτήσεων είτε αυτές προέρχονται από νέους είτε από εκ διαπομπής χρήστες. Η βασική λειτουργία ενός αποδοτικού ελέγχου αποδοχής είναι να αποφασίσει σε κάποια δεδομένη χρονική στιγμή αν κάποιο δίκτυο έχει τους απαραίτητους πόρους ώστε να εξυπηρετήσει με συγκεκριμένη ποιότητα υπηρεσίας μια νέα ροή κίνησης από ένα συγκεκριμένο χρήστη. Οι αποφάσεις του ελέγχου αποδοχής πρέπει να λαμβάνονται πολύ προσεκτικά, ώστε να αποφεύγονται ή τουλάχιστον να ελαχιστοποιούνται τα δυο παρακάτω γεγονότα:

- **Λάθος απορρίψεις**, οι οποίες συμβαίνουν όταν ο εκάστοτε αλγόριθμος αποδοχής κλήσης απορρίπτει μια νέα αίτηση, ενώ υπάρχει κάποιο δίκτυο που να έχει τους απαραίτητους πόρους, ώστε να μπορεί να εξυπηρετήσει το χρήστη και να του προσφέρει τη ζητούμενη ποιότητα της υπηρεσίας, ανάλογα και με τις απαιτήσεις σε ποιότητα της υπηρεσίας αυτής. Με άλλα λόγια, η αίτηση απορρίπτεται ενώ η διαθέσιμη χωρητικότητα του συστήματος αρκεί να εξυπηρετήσει τη ροή κίνησης. Σε αυτή την περίπτωση η χωρητικότητα του συστήματος, καθώς και το κέρδος του διαχειριστή του δικτύου, δεν βελτιστοποιούνται.
- **Λάθος αποδοχές**, οι οποίες συμβαίνουν όταν ο αλγόριθμος δέχεται μια ροή κίνησης, ενώ δεν υπάρχει η απαραίτητη διαθέσιμη χωρητικότητα για να εξυπηρετήσει το συγκεκριμένο χρήστη με την ποιότητα υπηρεσίας που απαιτεί η υπηρεσία που ζήτησε. Σε αυτή την περίπτωση μπορεί να υπερφορτωθεί το δίκτυο και η ποιότητα υπηρεσίας που να λαμβάνουν οι χρήστες να είναι πολύ χαμηλότερη από την πρόεπουσα, με αποτέλεσμα την δυσαρέσκεια των χρηστών.

Ο μηχανισμός αποδοχής κλήσης πρέπει να λαμβάνει υπόψη του τις εξής παραμέτρους :

- **Φορτίο δικτύου:** υπολογίζεται το φορτίο του δικτύου μετά την αποδοχή της νέας ροής κίνησης και αν παραμένει κάτω από ένα προκαθορισμένο κατώφλι, τότε η νέα ροή γίνεται αποδεκτή.
- **Απαιτήσεις χρήστη σε ποιότητα υπηρεσίας (QoS requirements):** παράμετροι ποιότητας υπηρεσίας όπως η ρυθμοαπόδοση (mean throughput), απαιτήσεις σε εύρος ζώνης, τάξη υπηρεσίας, προτεραιότητα, κτλ συνυπολογίζονται στην απόφαση για την αποδοχή ή όχι της νέας ροής. Αυτές οι παράμετροι υπολογίζονται επίσης και για τις ήδη υπάρχουσες ροές, ώστε μετά την αποδοχή της νέας ροής να μην επηρεαστούν δραματικά και πέσει η ποιότητα της υπηρεσίας που μεταφέρει σε επίπεδα μη αποδεκτά.
- **Ποιότητα της σύνδεσης (link quality):** αν η αποδοχή της νέας σύνδεσης δημιουργήσει προβλήματα παρεμβολών σε ήδη υπάρχουσες συνδέσεις τότε απορρίπτεται. Για αυτό το κριτήριο γίνονται υπολογισμοί των παρεμβολών που θα έχουν οι ήδη υπάρχουσες συνδέσεις από τη νέα σύνδεση και αντίστροφα και το επίπεδο παρεμβολών θα πρέπει να είναι κάτω από ένα συγκεκριμένο κατώφλι, αλλιώς η νέα σύνδεση απορρίπτεται.
- **Πλαίσιο χρήστη:** εδώ περικλείονται πληροφορίες για το προφίλ του χρήστη και τα χαρακτηριστικά της συνδρομής του στο σύστημα, καθώς και το αν η αίτηση νέας σύνδεσης είναι τελείως νέα σύνδεση ή προέρχεται από διαπομπή, μιας και συνήθως οι συνδέσεις από διαπομπή έχουν μεγαλύτερη προτεραιότητα.

2.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ (LOAD CONTROL)

Ο έλεγχος φορτίου είναι σχεδιασμένος ώστε να λαμβάνει αποφάσεις για νέες αιτήσεις ροών κίνησης, με βασικό κριτήριο να μην υπερφορτώνεται το δίκτυο, δηλαδή το φορτίο να παραμένει κάτω από ένα συγκεκριμένο κατώφλι. Ο σχεδιασμός αποδοτικών

στρατηγικών ελέγχου συμφόρησης για μελλοντικά δίκτυα ασύρματων επικοινωνιών θεωρείται αρκετά δύσκολος λόγω της πολυπλοκότητας της δομής των δικτύων, της φύσεως των μελλοντικών υπηρεσιών που θα παρέχονται μέσω του δικτύου, καθώς και της ποικιλίας των δυναμικών παραμέτρων που εμπλέκονται.

Το βασικό αποτέλεσμα ενός συμφορημένου δικτύου είναι η μείωση της απόδοσής του. Οι χρήστες αντιμετωπίζουν μεγάλες καθυστερήσεις στην παράδοση των πακέτων, καθώς και πολλές απώλειες που προκαλούνται από υπερχείλιση των buffers. Σε κατάσταση συμφόρησης οι τιμές της καθυστέρησης και της χρονικής μεταβολής της καθυστέρησης είναι πολύ ψηλές και η ρυθμοαπόδοση (throughput) του δικτύου μπορεί να είναι μηδενική ή πολύ κοντά στο μηδέν. Η μείωση της απόδοσης του δικτύου, οι καθυστερήσεις και οι απώλειες πακέτων έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση κατά πολύ της διαθέσιμης χωρητικότητας του συστήματος, μιας και καταναλώνονται αρκετοί πόροι για την επαναμετάδοση των χαμένων πακέτων.

Ένας αποδοτικός μηχανισμός ελέγχου φορτίου θα πρέπει πρώτα απ' όλα να είναι προληπτικός ώστε να αποφεύγονται καταστάσεις συμφόρησης. Μιας και είναι σχεδόν απίθανο να μην υπάρξουν τέτοιες καταστάσεις, ο μηχανισμός ελέγχου συμφόρησης θα πρέπει να είναι σχεδιασμένος ώστε να δρα πολύ γρήγορα και να ελαχιστοποιεί την διάρκεια και την ένταση της συμφόρησης και να επαναφέρει το φορτίο σε τιμές κανονικής λειτουργίας.

Συνοψίζοντας, Υπάρχουν πολλοί τρόποι ώστε να παρατηρηθεί ή να εντοπιστεί μια κατάσταση συμφόρησης στο δίκτυο:

- **Απώλεια πακέτων (packet loss)**, που μπορεί να παρατηρηθεί στις ουρές από υπερχείλιση, στον προορισμό από τον αύξοντα αριθμό των πακέτων και να γίνει αντιληπτή από τον χρήστη ή από τον αποστολέα λόγω έλλειψης των επιβεβαιώσεων (acknowledgements) που αποδεικνύει τις απώλειες.
- **Καθυστέρηση πακέτων (packet delay)**, που μπορεί να εξαχθεί από το μέγεθος της ουράς, να παρατηρηθεί από τον προορισμό και να επιβεβαιωθεί στο χρήστη (π.χ. χρησιμοποιώντας σφραγίδες χρόνου στις επικεφαλίδες των πακέτων) ή να

παρατηρηθεί από τον αποστολέα από πακέτα που μετρούν το χρόνο κυκλικού ταξιδιού (Round Trip Time – RTT).

- **Απώλειες σε διεκπεραιωτικότητα (loss of throughput)**, που μπορεί να παρατηρηθεί από το μέγεθος της ουράς του αποστολέα και το χρόνο παραμονής στην ουρά.
- Άλλα γεγονότα όπως αυξημένο μέγεθος ουράς δικτύου και η αύξησή της ή εισροή ουράς και η επίδρασή της στη μελλοντική συμπεριφορά της ουράς.

2.4 ΛΟΓΟΙ ΧΡΗΣΕΩΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΠΟΦΥΓΗΣ **ΣΥΜΦΟΡΗΣΗΣ**

2.4.1 ΕΓΓΥΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ

Ο κύριος λόγος που χρησιμοποιείται ο έλεγχος αποφυγής συμφόρησης είναι η διασφάλιση της ποιότητας υπηρεσίας στους χρήστες του δικτύου, ανάλογα με τις ανάγκες και τις απαιτήσεις της υπηρεσίας που χρησιμοποιούν[4]. Πιο συγκεκριμένα, η ποιότητα υπηρεσίας καθορίζεται από συγκεκριμένους παράγοντες οι σημαντικότεροι εκ των οποίων είναι οι εξής :

- **Ποιότητα σήματος** : Ο έλεγχος συμφόρησης είναι απαραίτητος προκειμένου να διασφαλίσει μία ικανοποιητική ποιότητα σήματος σε ασύρματα δίκτυα που επηρεάζονται σημαντικά από παρεμβολές. Για παράδειγμα, τα ασύρματα δίκτυα κωδικοποίησης κώδικα (CDMA) έχουν ένα μικρό όριο χωρητικότητας με αποτέλεσμα όσο πιο φορτωμένο είναι το δίκτυο, τόσο πιο πολύ μειώνεται η ποιότητα σήματος αφού αλλάζει ανάλογα και το επίπεδο της παρεμβολής και ο λόγος σήματος προς παρεμβολή. Έτσι, ο έλεγχος συμφόρησης θα δεχθεί

καινούργιους χρήστες μόνο αν μπορεί να διατηρήσει μία ελάχιστη ποιότητα σήματος σε όλους τους χρήστες. Σε αυτή τη περίπτωση, το κριτήριο αποδοχής μπορεί να είναι ο αριθμός των χρηστών (ανά κυψέλη ή ανά ομάδες γειτονικών κυψελών) , το επίπεδο της παρεμβολής (ή ο λόγος σήματος προς παρεμβολή), η συνολική παρεχόμενη ισχύς από τους σταθμούς βάσης ή η ληφθείσα ισχύς από αυτούς ή από τα κινητά τερματικά.

- **Πιθανότητα αποκλεισμού κλήσης :** Δεδομένου του ότι η διακοπή μιας τρέχουσας κλήσης είναι πιο ενοχλητική από τον αποκλεισμό μιας νέας κλήσης, ο έλεγχος συμφόρησης εφαρμόζεται σε ασύρματα δίκτυα με περιορισμένο εύρος ζώνης για τον έλεγχο της πιθανότητας αποκλεισμού κλήσης. Το κριτήριο αποδοχής μιας νέας κλήσης μπορεί να είναι ο αριθμός των χρηστών ανά κλάση ή η πιθανότητα αποτυχίας διαπομπής. Η διαθεσιμότητα πόρων μπορεί να συμπεριληφθεί σαν ένα κριτήριο αποδοχής.
- **Παράμετροι σε επίπεδο πακέτου :** Όταν υπηρεσίες μετάδοσης πακέτου παρέχονται σε ένα ασύρματο δίκτυο, η υπερφόρτωση του ενδέχεται να προκαλέσει μεγάλη καθυστέρηση πακέτου (packet delay) ή «τρεμούλιασμα» (jitter) . Το επίπεδο της ρυθμοαπόδοσης (throughput level) είναι επίσης πιθανό να φτάσει σε μη αποδεκτά όρια. Σε αυτές τις περιπτώσεις εφαρμόζεται ο έλεγχος συμφόρησης και σαν κριτήριο αποδοχής μπορεί να εφαρμοστεί ο αριθμός των χρηστών, η διαθεσιμότητα δικτυακών πόρων καθώς και μία εκτίμηση των παραμέτρων που αναφέρθηκαν παραπάνω(delay, jitter,throughput).
- **Ρυθμός μετάδοσης :** Ο έλεγχος συμφόρησης είναι πολύ σημαντικός σε υπηρεσίες δεδομένων καθώς προσπαθεί να εξασφαλίζει ένα κατώτατο ρυθμό μετάδοσης. Το πρόβλημα της προσπάθειας αυτής γίνεται πιο πολύπλοκο στα ασύρματα δίκτυα λόγω της κινητικότητας των χρηστών, του περιορισμένου εύρους ζώνης και της ομοδιαυλικής παρεμβολής.

2.4.2 ΑΛΛΟΙ ΛΟΓΟΙ ΧΡΗΣΕΩΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΥΜΦΟΡΗΣΗΣ

- **Έλεγχος συμμόρφωσης βασισμένος στην απολαβή :** Από τη μεριά του δικτύου, η αποδοχή μιας νέας κλήσης περιλαμβάνει κέρδη και ζημιές. Το κέρδος προέρχεται από την χρησιμοποίηση των πόρων του δικτύου για ένα συγκεκριμένο ποσό απολαβής. Παρ' όλα αυτά, υπάρχει μία μακροπρόθεσμη ζημιά, ειδικά σε περιπτώσεις φορτωμένου δικτύου, που μπορεί να περιλαμβάνει μείωση της ποιότητας υπηρεσίας που προσφέρεται στους χρήστες ή ίσως και διακοπή μιας κλήσης. Σε μία τέτοια περίπτωση μπορεί να εφαρμοστεί ο έλεγχος συμμόρφωσης και πιθανά κριτήρια αποδοχής μπορεί να είναι ο αριθμός των χρηστών ή μία εκτίμηση της πιθανότητας μείωσης της ποιότητας υπηρεσίας.
- **Καθορισμός προτεραιότητας κλάσεων υπηρεσιών/ χρηστών :** Η απόδοση μεγαλύτερης προτεραιότητας σε κάποιες κλάσεις υπηρεσιών ή χρηστών είναι πολύ σημαντική, καθώς, για παράδειγμα, οι υπηρεσίες φωνής είναι πιο ευαίσθητες στο χρόνο απ' ότι οι υπηρεσίες δεδομένων. Ακόμα, η προτεραιότητα μεταξύ των ίδιων των χρηστών που χρησιμοποιούν την ίδια υπηρεσία είναι χρήσιμη και μπορεί να καθοριστεί βασισμένη στο ποσό της συνδρομής του καθενός.
- **Δίκαιη ανάθεση πόρων :** Η δικαιοσύνη ανάμεσα σε διαφορετικούς χρήστες της ίδιας κλάσης και ανάμεσα σε χρήστες διαφορετικών κλάσεων είναι ένας από τους στόχους του ελέγχου συμμόρφωσης. Αυτός ο έλεγχος μπορεί να εφαρμοστεί προκειμένου να δεχθεί ή να απορρίψει κάποιον χρήστη βασισμένος στους πόρους του δικτύου έτσι ώστε καμία κλάση χρηστών να μην χρησιμοποιεί ένα πολύ μεγάλο ποσοστό αυτών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. L. Peterson, B. Davie : Computer networks : A systems approach, Morgan Kauffman 2007, pp. 456-524
2. H. Perros and K. Elsayed: Call Admission Control Schemes: A Review, IEEE Commun. Mag., Nov. 1996, vol. 34, no. 11, pp. 82–91.
3. M. Ghaderi, R. Boutaba: Call Admission Control in Mobile Cellular Networks: A Comprehensive Survey, School of Computer Science, University of Waterloo, Ontario, Canada.
4. M.H. Ahmed : Call admission control in wireless networks : a comprehensive survey, IEEE communications surveys, vol. 7, No 1, First quarter 2005, pp. 51-52

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΠΟΔΟΧΗΣ

ΚΛΗΣΕΩΝ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

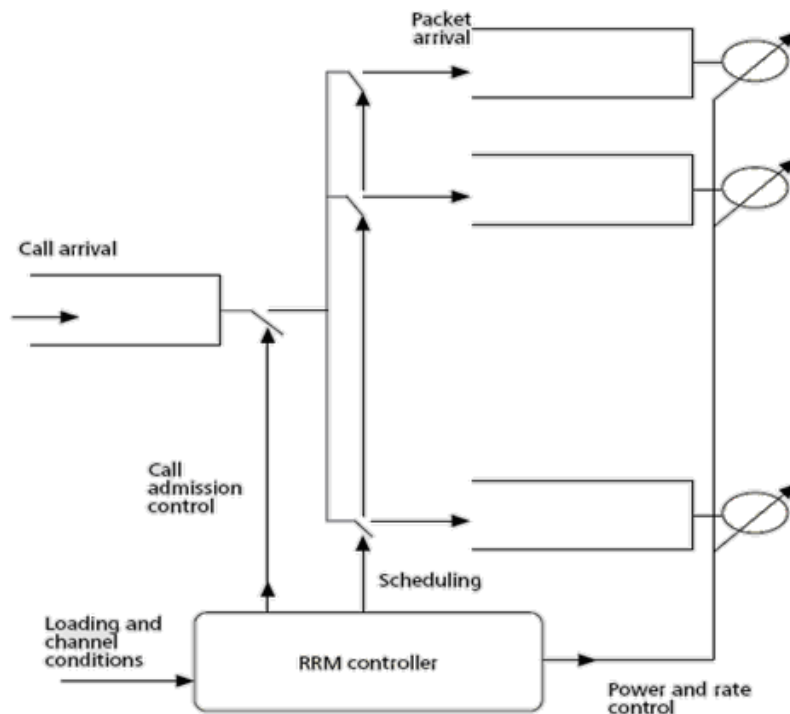
Σκοπός του κεφαλαίου αυτού είναι η παρουσίαση γνωστών αλγορίθμων ελέγχου αποδοχής κλήσεων[1]. Όπως μπορεί να γίνει κατανοητό, σκοπός αυτών των τακτικών είναι να ρυθμίσουν την λειτουργία του δικτύου, ώστε να εξασφαλιστεί συνεχής παροχή υπηρεσίας στις υπάρχοντες συνδέσεις και παράλληλα κάποιος συμβιβασμός, κατά βέλτιστο τρόπο, για την εγκατάσταση νέων συνδέσεων. Αυτό γίνεται με την σωστή διαχείριση των πόρων του δικτύου κατανέμοντας τους ανάμεσα στους χρήστες σύμφωνα με κάποια στρατηγική.

Το σύστημα, λοιπόν, είτε δέχεται είτε απορρίπτει μία νέα σύνδεση. Εάν κάποια στιγμή όμως, η ποιότητα υπηρεσίας μιας υπάρχουσας σύνδεσης υποβαθμιστεί, αυτή διακόπτεται. Η διακοπή μιας κλήσης είναι πολύ πιο σημαντική από την απόρριψη μιας νέας, διότι είναι πολύ πιο ενοχλητικό να χαθεί μια σύνδεση σε εξέλιξη από το να υπάρξει αποτυχία στην εγκατάσταση μιας νέας.

Στην Ποιότητα Υπηρεσίας (QoS) που παρέχεται στα ασύρματα επικοινωνιακά συστήματα σημαντικό ρόλο παίζει η τεχνική του Radio Resource Management (RRM)[2][3]. Στην πραγματικότητα, οι RRM πολιτικές, σε συνδυασμό με τον προγραμματισμό του δικτύου και το σχεδιασμό του ασύρματου μέσου μετάδοσης, καθορίζουν την επίδοση του συστήματος σε όρους ποιότητας υπηρεσίας εξίσου σε

επίπεδο χρήστη και επίπεδο δικτύου. Στις RRM τεχνικές ελέγχονται τα συχνοτικά ή χρονικά κανάλια, η εκπεμπόμενη ισχύς και η πρόσβαση στους σταθμούς βάσης, προκειμένου να ελεγχθεί η ποσότητα των διατιθέμενων πόρων σε κάθε χρήστη με την προοπτική μεγιστοποίησης κάποιας παραμέτρου, όπως είναι το συνολικό throughput του δικτύου, ή η ολική χρησιμοποίηση πόρων, που υπόκεινται σε περιορισμούς όπως οι μέγιστοι ρυθμοί call blocking, call dropping και ο ελάχιστος λόγος σήματος προς παρεμβολή (SIR). Η επίδοση των RRM τεχνικών επιδρά άμεσα στην ατομική επίδοση κάθε χρήστη, και συνεπώς στη συνολική επίδοση του δικτύου. Για παράδειγμα, η εκπεμπόμενη ισχύς από ένα χρήστη δεν καθορίζει μόνον την ποιότητα υπηρεσίας που προσφέρεται σε αυτόν, αλλά επηρεάζει το επίπεδο παρεμβολών που λαμβάνεται από άλλους χρήστες, και συνεπώς επιδρά στην ποιότητα σήματος άλλων χρηστών.

Όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, οι αφικνούμενες κλήσεις γίνονται αποδεκτές ή απορρίπτονται από το δίκτυο με τη βοήθεια του call admission scheme (CAC) που βασίζεται σε προκαθορισμένα κριτήρια, λαμβάνοντας υπόψη και τις συνθήκες φορτίου του δικτύου. Οι κλήσεις που γίνονται αποδεκτές, ελέγχονται μετέπειτα από άλλες RRM τεχνικές, όπως scheduling, ή schemes ελέγχου διαπομπών και ισχύος.



Ο έλεγχος αποδοχής κλήσεων παίζει σημαντικό ρόλο στα ασύρματα συστήματα επικοινωνιών, καθώς είναι ένας από τους βασικούς μηχανισμούς που καθορίζουν την επιθυμητή ποιότητα υπηρεσίας για τους χρήστες του δικτύου. Στα συστήματα επικοινωνιών δεύτερης και τρίτης γενιάς ο έλεγχος αποδοχής κλήσεων είχε να κάνει με ένα και μόνο δίκτυο και την αποδοχή ή όχι του χρήστη στο δίκτυο αυτό. Στα δίκτυα ασύρματων επικοινωνιών τέταρτης γενιάς ωστόσο, τα οποία θα είναι ετερογενή συνδυάζοντας διαφορετικές τεχνολογίες και δίκτυα, ο έλεγχος αποδοχής κλήσεων πρέπει να λαμβάνει υπόψη του όλα τα επιμέρους δίκτυα και να αποφασίσει εάν θα γίνει αποδεκτός ένας χρήστης και να βρει το κατάλληλο δίκτυο για αυτόν για να τον συμπεριλάβει σε αυτό.

Γενικά ένας αποδοτικός αλγόριθμος αποδοχής κλήσης πρέπει να πληρεί τις επόμενες προϋποθέσεις:

- Σταθερότητα της παρερχομένης ποιότητας υπηρεσίας (πιθανότητα απόρριψης, διακοπής, καθυστέρηση, ρυθμός λαθών).
- Προσαρμογή σε διαφορετικές συνθήκες για την επίτευξη σταθερής λειτουργίας.
- Μνήμη (διαφορετικά σενάρια για διαφορετικές ώρες της ημέρας). Για παράδειγμα, το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιεί διαφορετική στρατηγική ελέγχου κατά την διάρκεια των ωρών αιχμής.
 - Ικανότητα για αναθεώρηση και επέκταση σε νέες υπηρεσίες.
 - Απλότητα σχεδίασης και ελάττωση του χρόνου επεξεργασίας.

Όλα τα προηγούμενα σημεία πρέπει να εκπληρωθούν κατά τρόπο ώστε το σύστημα να διατηρηθεί όσο το δυνατόν απλό. Αυτή η προϋπόθεση, σε συνδυασμό με χαμηλό χρόνο επεξεργασίας, εγγυάται την αποδοτικότητα και την γρήγορη ανταπόκριση στις διάφορες πολύπλοκες απαιτήσεις των χρηστών του συστήματος.

3.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΚΛΗΣΕΩΝ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟΣ ΣΤΟ ΛΟΓΟ ΣΗΜΑΤΟΣ ΠΡΟΣ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ

3.2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί την χωρητικότητα που παραμένει, δηλαδή τον επιπλέον αριθμό των νέων κλήσεων που ο σταθμός βάσης μπορεί να δεχτεί, ώστε η πιθανότητα απόρριψης να παραμείνει κάτω από ένα συγκεκριμένο επίπεδο[4][5]. Αυτή η παραμένουσα χωρητικότητα ενημερώνεται δυναμικά σε κάθε κυψέλη σύμφωνα με τις μετρήσεις του λόγου σήματος προς θόρυβο στο σταθμό βάσης[6][7]. Το πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής, ύστερα από προσομοίωση, φαίνεται να είναι ότι προσφέρει σταθερό έλεγχο αποδοχής κλήσης, ακόμα και για σενάριο υπερβολικής κίνησης. Χρησιμοποιεί το λόγο σήματος προς παρεμβολή στην άνω ζεύξη για τον υπολογισμό της παραμένουσας χωρητικότητας[8].

Στις συνηθισμένες προσεγγίσεις, θεωρείται ένας σταθερός αριθμός κλήσεων για κάθε κυψέλη και αγνοείται η επίδραση της διαδικασίας αφίξεων κλήσεων. Στην μέθοδο αυτή, λαμβάνεται υπόψη τόσο η διάδοση όσο και οι μεταβολές φορτίου κίνησης. Επειδή οι μετρήσεις του λόγου σήματος προς παρεμβολή αποτελούν μέρος κάθε συστήματος UMTS, η εφαρμογή της μεθόδου δεν επιβαρύνει καθόλου σε κόστος το σύστημα.

Αν υποθεθεί ένα σύστημα με K κυψέλες, $k=\{1, \dots, K\}$ και $n_k(k \in K)$ κλήσεις στην κυψέλη k , η συνολική ισχύς που λαμβάνεται από τον σταθμό βάσης στην κυψέλη k είναι το άθροισμα των ισχύων από όλα τα κινητά του συστήματος:

$$I(k) = \sum_{h=1}^K \sum_{i=1}^{n_h} I_i(h, k) = S n_k + S \sum_{h \neq k} \sum_{i=1}^{n_h} \left(\frac{r_{ih}}{r_{ik}} \right)^a 10^{(\xi_{ik} - \xi_{ih})/10} \quad (3.1)$$

όπου $I_i(h,k)$ είναι η ισχύς που λαμβάνεται στο σταθμό βάσης στην κυψέλη k από το i κινητό που μεταδίδει στο σταθμό βάσης της δικιάς του κυψέλης h , r_{ih} είναι η απόσταση του κινητού i από το σταθμό βάσης της δικιάς του κυψέλης h , r_{ik} είναι η απόσταση του κινητού i από το σταθμό βάσης της κυψέλης k και S είναι το επίπεδο ισχύος που λαμβάνεται από τα σταθμό βάσης της κυψέλης του κινητού.

Ο λόγος σήματος προς παρεμβολή, που μετριέται στον σταθμό βάσης της κυψέλης k , SIR_k , είναι το ποσοστό της επιθυμητής ισχύος σήματος του κινητού προς το άθροισμα της ισχύος από όλα τα άλλα κινητά:

$$SIR_k = \frac{S}{I(k) - S} = \frac{1}{n_k - 1 + \left(\sum_{h \neq k} \sum_{i=1}^{n_h} \left(\frac{r_{ih}}{r_{ik}} \right)^a 10^{(\xi_{ik} - \xi_{ih})/10} \right)}$$

(3.2)

Όπως μπορεί να διαπιστωθεί, το SIR_k είναι μια τυχαία μεταβλητή. Αυτό οφείλεται σε τρεις στοχαστικές διαδικασίες, την διάδοση, την διακύμανση φορτίου και την κατανομή του κινητού. Αποτελεί, επίσης, ένα μέτρο της συμφόρησης των κυψελών του συστήματος.

3.2.2 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ

Το κλειδί του αλγορίθμου, όπως ειπώθηκε, είναι η παραμένουσα χωρητικότητα. Η παραμένουσα χωρητικότητα σε μια κυψέλη ορίζεται ως ο επιπρόσθετος αριθμός νέων κλήσεων, που ο σταθμός βάσης μπορεί να δεχτεί, ώστε η πιθανότητα να μην μπορεί να υποστηριχτεί ικανοποιητικά η ποιότητα μετάδοσης να είναι κάτω από ένα συγκεκριμένο

επίπεδο. Θεωρώντας ότι η αποδοχή των κλήσεων διαπομπής μειώνει την παρεμβολή του συστήματος, μπορεί να υποθεθεί ότι οι κλήσεις διαπομπής σε μια κυψέλη δεν θα απαιτήσουν επιπλέον χωρητικότητα από την κυψέλη αυτή.

Μπορούν να εφαρμοστούν δυο αλγόριθμοι. Ο πρώτος είναι τοπικά καθορισμένος και η απόφαση για τον έλεγχο απόδοσης κλήσης βασίζεται εξολοκλήρου στην μέτρηση του SIR στον τοπικό σταθμό βάσης της κυψέλης. Ο δεύτερος χρησιμοποιεί την τοπική μέτρηση του SIR και τις μετρήσεις SIR των άμεσα γειτονικών κυψελών.

3.2.2.1 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ 1

Ο σταθμός βάσης σε κάθε κυψέλη k κάνει περιοδικές μετρήσεις του SIR_k . Η παραμένουσα χωρητικότητα R_k εκτιμάται και ενημερώνεται σύμφωνα με τον τύπο:

$$R_k = \begin{cases} \left\lfloor \frac{1}{SIR_{TH}} - \frac{1}{SIR_k} \right\rfloor & \text{εάν } \left| \frac{1}{SIR_{TH}} - \frac{1}{SIR_k} \right| > 0 \\ 0 & \text{αλλιώς} \end{cases} \quad (3.3)$$

όπου SIR_{TH} είναι το κατώφλι SIR στον σταθμό βάσης του δέκτη και ο συμβολισμός $\lfloor X \rfloor$ δίνει το μεγαλύτερο ακέραιο που είναι μικρότερος ή ίσος του X . Για κάθε αίτηση νέας κλήσης στην κυψέλη k , ο σταθμός βάσης ελέγχει την τιμή της παραμένουσας χωρητικότητας R_k : αν $R_k > 0$, η νέα κλήση γίνεται δεκτή και η παραμένουσα χωρητικότητα μειώνεται κατά ένα. Αλλιώς η κλήση απορρίπτεται. Σημειώνεται πως πάντα πρέπει να ισχύει $SIR_{TH} \geq SIR_0$, όπου SIR_0 είναι ο ελάχιστος SIR για κανονική λειτουργία.

3.2.2.2 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ 2

Ο σταθμός βάσης σε κάθε κυψέλη k κάνει περιοδικές μετρήσεις του SIR_k και λαμβάνει υπόψη τις μετρήσεις SIR των γειτονικών του κυψελών. Η παραμένουσα χωρητικότητα R_k της κυψέλης k εκτιμάται και ενημερώνεται τότε σύμφωνα με τον τύπο:

$$R_k = \begin{cases} \min \{R_k^{(j)} | j \in \kappa(k)\} & \text{εάν } \min \{R_k^{(j)} | j \in \kappa(k)\} n > 0 \\ 0 & \text{αλλιώς} \end{cases} \quad (3.4)$$

όπου

$$R_k^{(j)} = \begin{cases} \left\lfloor \frac{1}{SIR_{TH}} - \frac{1}{SIR_k} \right\rfloor & \text{εάν } j = k \\ \left\lfloor \frac{1}{\beta} \left(\frac{1}{SIR_{TH}} - \frac{1}{SIR_k} \right) \right\rfloor & \text{εάν } j \in \kappa_{(k)}(k) \end{cases} \quad (3.5)$$

όπου $\min\{X\}$ δίνει την μικρότερη τιμή του X , $\kappa(k)$ αντιπροσωπεύει ένα υποσύνολο που περιλαμβάνει την k και τις γειτονικές της, $\kappa_{(k)}(k)$ ένα υποσύνολο κυψελών με τις γειτονικές της k και β η εκτίμηση της αμοιβαίας παρεμβολής μεταξύ γειτονικών κυψελών.

Ομοίως, για κάθε αίτηση νέας κλήσης στην κυψέλη k ο σταθμός βάσης ελέγχει την τιμή της παραμένουσας χωρητικότητας R_k : αν $R_k > 0$, η νέα κλήση γίνεται δεκτή και η παραμένουσα χωρητικότητα μειώνεται κατά ένα, αλλιώς η κλήση απορρίπτεται. Το β αντιπροσωπεύει την εκτίμηση της παρεμβολής σε ένα σταθμό βάσης μιας γειτονικής κυψέλης. Μια τιμή του β μπορεί να υπολογιστεί ως η μέση τιμή της παρεμβολής των

κινητών των γειτονικών κυψελών, δηλαδή $\beta = E[I_i(h,k)]$, όπου $h \in \kappa_{(k)}(k)$. Από μελέτες προσομοίωσης, η μέση αυτή τιμή μπορεί να θεωρηθεί ίση με $b = 0.074917$.

Ο λόγος, που προτιμάται για τους υπολογισμούς της παραμένουσας χωρητικότητας το SIR της άνω ζεύξης, είναι ότι με έλεγχο ισχύος και συγχρονισμένη μετάδοση στην κάτω ζεύξη, η χωρητικότητα του συστήματος περιορίζεται από την άνω ζεύξη.

Στον αλγόριθμο 1, μόνο το τοπικά μετρούμενο SIR είναι διαθέσιμο για να εκτιμηθεί η παραμένουσα χωρητικότητα. δεδομένου του SIR_k που μετράται στον σταθμό βάσης της κυψέλης k και του απαιτούμενου SIR κατωφλίου SIR_{TH} , ο επιπρόσθετος αριθμός κλήσεων R_k που η κυψέλη k μπορεί να δεχτεί, ώστε ο τοπικός SIR να παραμείνει πάνω από το κατώφλι SIR_{TH} , δίνεται από τον τύπο:

$$\frac{1}{n_k + R_k - 1 + \left(\sum_{h \neq k} \sum_{i=1}^{n_h} \left(\frac{r_{ih}}{r_{ik}} \right)^a 10^{(\xi_{ik} - \xi_{ih})/10} \right)} \geq SIR_{TH} \quad (3.6)$$

και ο προσδιορισμός του R_k από τον τύπο:

$$R_k \leq \frac{1}{SIR_{TH}} - \frac{1}{SIR_k} \quad (3.7)$$

Για τον αλγόριθμο 2, ο τοπικά μετρήσιμος SIR χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί η δυναμική παραμένουσα χωρητικότητα. Έπειτα, η επίδραση της παρεμβολής (ως αποτέλεσμα της αποδοχής νέων κλήσεων) στα SIR των γειτονικών κυψελών εκτιμάται μέσω του παράγοντα β . Αφού το β εκτιμά την κανονικοποιημένη παρεμβολή από ένα κινητό στους σταθμούς βάσης των γειτονικών κυψελών, οι περιορισμοί στο R_k από το SIR των γειτονικών κυψελών δίνονται από τον τύπο:

$$R_k \leq \frac{1}{\beta} \left(\frac{1}{SIR_{TH}} - \frac{1}{SIR_j} \right), \quad j \in \kappa_{(k)}(k) \quad (3.8)$$

Η παραμένουσα χωρητικότητα σε μια δεδομένη κυψέλη k υπολογίζεται τότε, θεωρώντας όλους τους περιορισμούς από τον SIR της τοπικής κυψέλης αλλά και των γειτονικών της.

Αν και το SIR που μετριέται στην τοπική κυψέλη αντιπροσωπεύει την ακριβή επίδραση του φορτίου στην χωρητικότητα στην κυψέλη αυτή, μπορεί να υποεκτιμά την επίδραση του φορτίου της τοπικής κυψέλης στις άλλες κυψέλες του συστήματος. Έτσι, για τον αλγόριθμο 1, για να εμποδιστεί πιθανή υπερβολική παρεμβολή, το κατώφλι SIR_{TH} πρέπει να επιλεγεί να είναι μεγαλύτερο από εκείνο του SIR που απαιτείται για ψηφιακή μετάδοση φωνής (SIR_0). Επιλέγοντας $SIR_{TH} > SIR_0$, ο έλεγχος αποδοχής κλήσης θα είναι πιο αυστηρός και θα προστατεύει την ολική συμπεριφορά του συστήματος. Για τον αλγόριθμο 2, βέβαια, η χρήση του παράγοντα β και η μέτρηση του SIR των γειτονικών κυψελών οδηγεί σε εκτίμηση της επίδρασης του φορτίου μιας κυψέλης στις γειτονικές της. Έτσι, το κατώφλι SIR_{TH} , μπορεί να επιλεγεί κοντά ή ακόμα και ίσο με το SIR_0 .

Η επίδοση του συστήματος μετριέται με την πιθανότητα απόρριψης (blocking probability) που ορίζεται στην περίπτωση της μεθόδου αυτής ως:

$$P_{BLK}(k) = Pr\{R_k = 0\} \quad (3.9)$$

Ένα άλλο κριτήριο επίδοσης μπορεί να είναι η εξής πιθανότητα:

$$P_{OTG}(k) = Pr\left\{\frac{E_b}{N_0} < EIR_0\right\} \quad (3.10)$$

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η χωρητικότητα Erlang, που ορίζεται ως το προσφερόμενο φορτίο σε Erlangs για μια δεδομένη κυψέλη k όταν η πιθανότητα της απόρριψης είναι $P_{BLK}(k)=0.02$.

3.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΚΛΗΣΕΩΝ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟΣ ΣΤΟ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟ ΕΥΡΟΣ ΖΩΝΗΣ

Όπως είδαμε και παραπάνω, είναι δυνατόν να περιορίσουμε τον συνολικό αριθμό των χρηστών προκειμένου να διασφαλίσουμε ένα ικανοποιητικό επίπεδο λόγου σήματος προς παρεμβολή (*SIR*). Παρ' όλα αυτά, η επιλογή ενός μέγιστου αριθμού χρηστών ανά κυψέλη εξαρτάται πολύ από το επίπεδο της παρεμβολής που θεωρείται τυχαίος παράγοντας. Αν και το να βρεθεί ο μέγιστος αριθμός χρηστών ανά κυψέλη χρησιμοποιώντας ακραίες τιμές του σηματοθορυβικού λόγου μπορεί να εγγωηθεί ότι ο *SIR* θα βρίσκεται σε ικανοποιητικά επίπεδα, υπάρχει το ενδεχόμενο να υποτιμηθεί η χωρητικότητα του συστήματος. Από την άλλη μεριά, η χρήση της μέσης τιμής της παρεμβολής μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερη χωρητικότητα αλλά με το αντίτιμο της μη αποδεκτής ποιότητας σήματος. Έτσι, μία πιθανολογική προσέγγιση μπορεί να χρησιμοποιηθεί μέσω της μορφής[2][9] :

$$P(I > W/R) < L \quad (3.11)$$

όπου W είναι το εύρος ζώνης του συστήματος, R είναι ο ρυθμός μετάδοσης και L είναι μία παράμετρος του συστήματος που καθορίζει την ποιότητα σήματος.

Αυτή η διατύπωση είναι παρόμοια με τον έλεγχο αποδοχής πολλαπλών πηγών στα δίκτυα ATM, όπου συνήθως δεσμεύεται μία συγκεκριμένη ποσότητα εύρους ζώνης κάπου μεταξύ των μέσων και των ακραίων τιμών. Αυτό το ικανοποιητικό εύρος ζώνης που καταχωρείται επιλέγεται έτσι ώστε να κρατήσει σε ικανοποιητικό βαθμό τα επίπεδα απώλειας πακέτου σε κάθε χρήστη. Προκειμένου να βρούμε το παραπάνω εύρος ζώνης πρέπει να λύσουμε την ανισότητα (3.11). Για την λύση αυτή έχουν διατυπωθεί δύο προσεγγίσεις :

- Η προσέγγιση Gauss για την τυχαία μεταβλητή, που στην περίπτωση της εξίσωσης (3.11) είναι το επίπεδο της παρεμβολής (I).

- Η χρήση του ορίου Chernoff έτσι ώστε να προσεγγίσουμε την παραπάνω ανίσωση.

3.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΚΛΗΣΕΩΝ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟΣ **ΣΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΠΑΙΓΝΙΩΝ**

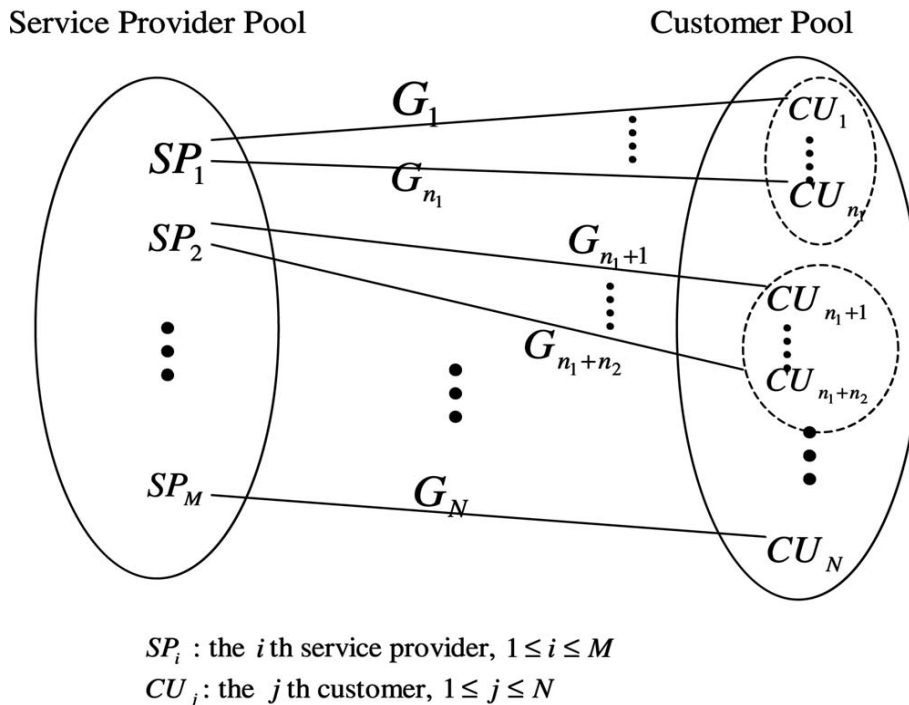
Η θεωρία παιγνίων (game theory) είναι ένα μαθηματικό εργαλείο που αναπτύχθηκε με σκοπό να γίνουν κατανοητές οι ανταγωνιστικές καταστάσεις που αντιμετωπίζουν αυτοί που λαμβάνουν αποφάσεις στο εκάστοτε μοντέλο ανάλυσης για να εκπληρώσουν τους στόχους τους[10][11][12]. Στην δική μας την περίπτωση, οι οντότητες που λαμβάνουν αποφάσεις είναι δύο :

- Οι παροχείς υπηρεσιών ή διαχειριστές (service providers)
- Οι χρήστες υπηρεσιών (service users)

Αυτές οι δύο «μονάδες» έχουν, όπως είναι φυσιολογικό, αντικρουόμενους στόχους. Από τη μία πλευρά, ο παροχέας του εκάστοτε δικτύου έχει σαν στόχο να μεγιστοποιήσει το κέρδος του και από την άλλη μεριά ο χρήστης έχει σαν στόχο την μεγιστοποίηση της ποιότητας υπηρεσίας με όσο το δυνατόν λιγότερα έξοδα συνδρομής. Σε αντίθετη περίπτωση, δηλαδή στη περίπτωση που ο χρήστης δεν μείνει ικανοποιημένος από τη ποιότητα υπηρεσίας που του παρέχεται, τότε ενδέχεται να σπάσει το συμβόλαιο του με την εταιρεία που του παρέχει τις υπηρεσίες με αποτέλεσμα την μείωση των αποδοχών της. Καταλήγοντας, γίνεται κατανοητό ότι πρέπει να επέλθει μία ισορροπία έτσι ώστε να υπάρχει ικανοποίηση και από τις δύο πλευρές με το να εκπληρώσουν στο μέγιστο δυνατό βαθμό τα αντικρουόμενα συμφέροντα τους.

3.4.1 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΚΛΗΣΕΩΝ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟΣ ΣΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΠΑΙΓΝΙΩΝ

Ας υποθέσουμε για αρχή ότι κάθε χρήστης έχει ένα συμβόλαιο με έναν συγκεκριμένο παροχέα υπηρεσιών ο οποίος θα αποτελεί την αρχική (ή βασική) επιλογή του χρήστη αυτού[12][13][14]. Σαν αποτέλεσμα, γίνεται αντιληπτό ότι στην περίπτωση που οι πόροι του δικτύου δεν είναι αρκετοί, ο κάθε χρήστης είναι ελεύθερος να αναζητήσει μεγαλύτερη ποιότητα υπηρεσίας σε άλλον παροχέα. Υποθέτουμε επίσης ότι υπάρχουν N χρήστες και M παροχείς υπηρεσιών και ότι $n_i(t)$ είναι ο αριθμός των χρηστών που έχουν συνδρομή με τον παροχέα i τη χρονική στιγμή t , $1 \leq i \leq M$. Υπό την προϋπόθεση ότι δεν μπορεί ένας χρήστης να έχει δύο παροχείς υπηρεσιών, κάθε συνδυασμός χρήστη-παροχέα θεωρείται σαν ένα «παιχνίδι» και συμβολίζεται με G_j , $1 \leq j \leq M$ (Σχήμα 2.2).



ΣΧΗΜΑ 3.2 -ΣΧΕΣΗ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΕ ΠΟΛΛΑΠΛΟΥΣ ΠΑΡΟΧΟΥΣ(ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΕΣ) ΚΑΙ ΠΟΛΛΑΠΛΟΥΣ ΧΡΗΣΤΕΣ

Ο έλεγχος αποδοχής κλήσης λαμβάνει χώρα κάθε φορά που μία νέα αίτηση ροής κίνησης λαμβάνει χώρα και αποφασίζει αν θα διατεθούν πόροι ή θα απορριφθεί εξαιτίας της απουσίας διαθέσιμων πόρων. Στα πλαίσια του «παιχνιδιού» μεταξύ παροχέα – χρήστη, ο παροχέας έχει δύο επιλογές : ή να αποδεχθεί (S_1) ή να απορρίψει(S_2) την νέα αίτηση. Ο χρήστης έχει επίσης δύο στρατηγικές : ή να εγκαταλείψει (C_1) ή να παραμείνει(C_2) με τον παροχέα αφήνοντας μας τέσσερις πιθανούς στρατηγικούς συνδυασμούς. Οι αποδοχές των δύο παικτών εκφράζονται από τους πίνακες $A=[a_{ij}]_{2 \times 2}$ και $B=[b_{ij}]_{2 \times 2}$. Το σχήμα 2.3 παριστάνει σχηματικά τις σχέσεις μεταξύ των απολαβών και των στρατηγικών των παικτών.

	Χρήστης φεύγει(C_1)	Χρήστης μένει(C_2)
Παροχέας αποδέχεται(S_1)	a_{11}, b_{11}	a_{12}, b_{12}
Παροχέας απορρίπτει(S_2)	a_{21}, b_{21}	a_{22}, b_{22}

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1 - ΣΧΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΑΠΟΛΑΒΩΝ ΚΑΙ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΩΝ ΤΩΝ ΠΑΙΚΤΩΝ

Ας υποθέσουμε ότι ένας πελάτης επιθυμεί την αποδοχή μιας νέας αίτησης. Σε αυτή τη περίπτωση ο πίνακας $B=[b_{ij}]_{2 \times 2}$ που αντιστοιχεί σε αυτόν έχει τη μορφή :

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1 \cdot R - w_2 \cdot L_c & R \\ w_1 \cdot R_0 - w_2 \cdot L_c & R_0 \end{bmatrix} \quad (3.12)$$

- Ο όρος b_{21} δείχνει τη περίπτωση που ο χρήστης αποφασίζει να εγκαταλείψει τη στιγμή που ο παροχέας επιλέγει να μην επιτρέψει τη πρόσβαση. Ο χρήστης αυτός θα έχει μία απολαβή R_0 και είναι υποχρεωμένος να πληρώσει μία ποινή L_c λόγω πρόωρου τερματισμού από τη στιγμή που δεσμεύεται με συμβόλαιο με τον παροχέα. Και οι δύο όροι πολλαπλασιάζονται με βάρη w_1

και w_2 που αντανακλούν την προτίμηση του χρήστη στο να σώσει χρήματα και να ικανοποιηθεί αντίστοιχα.

- Παρόμοια, ο όρος b_{22} περιγράφει τη κατάσταση όπου ο παροχέας αρνείται την αποδοχή αλλά ο χρήστης επιλέγει να μείνει, καταλήγοντας μόνο στην απολαβή R_o .
- Ο όρος b_{12} περιγράφει την απολαβή ενός χρήστη στην περίπτωση που επιλέγει να μείνει και παράλληλα επιτυγχάνεται η αποδοχή της κλήσης του.
- Τέλος, ο όρος b_{11} ορίζεται σαν την απολαβή μείον την ποινή πολλαπλασιασμένα με τα βάρη w_1 και w_2 αντίστοιχα.

Ο αντίστοιχος πίνακας $A=[a_{ij}]_{2 \times 2}$ του διαχειριστή ορίζεται ως εξής :

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_t + L_c + C - F - L & R_t + C - F \\ R_t + L_c - L & R_t \end{bmatrix} \quad (3.13)$$

Θα περιγράψουμε και εδώ τους τέσσερις όρους του πίνακα.

- Ο όρος a_{22} αντιπροσωπεύει την συνολική απολαβή του παροχέα προερχόμενη από όλες τις υπάρχουσες ροές κίνησης.
- Όμοια, ο όρος a_{21} δείχνει το κέρδος του παροχέα στη περίπτωση που ο χρήστης επιλέξει να φύγει, έτσι θα πρέπει να αφαιρέσουμε το έλλειμμα L από την ολική απολαβή και να προσθέσουμε την ποινή L_c .
- Ο όρος a_{12} αναπαριστά τη περίπτωση που ο παροχέας αποδέχεται την νέα αίτηση και ο χρήστης επιλέγει να μείνει. Αυτή η περίπτωση φαίνεται ότι αποφέρει το μεγαλύτερο κέρδος για τον διαχειριστή. Παρ' όλα αυτά, σε ένα πλήρως φορτωμένο σύστημα η αποδοχή μιας νέας αίτησης ίσως να μειώσει τους πόρους των υπάρχουσων ροών κίνησης προκαλώντας άλλους πελάτες να φύγουν και σαν αποτέλεσμα να μειώσει τις αποδοχές του παροχέα. Έτσι, η ολική απολαβή ισοδυναμεί με την απολαβή από τις υπάρχουσες ροές κίνησης (C) συν την αναμενόμενη απολαβή από την νέα αίτηση μείον την μελλοντική ζημία λόγω της έλλειψης ικανοποίησης των άλλων πελατών (F).

- Τέλος, ο όρος a_{11} δείχνει την απολαβή του παροχέα στην περίπτωση που ο χρήστης αποφασίσει να φύγει.

Όσον αφορά τον χρήστη, η απολαβή του εκφράζει σε νομισματική τιμή τη ποιότητα υπηρεσίας που του προσφέρεται λαμβάνοντας υπόψη το κόστος και μοντελοποιείται από τον τύπο :

$$R = QoS(\%) \cdot q - C_{cost} \quad (3.14)$$

όπου το q είναι ένας σταθερός παράγοντας που εκφράζει την επί τοις εκατό ποιότητα υπηρεσίας (καθορισμένη από τον παροχέα), C είναι το κόστος της υπηρεσίας από τη μεριά του χρήστη και η $QoS(\%)$ δίνεται από τον τύπο:

$$QoS(\%) = \sum_{i=1}^4 w_i \cdot parameter_i \% \quad (3.15)$$

Το $QoS(\%)$ εκφράζει ένα ποσοστό της ικανοποίησης του χρήστη, λαμβάνοντας υπόψη τις κανονικοποιημένες τιμές των παραμέτρων που καθορίζουν την ποιότητα υπηρεσίας, όπως είναι η καθυστέρηση (delay), το «τρεμούλιασμα» (jitter), η ρυθμοαπόδοση (throughput) και η απώλεια πακέτου (packet loss). Τα βάρη w_i , $1 < w_i < 4$, ποικίλουν ανάλογα με την υπηρεσία και μπορούν να υπολογιστούν βασισμένοι στην επίδοση του δικτύου. Ο λόγος αυτής της επιλογής είναι ότι η ικανοποίηση ενός χρήστη είναι υποκειμενική και σαν αποτέλεσμα είναι δύσκολο να αποτυπωθεί με μαθηματικό τρόπο.

Βασισμένοι στο ότι όσο περισσότερο ένας χρήστης είναι ικανοποιημένος, τόσο μικρότερη πιθανότητα υπάρχει να εγκαταλείψει τον παροχέα του και από τη στιγμή που το μέγεθος $QoS(\%)$ εκφράζει την ικανοποίηση του χρήστη, μπορούμε να προσδιορίσουμε την πιθανότητα ένας χρήστης να διακόψει τη συνεργασία του με τον παροχέα του ως :

$$P_{leave} = 1 - \left(\frac{QoS(\%)}{100} \right) \quad (3.16)$$

Η παραπάνω πιθανότητα μας επιτρέπει να εκφράσουμε σε νομισματική τιμή το άθροισμα όλων των πιθανών απωλειών από όλους τους τρέχοντες πελάτες ως :

$$F = \sum_{i=1}^{n(t)} p_{leave_i} L_i \quad (3.17)$$

όπου το p_{leave_i} είναι η πιθανότητα ο πελάτης i να επιλέξει να φύγει και L_i είναι η αντιπροσωπευτική τιμή της απώλειας απολαβών του παροχέα του δικτύου.

Όσον αφορά την βέλτιστη λύση του παιχνιδιού ανάμεσα στον χρήστη και τον παροχέα, δύο περιπτώσεις μπορούμε να προσδιορίσουμε :

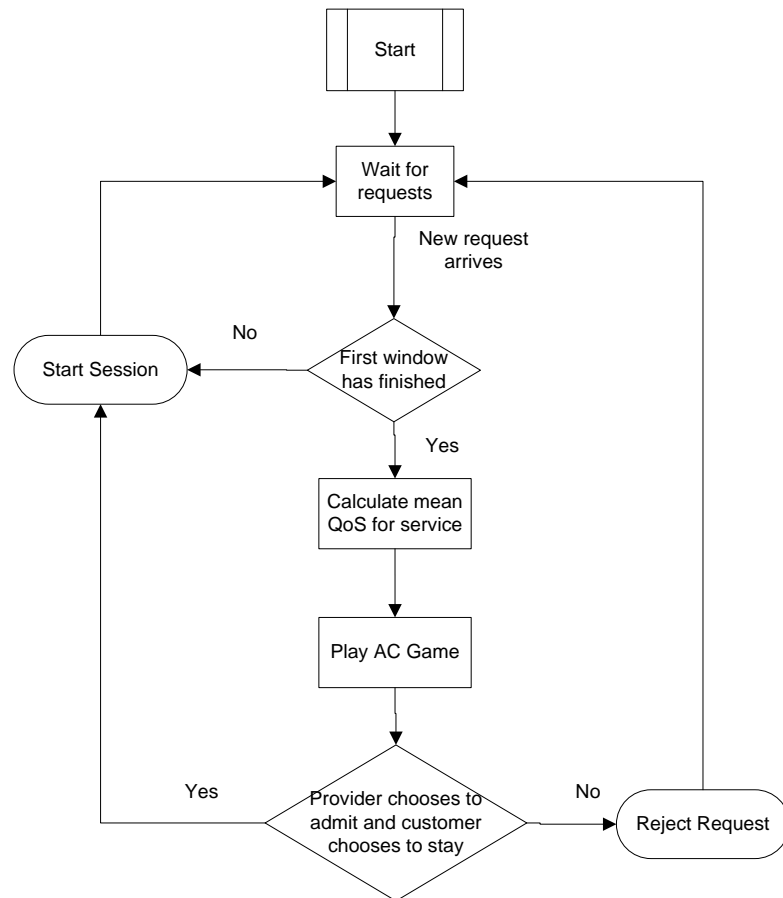
- Στην περίπτωση που το σύστημα δεν είναι πλήρως φορτωμένο, η νέα αίτηση του χρήστη να γίνει δεκτή και η πιθανότητα του να εγκαταλείψει (p_{leave_i}) είναι κοντά στο 0. Τότε η βέλτιστη λύση αντιστοιχεί στην περίπτωση να δεχτεί ο παροχέας τη νέα αίτηση και ο χρήστης να παραμείνει μαζί του.
- Στην περίπτωση που το σύστημα είναι φορτωμένο σε ένα αρκετά σημαντικό βαθμό ή ακόμα και υπερφορτωμένο, η νέα αίτηση του χρήστη ενδέχεται να μην γίνει δεκτή και η αντίστοιχη πιθανότητα p_{leave_i} παύει να είναι μηδενική. Σε αυτή τη περίπτωση, η βέλτιστη λύση εξαρτάται από τη σχέση μεταξύ ορισμένων όρων στις μήτρες απολαβών. Πιο συγκεκριμένα, η νέα αίτηση γίνεται δεκτή αν η απολαβή C που δημιουργείται από την αποδοχή της αίτησης αυτής είναι μεγαλύτερη από την ενδεχόμενη απώλεια αποδοχών F αν εγκαταλείψει ο χρήστης. Σε αντίθετη περίπτωση, είναι προτιμότερο για τον παροχέα να απορρίψει την νέα αίτηση.

Βασισμένοι στις δύο παραπάνω περιπτώσεις, η βέλτιστη λύση για την αποδοχή ή μη μιας νέας κλήσης αντικατοπτριζόμενη στους πίνακες (3.11) και (3.12) είναι :

$$i = \begin{cases} 1 & \text{αν } a_{11} \geq a_{21} \\ 2 & \text{αν } a_{11} \leq a_{21} \end{cases} \Rightarrow i = \begin{cases} 1 & \text{αν } C \geq F \\ 2 & \text{αλλιώς} \end{cases} \quad (3.18)$$

$$j = \begin{cases} 1 & \text{αν } \{i = 1 \text{ και } b_{11} \geq b_{12}\} \text{ ή } \{i = 2 \text{ και } b_{21} \geq b_{22}\} \\ 2 & \text{αν } \{i = 1 \text{ και } b_{11} < b_{12}\} \text{ ή } \{i = 2 \text{ και } b_{21} < b_{22}\} \end{cases} \quad (3.19)$$

Ο αλγόριθμος της αποδοχής κλήσης βασισμένος στη θεωρία παιγνίων παριστάνεται σφαιρικά στο παρακάτω σχήμα :



ΣΧΗΜΑ 3.3 - Ο ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΚΛΗΣΗΣ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟΣ ΣΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΠΑΙΓΝΙΩΝ

Σύμφωνα με το σχήμα αυτό, με το που υπάρξει μία νέα αίτηση, υπολογίζεται η μέση ποιότητα υπηρεσίας για τη συγκεκριμένη αίτηση και ακολούθως γίνεται το «παιχνίδι»

αποδοχής κλήσης που θα υπολογίσει τη βέλτιστη λύση για το σύστημα, αναλογιζόμενο τις πιθανές συνέπειες αυτής της αίτησης στο σύστημα γενικότερα σύμφωνα με τους τύπους (3.17) και (3.18). Έτσι, μετά από αυτό το στάδιο θα αποφασιστεί αν αυτή η νέα αίτηση θα γίνει δεκτή ή όχι.

3.4.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΚΑΙ ΘΕΩΡΙΑ ΠΑΙΓΝΙΩΝ

Ο έλεγχος φορτίου διεξάγεται παρόμοια με τον έλεγχο αποδοχής. Η κύρια διαφορά είναι ότι ο έλεγχος φορτίου γίνεται περιοδικά την ώρα που διεξάγονται οι εκάστοτε ροές κίνησης. Μέσω αυτής της διαδικασίας γίνεται προσπάθεια να τερματιστούν ροές κίνησης που καταναλώνουν τους πόρους του συστήματος και που προκαλούν μείωση της ποιότητας υπηρεσίας που προσφέρεται στους υπόλοιπους χρήστες και κατά συνέπεια μείωση των αποδοχών του παρόχου.

Δύο τύποι ελέγχου φορτίου(load control game) διακρίνονται:

- Ο τοπικός (local) έλεγχος φορτίου
- Ο καθολικός (global) έλεγχος φορτίου

Η διαδικασία του ελέγχου φορτίου γίνεται περιοδικά και ανεξάρτητα από τη διαδικασία του ελέγχου αποδοχής. Το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο συνεχόμενων γύρων αναφέρεται σαν «παραθύρο», από τη στιγμή που ο έλεγχος φορτίου ενδιαφέρεται μόνο για τα δεδομένα που ελήφθησαν και εστάλησαν κατά τη διάρκεια του τελευταίου παραθύρου.

Αν η ποιότητα υπηρεσίας μιας τουλάχιστον τάξης υπηρεσιών βρεθεί κάτω από ένα αποδεκτό κατώφλι, τότε ο ολικός έλεγχος φορτίου ενεργοποιείται, κατά τη διάρκεια του οποίου το «παιχνίδι» ελέγχου φορτίου παίζεται μεταξύ του παροχέα και όλων των υπάρχουσών ροών κίνησης. Αυτή η διαδικασία ίσως να έχει σαν αποτέλεσμα την απογοήτευση κάποιων πελατών, οδηγώντας στην αλλαγή του παροχέα των υπηρεσιών.

Αν ο ολικός έλεγχος φορτίου δεν ενεργοποιηθεί και τουλάχιστον μία ροή κίνησης παρουσιάζει ποιότητα υπηρεσίας κάτω από ένα αποδεκτό κατώφλι, τότε ενεργοποιείται ο τοπικός έλεγχος φορτίου. Σε αυτή τη περίπτωση το «παιχνίδι» διεξάγεται μεταξύ του παροχέα και κάθε ροής κίνησης που ενεργοποίησε τον μηχανισμό ελέγχου φορτίου, αφήνοντας τις άλλες ροές ανεπηρέαστες.

3.5 ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΚΛΗΣΗΣ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟΣ ΣΕ ΚΡΑΤΗΣΗ

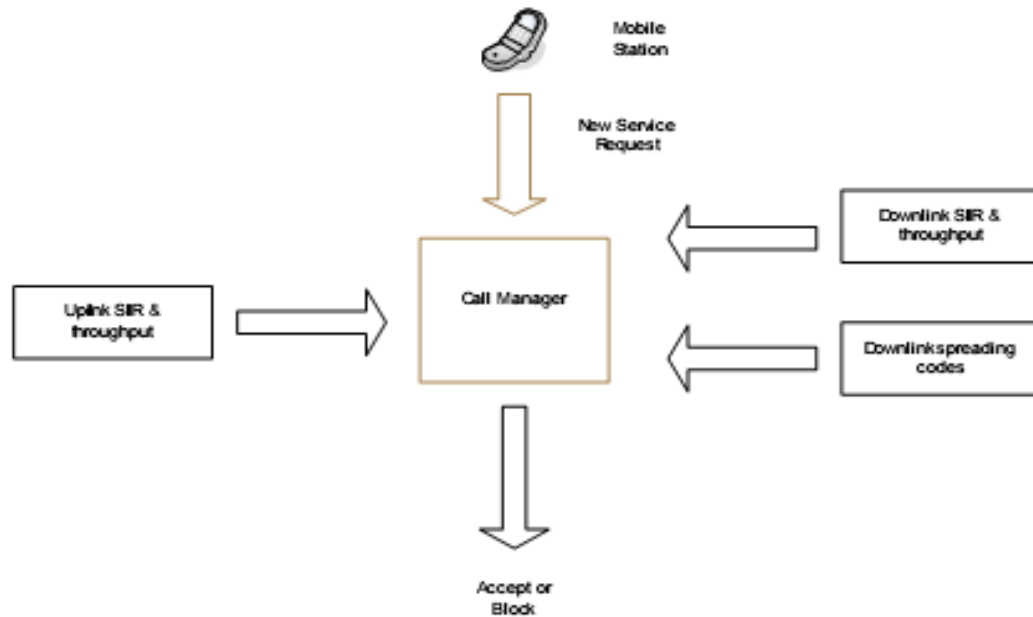
Η μέθοδος αυτή είναι η απλούστερη που μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Ο αλγόριθμος, απλά, κοιτά στην κυψέλη που έρχεται η αίτηση σύνδεσης για να αποφασίσει αν θα γίνει αποδεκτή. Έστω N_H ($N_H \geq 0$) ο αριθμός των καναλιών που κρατούνται ειδικά για συνδέσεις διαπομπών και N ο μέγιστος αριθμός συνδέσεων που η κυψέλη μπορεί να αντιμετωπίσει ταυτόχρονα. Νέες συνδέσεις γίνονται δεκτές αν $N_0 < N - N_H$.

3.6 ΣΥΝΤΟΜΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στις προηγούμενες παραγράφους αναλύθηκαν σχήματα ελέγχου αποδοχής σύνδεσης στα οποία λαμβάνεται υπόψη ο λόγος σήματος προς παρεμβολή (SIR), καθώς και άλλα χαρακτηριστικά του συστήματος. Ωστόσο στα πραγματικά συστήματα απαιτείται η ύπαρξη ενός πιο ολοκληρωμένου ελέγχου αποδοχής σύνδεσης που θα έχει και τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Θα εξετάζει την δυνατότητα ανάθεσης spreading code
- Θα λαμβάνει υπόψη την προτεραιότητα των διαπομπών και των ήδη εγκατεστημένων συνδέσεων.

Η δομή ενός ολοκληρωμένου σχήματος ελέγχου αποδοχής σύνδεσης θα πρέπει να μοιάζει αυτή του σχήματος που ακολουθεί:



ΣΧΗΜΑ 3.4 - ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΣΧΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΚΛΗΣΗΣ

Η δέσμευση πόρων αυξάνει το blocking probability για τις νέες κλήσεις, αλλά μειώνει την πιθανότητα εξαναγκασμένης διακοπής κλήσης (dropping), η οποία πιθανότητα έχει περίπου 10 φορές μεγαλύτερη σημασία από το blocking probability στον υπολογισμό του Grade of Service (GoS), αφού το τελευταίο ορίζεται ως εξής:

$$\text{GoS} = P_{bl} + 10 \cdot P_{dr} \quad (3.20)$$

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. M. Ghaderi , R. Boutaba : Call Admission Control in Mobile Cellular Networks: A Comprehensive Survey, School of Computer Science, University of Waterloo, Ontario, Canada.
2. M.H. Ahmed : Call admission control in wireless networks : a comprehensive survey, IEEE communications surveys, vol. 7, No 1, First quarter 2005, pp. 50-54
3. J. Zander : Radio Resource Management in Future Wireless Networks: Requirements and Limitations, IEEE Commun. Mag., Aug. 1997, vol. 35, no. 8, pp. 30–36.
4. S. Singh, V. Krishnamurthy, H.V. Poor : Intergrated voice / data call admission control for wireless DS-CDMA systems, , IEEE transactions on signal processing, Jun 2002, pp. 1483-1495.
5. M. Kim, B. Shin, D. Lee : SIR-Based call admission control by intercell interference prediction for DS-CDMA systems , IEEE communications letters, Jan 2000
6. Z. Liu and M. El Zarki : SIR-based Call Admission Control for DS-CDMA Cellular Systems, IEEE JSAC, vol.12, no. 4, May 1994, pp. 638–44.
7. Z. Dziong, M. Jia, and P. Mermelstein : Adaptive Traffic Admission for Integrated Services in CDMA Wirelessaccess Networks, IEEE JSAC, vol. 14, no. 9, Dec. 1996, pp. 1737–47.
8. Y. Ishikawa and N. Umeda : Capacity Design and Performance of Call Admission Control in Cellular CDMA Systems, IEEE JSAC, vol. 15, no. 8, Oct. 1997, pp.1627–35.
9. J.S. Evans, D. Everitt : Effective bandwidth-based admission control for multiservice CDMA cellular networks, IEEE transactions on vehicular technology, Jan 1999
10. D. Niyato, E. Hossain : Radio resource management games in wireless networks : An approach to bandwidth allocation and admission control for polling service in IEEE 802.16, IEEE Wireless Communications, February 2007
11. D. Charilas, O. Markaki, E. Tragos: A Theoretical Scheme for applying game theory and network selection mechanisms in access admission control, International Symposium on Wireless Pervasive Computing (ISWPC) 2008, May 2008
12. D. Charilas, A. Panagopoulos, P. Vlacheas, O. Markaki, P. Constantinou : Congestion avoidance control through non-cooperative games between customers and service providers
13. Panagiotis Vlacheas, Dimitris Charilas, Elias Tragos, Ourania Markaki: Maximizing Quality of Service for Customers and Revenue for Service Providers through a Noncooperative Admission Control Game, ICT Mobile Summit 2008, June 2008, Stockholm.

14. H. Lin, M. Chatterjee, S. Das : ARC: An integrated admission and rate control framework for competitive wireless CDMA data networks using noncooperative games, IEEE Transactions on mobile computing Vol. 4, No.3, May/June 2006

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ

Οι αλγόριθμοι ελέγχου φορτίου της διασυνεργασίας των ασύρματων δικτύων τέταρτης γενιάς καθώς και των παλαιότερων ασύρματων δικτύων έχουν σαν στόχο να μεγιστοποιήσουν τον αριθμό των χρηστών που γίνονται αποδεκτοί από το σύστημα ή την αξιοποίηση των ραδιοπόρων που είναι διαθέσιμοι μέσα από αυτά τα ασύρματα δίκτυα, παράλληλα με την εγγυημένη παροχή της προσυμφωνημένης ποιότητας υπηρεσίας για κάθε κλάση υπηρεσιών και της βεβαίωσης ότι η αποδοχή νέων κλήσεων δε θα επηρεάζει την ποιότητα υπηρεσίας των κλήσεων που βρίσκονται ήδη σε φάση εξυπηρέτησης. Η απόφαση για την αποδοχή ή όχι μιας νέας κλήσης βασίζεται σε διάφορα κριτήρια, τα οποία λαμβάνουν υπόψη τη φύση κάθε ασύρματου δικτύου. Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά τα κριτήρια αυτά.

4.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΓΕΝΙΑΣ(GSM/GPRS)

Στα ασύρματα δίκτυα επικοινωνιών GSM/GPRS δεν υπάρχουν πάρα πολλοί αλγόριθμοι αποδοχής κλήσεων στη διεθνή βιβλιογραφία. Από τους υπάρχοντες οι περισσότεροι χρησιμοποιούν το φορτίο του δικτύου για να αποφασίσουν για την αποδοχή της κλήσης[1]. Υπάρχουν βέβαια πολλά σχήματα, όπως αυτά με τα κανάλια ασφαλείας στις κυψέλες, αλλά δε μπορούμε να τα χρησιμοποιήσουμε στην περίπτωσή μας μιας και δεν είμαστε σε θέση να αλλάξουμε τα χαρακτηριστικά των παλαιότερων ασύρματων δικτύων και των καταμερισμό των καναλιών σε κάθε κυψέλη.

Στα GSM/GPRS δίκτυα το σημαντικότερο κριτήριο είναι το φορτίο των κυψελών. Στα δίκτυα αυτά το φορτίο μπορεί να υπολογιστεί από τον αριθμό των κατειλημμένων χρονοθυρίδων, συγκρινόμενος με τον αριθμό των συνολικών χρονοθυρίδων σε μία κυψέλη. Αυτό σημαίνει ότι ένας νέος χρήστης θα γίνεται αποδεκτός αν υπάρχει κάποια διαθέσιμη χρονοθυρίδα ελεύθερη στην κυψέλη. Το κριτήριο αυτό δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Load} < 100 \quad (4.1)$$

όπου με την έννοια Load αναφερόμαστε στο φορτίο του GSM/GPRS δικτύου, το οποίο ισοδυναμεί με:

$$\text{Load} = 100 \cdot \frac{TS_{used}}{TS_{max}} \quad (4.2)$$

όπου

$$TS_{used} = TS_{RT} + TS_{NRT} \quad (4.3)$$

οπότε η τελική εξίσωση για το φορτίο είναι η εξής:

$$\text{Load} = 100 \cdot \frac{TS_{RT} + TS_{NRT}}{TS_{max}} \quad (4.4)$$

Εάν όλες οι χρονοθυρίδες είναι κατειλημμένες, τότε ισχύει ότι:

$$TS_{used} (= TS_{RT} + TS_{NRT}) = TS_{max} \quad (4.5)$$

Στην περίπτωση που έχουμε όλες τις χρονοθυρίδες κατειλημμένες από χρήστες, το φορτίο στο δίκτυο είναι 100 (προκύπτει με αντικατάσταση της παραπάνω σχέσης στη

σχέση 4.2). Άρα όταν ισχύει αυτό δεν μπορεί το δίκτυο να αποδεχτεί κανένα άλλο χρήστη γιατί δεν υπάρχουν ελεύθερες χρονοθυρίδες προς μετάδοση δεδομένων. Οπότε η εξίσωση 4.1 είναι αυτή που πρέπει να ελέγχουμε για να μπορούμε να αποφασίζουμε για την αποδοχή ενός χρήστη ή όχι, μιας και αυτή η εξίσωση μας δίνει ένα αποτέλεσμα για τις ελεύθερες χρονοθυρίδες που υπάρχουν στο δίκτυο (αν υπάρχουν βέβαια).

Στα δίκτυα τέταρτης γενιάς υπάρχουν διάφορες κλάσεις υπηρεσιών για τους χρήστες και δεν μπορούν όλες να εξυπηρετηθούν από το GSM/GPRS δίκτυο. Εκτός αυτού δεν έχουν όλοι οι χρήστες την ίδια προτεραιότητα στην πρόσβαση του δικτύου, οπότε μπορούμε να μεταβάλουμε τη σχέση 4.1, έτσι ώστε να λαμβάνει υπόψη της τις διαφορετικές προτεραιότητες των χρηστών, καταλήγοντας στην παρακάτω σχέση:

$$\text{Load} < L_{th} \quad (4.6)$$

όπου L_{th} είναι το κατώφλι του φορτίου. Η παράμετρος αυτή (L_{th}) είναι διαφορετική για χρήστες με διαφορετική προτεραιότητα και είναι προφανώς μεγαλύτερη για χρήστες με υψηλότερη προτεραιότητα. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι χρήστες με υψηλότερη προτεραιότητα θα έχουν περισσότερες πιθανότητες να έχουν πρόσβαση στο δίκτυο σε σχέση με χρήστες χαμηλότερης προτεραιότητας.

4.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΤΡΙΤΗΣ ΓΕΝΙΑΣ(UMTS)

Στο UMTS δίκτυο ο αλγόριθμος αποδοχής κλήσεων αποφασίζει ξεχωριστά για τις συνθήκες στην άνω και κάτω ζεύξη και ο χρήστης γίνεται δεκτός μόνο όταν ικανοποιούνται τα κριτήρια και στις δύο ζεύξεις[2]. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα κριτήρια για την άνω και κάτω ζεύξη ξεχωριστά.

4.2.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΩ ΖΕΥΞΗ

Στον αλγόριθμο αποδοχής κλήσεων που αφορά την άνω ζεύξη εξετάζεται η λαμβανόμενη παρεμβολή[3]. Είναι γενικά γνωστό ότι στα W-CDMA συστήματα η κάλυψη μιας περιοχής ενός κόμβου εξαρτάται από το φορτίο του δικτύου. Κατά τον σχεδιασμό του δικτύου ο διαχειριστής ορίζει το μέγιστο φορτίο του δικτύου, έστω n_{max} . Εάν έχουν γίνει ήδη αποδεκτοί K χρήστες από το δίκτυο, τότε η αίτηση για αποδοχή ενός ακόμα χρήστη από το δίκτυο θα πρέπει να πληρεί την εξίσωση:

$$n_{UL} + \Delta n \leq n_{max} \quad (4.7)$$

όπου

$$n_{UL} = \frac{P_R + \chi}{P_R + \chi + P_N} \quad (4.8)$$

$$\Delta n = \frac{1}{\frac{W}{v_{K+1} \left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{K+1} R_{b,K+1}} + 1} \quad (4.9)$$

n είναι το φορτίο της άνω-ζεύξης όλων των χρηστών που έχουν γίνει αποδεκτοί από το δίκτυο, P_R είναι η λαμβανόμενη ισχύς από τους χρήστες που βρίσκονται στην ίδια κυψέλη με τον χρήστη που ζητάει να γίνει αποδεκτός, χ είναι η παρεμβολή από τους χρήστες σε γειτονικές κυψέλες, Δn είναι η αύξηση του φορτίου που θα προκληθεί από το νέο χρήστη αν αυτός γίνει αποδεκτός από το δίκτυο, W είναι ο ρυθμός του chip (chip rate), $\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{K+1}$ είναι ο σηματοθορυβικός λόγος της νέας κλήσης, $R_{b,K+1}$ είναι ο ρυθμός μετάδοσης (transmission rate) του νέου χρήστη και v_{K+1} είναι ο ενεργός παράγοντας (activity factor) της πηγής κίνησης του νέου χρήστη. Στα δίκτυα τέταρτης γενιάς επειδή

έχουμε πολλές κλάσεις υπηρεσιών με διαφορετικά χαρακτηριστικά ο παράγοντας P_R στην περίπτωση μας γράφεται ως εξής:

$$P_R = P_{R1} + P_{R2} + \dots + P_{Rm} = \sum_{i=1}^m P_{Ri} \quad (4.10)$$

όπου P_{Ri} είναι η λαμβανόμενη ισχύς από τους χρήστες στην κλάση υπηρεσιών i που βρίσκονται στην ίδια κυψέλη με τον εξεταζόμενο χρήστη.

Από τη σχέση 4.7 προκύπτει ότι ένας χρήστης γίνεται αποδεκτός στο δίκτυο μόνο όταν το άθροισμα της αύξησης που προκαλεί στο φορτίο με την αποδοχή του με το ήδη υπάρχον φορτίο δεν ξεπερνά το μέγιστο φορτίο όπως έχει αυτό καθοριστεί από τον διαχειριστή.

Ένα ακόμα κριτήριο είναι το επίπεδο παρεμβολής του δικτύου. Ο θόρυβος της άνω-ζεύξης αυξάνεται με την αποδοχή του νέου χρήστη και ορίζεται από τη σχέση:

$$\Delta N = \frac{I_{intra} + I_{inter} + P_N}{P_N} = \frac{I_{total}}{P_N} = \frac{1}{1 - \eta} \quad (4.11)$$

όπου I_{intra} είναι το επίπεδο της παρεμβολής λόγω των υπόλοιπων χρηστών που βρίσκονται εντός τις ίδιας κυψέλης με τον εξεταζόμενο χρήστη, I_{inter} είναι το επίπεδο παρεμβολής λόγω των χρηστών στις γειτονικές κυψέλες και P_N είναι το επίπεδο της ισχύος του θορύβου. Όπως και προηγουμένως, έτσι και τώρα μπορούμε να ορίσουμε την ενδοκυψελική παρεμβολή λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορετικές κλάσεις υπηρεσιών που περιλαμβάνουν τα δίκτυα τελευταίας γενιάς. Έτσι έχουμε:

$$I_{intra} = I_{R1} + I_{R2} + \dots + I_{Rm} = \sum_{i=1}^m I_{Ri} \quad (4.12)$$

όπου I_{Ri} είναι η παρεμβολή των χρηστών της κλάσης υπηρεσιών i που βρίσκονται στην ίδια κυψέλη με αυτή του χρήστη που εξετάζουμε.

Έτσι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα άλλο κριτήριο για να ελέγξουμε αν ένας νέος χρήστης μπορεί να γίνει αποδεκτός ή όχι από το δίκτυο, ελέγχοντας την εξίσωση:

$$I_{total} + \Delta I \leq I_{total,max} \quad (4.13)$$

όπου το I_{total} μπορεί να εξαχθεί από τη συνολική λαμβανόμενη ισχύ του φάσματος (P_{RX}) ως εξής:

$$I_{total} = P_{RX} - P_u \quad (4.14)$$

όπου P_u είναι η λαμβανόμενη ισχύς του νέου χρήστη και ΔI είναι η αύξηση στην παρεμβολή που προκαλείται από το νέο χρήστη και δίνεται από τη σχέση:

$$\Delta I = \frac{I_{total}}{1 - \eta - \Delta\eta} \cdot \Delta\eta \quad (4.15)$$

όπου $\Delta\eta$ είναι η αύξηση του φορτίου.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, τα κριτήρια που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για την άνω ζεύξη είναι αυτά που παρουσιάζονται στις σχέσεις 4.7 και 4.13. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, στα συστήματα επικοινωνιών τέταρτης γενιάς υπάρχουν διάφορες κλάσεις υπηρεσιών που θα παρέχονται στους χρήστες και επίσης δε θα έχουν όλοι οι χρήστες την ίδια προτεραιότητα. Για το λόγο αυτό, τα κατώφλια στις σχέσεις 4.7 και 4.13 δεν θα είναι σταθερά, καθώς το δίκτυο και προφανώς και ο αλγόριθμος αυτού δε θα συμπεριφέρεται με τον ίδιο τρόπο προς όλους τους χρήστες. Χρήστες από διαφορετικές κλάσεις υπηρεσιών θα έχουν διαφορετικά κατώφλια, έτσι το σύστημα θα είναι ικανό να αποδέχεται τους χρήστες με μεγαλύτερη προτεραιότητα σε βάρος των υπόλοιπων. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι τα κατώφλια για τους χρήστες με υψηλότερη

προτεραιότητα θα είναι μεγαλύτερα και για το λόγο αυτό θα γίνονται αυτοί αποδεκτοί ακόμα και στην περίπτωση όταν χρήστες χαμηλότερης προτεραιότητας θα απορρίπτονται. Όπως γίνεται αντιληπτό τα κατώφλια αυτά θα πρέπει να καθορίζονται με μεγάλη προσοχή, επειδή μπορεί το σύστημα να απορρίπτει χρήστες χαμηλής προτεραιότητας ενώ παράλληλα υπάρχουν οι ικανοί πόροι του δικτύου για την εξυπηρέτηση των χρηστών αυτών.

Για να μπορέσουμε να εξετάσουμε τα κριτήρια που αναφέραμε χρειάζεται να υπολογίσουμε μία σειρά παραμέτρων. Αυτές οι παράμετροι είναι οι ακόλουθες:

- i. η , το φορτίο του δικτύου
- ii. $\Delta\eta$, η αύξηση του φορτίου του δικτύου που οφείλεται στο νέο χρήστη
- iii. P_N η ισχύς του λαμβανόμενου θερμικού θορύβου
- iv. P_{RX} , η συνολική λαμβανόμενη φασματική ισχύς
- v. P_u , η λαμβανόμενη ισχύς από το νέο χρήστη

4.2.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΤΗ ΚΑΤΩ ΖΕΥΞΗ

Στην κάτω ζεύξη υπάρχουν κάποιες διαφορές σε σχέση με την άνω ζεύξη καθώς δεν έχει τους ίδιους περιορισμούς που εξετάστηκαν προηγουμένως. Ειδικότερα στην κάτω ζεύξη η μέγιστη μεταδιδόμενη ισχύς είναι ίδια για όλους τους χρήστες, και αυτό επειδή πρέπει να μοιράζεται σε όλους τους χρήστες, οι οποίοι βρίσκονται στην ίδια κυψέλη. Επίσης η ακριβής θέση κάθε χρήστη παίζει σημαντικό ρόλο και το επίπεδο της παρεμβολής εξαρτάται από αυτή.

Στην κάτω ζεύξη το κύριο κριτήριο για τον έλεγχο αποδοχής κλήσης είναι η μεταδιδόμενη ισχύς και όχι το φορτίο, όπως ήταν στην άνω ζεύξη. Στην περίπτωση αυτή η σχέση που εξετάζεται είναι η εξής:

$$P_{AV(i)} + \Delta P_{T(i)} \leq P_{T(i)}^* \quad (4.16)$$

όπου

$$P_{AV(i)} = \frac{\sum_{j=1}^T P_{T(i-j)}}{T} \quad (4.17)$$

με $P_{AV(i)}$ να είναι η μέση μεταδιδόμενη ισχύς κατά τη διάρκεια των τελευταίων T πλαισίων, $\Delta P_{T(i)}$ είναι η εκτίμηση της αύξησης της ισχύος λόγω του νέου χρήστη και $P_{T(i)}^*$ είναι το κατώφλι για την αποδοχή.

Για την εκτίμηση του ΔP_T υπάρχουν στη διεθνή βιβλιογραφία αρκετοί αλγόριθμοι, πολλοί από τους οποίους είναι ιδιαίτερα πολύπλοκοι. Στην περίπτωση μας θα υιοθετήσουμε μία απλή γενικά μέθοδο, η οποία γενικά δίνει καλά αποτελέσματα. Η παράμετρος ΔP_T υπολογίζεται με την απαίτηση ισχύος προηγούμενων χρηστών σε ένα παράθυρο από T πλαίσια ως εξής:

$$\Delta P_{T(i)} = \frac{\sum_{j=1}^T \left(\frac{\sum_{k=1}^{n_{i-j}} P_{Tk}(i-j)}{n_{i-j}} \right)}{T} \quad (4.18)$$

όπου n_{i-j} είναι ο αριθμός των χρηστών που μεταδίδουν στο $(i-j)$ πλαίσιο, T είναι η μέση περίοδος σε πλαίσια και P_{Tk} η απαιτούμενη μεταδιδόμενη ισχύς κάθε χρήστη στην κυψέλη και εκφράζεται από την παρακάτω σχέση:

$$P_{T(i)} \geq L_p(d_i) \frac{P_N + \chi_i + \rho \cdot \frac{P_T}{L_p(d_i)}}{\frac{SF_i}{\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_i} + \rho} \quad (4.19)$$

όπου P_T είναι η μεταδιδόμενη ισχύς, $P_{T(i)}$ είναι η μεταδιδόμενη ισχύς στον χρήστη i , χ_i είναι η ενδοκυψελική παρεμβολή στον χρήστη i , $L_p(d_i)$ είναι η απώλεια του διαύλου σε απόσταση d_i , r είναι ο ρυθμός κωδικοποίησης και P_N είναι ο θόρυβος στο υπόβαθρο. Η παράμετρος SF συγκρίνει τη διάρκεια του bit με την περίοδο του chip και ρ είναι ο παράγοντας ορθογωνιότητας μιας και ορθογώνιοι κώδικες χρησιμοποιούνται στην κάτω-ζεύξη.

Επιπλέον υπάρχει και ένας τρόπος να καθορίσουμε μία απαισιόδοξη εκτίμηση της τιμής της παραμέτρου ΔP_T , υποθέτοντας το 90% της απαραίτητης μεταδιδόμενης ισχύος για κάθε χρήστη.

$$\Delta P_T = P_{Ti} (90\%CDF) \quad (4.20)$$

Αυτή η λειτουργία συσφαιρτικής διανομής (CDF) προκύπτει από τη συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας της απαιτούμενης ισχύος για κάθε χρήστη στην κυψέλη (P_T).

Για να μπορέσουμε να εξετάσουμε τα κριτήρια που αναφέραμε χρειάζεται να υπολογίσουμε μία σειρά παραμέτρων. Αυτές οι παράμετροι είναι οι ακόλουθες:

- i. P_T είναι η μεταδιδόμενη ισχύς του σταθμού βάσης μετρούμενη σε αυτόν
- ii. n_i είναι ο αριθμός των χρηστών που μεταδίδουν στο ίδιο πλαίσιο (i) και είναι διαθέσιμος στον ελεγκτή του ασύρματου δικτύου (Radio Network Controller, RNC)
- iii. χ_i είναι η ενδοκυψελική παρεμβολή στον χρήστη i και υπολογίζεται από το κινητό τερματικό στο οποίο αναφέρεται
- iv. $L_p(d_i)$ είναι οι απώλειες διαδρομής σε απόσταση d_i και υπολογίζεται από το κινητό τερματικό στο οποίο αναφέρεται
- v. r (ρυθμός κωδικοποίησης, coding rate), $\frac{E_b}{N_0}$, SF (βαθμός εξάπλωσης, spreading factor) οι οποίες είναι παράμετροι της ποιότητας της υπηρεσίας και είναι διαθέσιμες από τον ελεγκτή του ασύρματου δικτύου
- vi. P_{Ti} είναι η απαιτούμενη μεταδιδόμενη ισχύς σε κάθε χρήστη εντός της κυψέλης

vii. P είναι ο συντελεστής ορθογωνιότητας.

4.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ WLAN

Στα τοπικά ασύρματα δίκτυα (WLAN) το πρώτο κριτήριο που μας ενδιαφέρει είναι η ισχύς[4][5]. Η λαμβανόμενη ισχύς από τους χρήστες πρέπει να είναι πάνω από ένα συγκεκριμένο κατώφλι, διαφορετικά δε θα υπάρχει εγγυημένη επικοινωνία μεταξύ του χρήστη και του σημείου πρόσβασης. Προφανώς πάλι όπως και στο UMTS, η παρεμβολή στο χρήστη και από αυτόν προς άλλους αποδεκτούς χρήστες πρέπει να είναι μικρότερη ενός κατωφλίου. Το φορτίο σε ένα τοπικό ασύρματο δίκτυο δεν είναι εύκολο να εκτιμηθεί και μέχρι σήμερα δεν έχει καθοριστεί στο πρότυπο 802.11. Ο αριθμός των χρηστών που μπορούν να εξυπηρετηθούν από ένα σημείο πρόσβασης και το ύψος καθώς και ο τύπος της κίνησης της ασύρματης διεπαφής παίζουν ένα σημαντικό ρόλο για τον καθορισμό του φορτίου του συστήματος.

Στο πρότυπο 802.11e κάθε δομικό συστατικό υπηρεσιών (SS) έχει μέχρι και τέσσερις διαφορετικές κατηγορίες πρόσβασης (Access Categories, AC) με διαφορετικές προτεραιότητες. Η μέθοδος που προτείνεται εδώ λαμβάνει υπόψη τις διαφορετικές προτεραιότητες των κατηγοριών πρόσβασης και απαιτεί από κάθε σταθμό να μετράει το φορτίο της κίνησης (traffic load) στην ασύρματη σύνδεση. Υπάρχουν γενικά δύο διαφορετικά κριτήρια που χρησιμοποιούνται εδώ για να παρθεί η απόφαση της αποδοχής ενός νέου χρήστη από το δίκτυο.

Το πρώτο κριτήριο είναι αυτό του σχετικού κατειλημμένου εύρους ζώνης (Relative Occupied Bandwidth). Στη μέθοδο αυτή ο μηχανισμός του ελέγχου αποδοχής κλήσεων χρησιμοποιεί ένα παράθυρο χρόνου για να μετρήσει το ποσοστό του χρησιμοποιούμενου χρόνου μετάδοσης εντός της περιόδου του παραθύρου αυτού, δηλαδή του T . Προφανώς το ποσοστό του χρόνου που χρησιμοποιείται για μετάδοση δεδομένων είναι ο χρόνος που το ασύρματο μέσο είναι κατειλημμένο. Αυτό όμως είναι το ποσοστό μετάδοσης δεδομένων είτε η μετάδοση είναι επιτυχής είτε όχι. Το ποσοστό του χρόνου που το ασύρματο μέσο είναι απασχολημένο δίνεται από τη σχέση:

$$T = \sum_{i=1}^m t_i \quad (4.21)$$

όπου t_i είναι ο χρόνος απασχόλησης του ασύρματου μέσου από την i -οστή μετάδοση. Το σχετικό δεσμευμένο εύρος ζώνης (B_{occu}) μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$B_{occu} = \frac{T_{busy}}{T} \cdot 100 \quad (4.22)$$

Το σχετικό δεσμευμένο εύρος ζώνης δείχνει το ποσοστό του χρόνου που το ασύρματο μέσο είναι κατειλημμένο, δηλαδή το ποσοστό του χρόνου που είναι απασχολημένο. Εδώ πρέπει να καθοριστούν δύο κατώφλια, τα B_{up} και B_{lo} , οπότε μπορούν πλέον να υπάρξουν οι τρεις ακόλουθες περιπτώσεις:

i. Εάν $B_{occu} > B_{up}$ τότε το ασύρματο μέσο είναι σε κατάσταση συμφόρησης και ο έλεγχος φορτίου πρέπει να επέμβει. Στην περίπτωση αυτή δεν γίνονται αποδεκτοί νέοι χρήστες στο δίκτυο.

ii. Εάν $B_{occu} < B_{lo}$ τότε το ασύρματο μέσο δε χρησιμοποιείται πλήρως και συνεπώς υπάρχουν ελεύθερες χρονοθυρίδες για νέους χρήστες. Στην περίπτωση αυτή νέοι χρήστες μπορούν να γίνουν αποδεκτοί από το δίκτυο σύμφωνα με την προτεραιότητά τους, που σημαίνει ότι εάν υπάρχουν περισσότεροι του ενός χρήστες που ζητούν να γίνουν αποδεκτοί από το δίκτυο, τότε θα γίνει πρώτα αποδεκτός αυτός με τη μέγιστη προτεραιότητα.

iii. Εάν $B_{occu} \leq B_{lo} \leq B_{up}$ τότε το ασύρματο δίκτυο είναι στη βέλτιστη κατάσταση και δεν γίνονται αποδεκτοί νέοι χρήστες από αυτό, εκτός από τους χρήστες που ζητούν να γίνουν αποδεκτοί και έχουν υψηλή προτεραιότητα.

Οι σταθμοί του ασύρματου δικτύου υπολογίζουν την παράμετρο B_{occu} περιοδικά κάθε T και την συγκρίνουν με τις παραμέτρους B_{up} και B_{lo} έτσι ώστε να μπορούν να παίρνουν μία απόφαση για τις αιτήσεις αποδοχής των νέων χρηστών. Αυτός ο

αλγόριθμος μπορεί να εφαρμοστεί εύκολα στο δίκτυο 802.11e, καθώς το EDCF χρησιμοποιεί το CDMA/CA ως πρωτόκολλο πρόσβασης μέσου, αφού ένας σταθμός του δικτύου πρέπει πρώτα να έχει αίσθηση της κατάστασης του μέσου και μετά να ελέγξει το διάγραμμα κατανομής δικτύων (Network Allocation Vector, NAV) έτσι ώστε να καταλάβει αν το μέσο είναι κατάλληλο για μετάδοση δεδομένων.

Το δεύτερο κριτήριο είναι η μέτρηση του μέσου χρόνου σύγκρουσης (Average Collision Time). Στη μέθοδο αυτή ο μηχανισμός του αλγορίθμου ελέγχου αποδοχής κλήσεων χρησιμοποιεί ένα χρονικό παράθυρο για να μετρήσει το μέσο ρυθμό συγκρούσεων σε μία περίοδο T . Ο μέσος αριθμός συγκρούσεων ορίζεται ως ο αριθμός των συγκρούσεων που λαμβάνουν χώρα σε μία περίοδο προς το συνολικό αριθμό μεταδόσεων (συμπεριλαμβανομένου των αναμεταδόσεων). Ο μέσος αριθμός συγκρούσεων είναι ένα είδος της κίνησης φορτίου του ασύρματου μέσου και μπορεί να παρασταθεί ως εξής:

$$R_c = \frac{N_c}{N_t} \quad (4.23)$$

όπου N_c είναι ο αριθμός των συγκρούσεων σε μία περίοδο T και N_t είναι ο συνολικός αριθμός των μεταδόσεων στην ίδια περίοδο.

Κάθε σταθμός στο δομικό συστατικό υπηρεσιών (SS) έχει το δικό του ρυθμό συγκρούσεων (collision ratio, R_c). Όπως και στο πρώτο κριτήριο, έτσι και εδώ καθορίζονται δύο κατώφλια R_{lo} , R_{up} και αντίστοιχα έχουμε τρεις διαφορετικές περιπτώσεις που είναι οι ακόλουθες:

i. Εάν $R_c > R_{up}$ τότε το ασύρματο μέσο είναι σε κατάσταση συμφόρησης και ο έλεγχος συμφόρησης πρέπει να επέμβει. Στην περίπτωση αυτή δεν γίνονται αποδεκτοί νέοι χρήστες στο δίκτυο.

ii. Εάν $R_c < R_{lo}$ τότε οι πόροι του δικτύου δε χρησιμοποιούνται πλήρως και νέοι χρήστες μπορούν να γίνουν αποδεκτοί από αυτό χωρίς πρόβλημα (π.χ. μείωσης της ποιότητας υπηρεσίας).

iii. Εάν $R_{lo} \leq R_c \leq R_{up}$ τότε το δίκτυο θεωρείται ότι βρίσκεται στη βέλτιστη κατάσταση. Στην κατάσταση αυτή νέοι χρήστες δε μπορούν να γίνουν αποδεκτοί από το δίκτυο χωρίς παράλληλα να μειώνεται η ποιότητα υπηρεσιών των χρηστών που έχουν ήδη γίνει αποδεκτοί. Για το λόγο αυτό στην περίπτωση αυτή γίνονται αποδεκτοί από το δίκτυο μόνο νέοι χρήστες με υψηλή προτεραιότητα, ενώ παράλληλα μειώνεται η ποιότητα υπηρεσιών των χρηστών χαμηλής προτεραιότητας που έχουν ήδη γίνει αποδεκτοί.

Κάθε σταθμός του δικτύου υπολογίζει τον δικό του ρυθμό συγκρούσεων R_c σε κάθε περίοδο T και στη συνέχεια τον συγκρίνει με τα κατώφλια R_{lo} και R_{up} έτσι ώστε να πάρει μία απόφαση για την αίτηση αποδοχής του νέου χρήστη. Το δίκτυο 802.11e έχει ήδη την παράμετρο του συνολικού αριθμού των αναμεταδόσεων. Παρά το γεγονός ότι αυτό περιλαμβάνει τις αναμεταδόσεις λόγω συγκρούσεων και αυτές λόγω λανθασμένων πλαισίων που λαμβάνονται λόγω της κακής κατάστασης του καναλιού, αυτός ο αριθμός των αναμεταδόσεων θεωρείται αισιόδοξη εκτίμηση του ρυθμού συγκρούσεων (κυρίως όταν ο ρυθμός λαθών των πλαισίων είναι πολύ μικρός). Για περισσότερες πληροφορίες όσον αφορά τον έλεγχο φορτίου στο δίκτυο 802.11 μπορούμε να ανατρέξουμε στη διεθνή βιβλιογραφία[6][7]

4.4 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ **ΒΑΣΙΣΜΕΝΟΣ ΣΤΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΡΥΘΜΟΑΠΟΔΟΣΗ** **(THROUGHPUT) ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ**

Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο ελέγχου φορτίου ο νέος χρήστης που ζητά πρόσβαση στο δίκτυο δεν γίνεται δεκτός αν ισχύει[8][9][10]:

$$n_{ul} + \Delta L > n_{ul,threshold} \quad (4.24)$$

Το ίδιο κριτήριο ελέγχεται και για την προς τα κάτω ζεύξη:

$$n_{dl} + \Delta L > n_{dl,threshold} \quad (4.25)$$

όπου n_{ul} και n_{dl} είναι οι load factors στην προς τα άνω και προς τα κάτω ζεύξη αντίστοιχα, πριν την αποδοχή της νέας σύνδεσης και υπολογίζονται όπως περιγράφεται στην παράγραφο που ακολουθεί. Ο load factor του νέου χρήστη υπολογίζεται με παρόμοιο τρόπο. Για να γίνει αποδεκτή μια σύνδεση από το δίκτυο θα πρέπει να ικανοποιούνται ταυτόχρονα και τα δύο κριτήρια, τόσο στην προς τα άνω, όσο και στην προς τα κάτω ζεύξη.

4.4.1. ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΩ ΖΕΥΞΗ

Η θεωρητική απόδοση του φάσματος (spectrum efficiency) σε μία κυψέλη ενός WCDMA συστήματος μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση φορτίου η οποία μπορεί να εξαχθεί ως εξής:

Πρώτα ορίζουμε το $\frac{E_b}{N_0}$ την ενέργεια δηλαδή για κάθε bit πληροφορίας χρήστη διαιρούμενη με τη φασματική πυκνότητα ισχύος του θορύβου. Ισχύει η εξίσωση:

$$\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_j = \frac{W}{u_j \cdot R_j} \cdot \frac{P_j}{I_{total} - P_j} \quad (4.26)$$

όπου W είναι το chip rate, P_j είναι η ισχύς του λαμβανόμενου σήματος στο σταθμό βάσης λόγω της εκπομπής από το χρήστη j , u_j είναι ο activity factor του χρήστη j , R_j είναι το bitrate του χρήστη j και I_{total} είναι η συνολικά λαμβανόμενη ισχύς ευρέως φάσματος από το σταθμό βάσης συμπεριλαμβανομένης της ισχύος θερμικού θορύβου στο σταθμό βάσης.

Επιλύοντας την προηγούμενη εξίσωση ως προς P_j λαμβάνουμε:

$$P_j = \frac{1}{1 + \frac{(E_b/N_0)_j \cdot R_j \cdot u_j}{W}} \cdot I_{total} \quad (4.27)$$

Ορίζουμε $P_j = L_j \cdot I_{total}$ και λαμβάνουμε τον load factor για μια σύνδεση:

$$L_j = \frac{1}{1 + \frac{(E_b/N_0)_j \cdot R_j \cdot u_j}{W}} \quad (4.28)$$

Η συνολικά λαμβανόμενη παρεμβολή πολλαπλής προσπέλασης, εξαιρώντας την ισχύ του θερμικού θορύβου P_N μπορεί να γραφεί ως άθροισμα των λαμβανόμενων ισχύων από όλους τους N χρήστες που είναι συνδεδεμένοι στη συγκεκριμένη κυψέλη. δηλαδή:

$$I_{total} - P_N = \sum_{j=1}^N P_j = \sum_{j=1}^N L_j \cdot I_{total} \quad (4.29)$$

Το noise rise ορίζεται ως ο λόγος της συνολικά λαμβανόμενης ισχύος ευρέως φάσματος προς την ισχύ του θερμικού θορύβου:

$$Noise Rise = \frac{I_{total}}{P_N} \quad (4.30)$$

και χρησιμοποιώντας την εξίσωση (4.15) λαμβάνουμε:

$$Noise Rise = \frac{I_{total}}{P_N} = \frac{1}{1 - \sum_{j=1}^N L_j} = \frac{1}{1 - n_{ul}} \quad (4.31)$$

όπου έχουμε ορίσει το load factor της άνω ζεύξης ως εξής:

$$n_{ul} = \sum_{j=1}^N L_j \quad (4.32)$$

Όπως προκύπτει από την εξίσωση (4.31) όταν ο load factor προσεγγίζει τη μονάδα, ο αντίστοιχος noise rise τείνει στο άπειρο και τότε το σύστημα προσεγγίζει τη μέγιστη χωρητικότητά του (pole capacity).

Επιπρόσθετα κατά τον υπολογισμό του load factor η παρεμβολή από τις γειτονικές κυψέλες πρέπει να ληφθεί υπόψη. Αυτό γίνεται με τη βοήθεια του παράγοντα i που ορίζεται ως εξής:

$$i = \frac{\text{other cell interference}}{\text{own cell interference}} \quad (4.33)$$

Έτσι ο load factor της προς τα άνω ζεύξης μπορεί να γραφεί ως εξής:

$$n_{ul} = (1 + i) \cdot \sum_{j=1}^N L_j = (1 + i) \cdot \sum_{j=1}^N \frac{1}{1 + \frac{W}{\left(\frac{E_b}{N_0}\right) \cdot R_j \cdot u_j}} \quad (4.34)$$

Για ένα κλασικό δίκτυο με υπηρεσία μετάδοσης φωνής, όπου και οι N χρήστες στην κυψέλη έχουν χαμηλό bite rate R , ισχύει:

$$\frac{W}{\left(\frac{E_b}{N_0}\right) \cdot R_j \cdot u_j} \gg 1 \quad (4.35)$$

και ο load factor της προς τα άνω ζεύξης μπορεί να γραφεί:

$$n_{ul} = \frac{\frac{E_b}{N_0}}{\frac{W}{R}} \cdot N \cdot u \cdot (1 + i) \quad (4.36)$$

Η εξίσωση φορτίου (load equation) προβλέπει το ποσοστό της ανύψωσης του θορύβου (noise rise) πάνω από το θερμικό θόρυβο εξαιτίας της παρεμβολής. Το noise rise είναι ίσο με $-10 \cdot \log_{10}(1 - n_{ul})$.

4.4.2 ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΤΗΝ ΚΑΤΩ ΖΕΥΞΗ

Με την ίδια ακριβώς μεθοδολογία καταλήγουμε και στην εξίσωση για τον load factor της κάτω ζεύξης:

$$n_{dl} = \sum_{j=1}^N u_j \cdot \frac{\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_j}{\frac{W}{R_j}} \cdot [(1 - a_j) + i_j] \quad (4.37)$$

όπου $-10 \cdot \log_{10}(1 - n_{dl})$ είναι το noise rise στην κάτω ζεύξη λόγω παρεμβολής πολλαπλής προσπέλασης και a_j είναι ο παράγοντας ορθογωνιότητας (orthogonality factor) στην κάτω ζεύξη. Το WCDMA παρέχει ορθογωνικούς κώδικες στην κάτω ζεύξη για το διαχωρισμό των χρηστών, και χωρίς πολυδιαδρομική διάδοση η ορθογωνιότητα παραμένει όταν το σήμα του σταθμού βάσης λαμβάνεται από το κινητό τερματικό. Όταν όμως υπάρχει πολυδιαδρομική διάδοση οι διαφορετικές καθυστερήσεις διάδοσης στο κανάλι θα κάνουν το κινητό τερματικό να δει μέρος του σήματος του σταθμού βάσης σαν παρεμβολή πολλαπλής προσπέλασης. Όταν ο παράγοντας ορθογωνιότητας ισούται με 1 έχουμε τέλεια ορθογωνιότητα. Τυπικές τιμές του παράγοντα ορθογωνιότητας για πολυδιαδρομικά κανάλια μετάδοσης είναι μεταξύ 0.4 και 0.9. Στην κάτω ζεύξη, ο

παράγοντας i εξαρτάται από το χρήστη, γι' αυτό το λόγο είναι διαφορετικός για κάθε χρήστη j .

4.5 ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΚΛΗΣΕΩΝ ΠΟΥ ΔΙΑΚΟΠΤΟΝΤΑΙ

Στην μέθοδο αυτή, η απόφαση για την αποδοχή κλήσης στηρίζεται στο φορτίο κίνησης τόσο της κυψέλης που μας ενδιαφέρει όσο και των γειτονικών[10]. Η σημασία, που έχει ο έλεγχος αποδοχής κλήσης να λαμβάνει υπόψη του τις γειτονικές κυψέλες, είναι εμφανής από το επόμενο παράδειγμα:

Ας υποθέσουμε δύο γειτονικές κυψέλες A και B. Το φορτίο κίνησης στην B έχει φτάσει την μέγιστη τιμή του, ενώ το φορτίο στην A είναι αρκετά χαμηλό. Οι νέες κλήσεις που φθάνουν στην B θα απορριφθούν. Μια διαφορετική μέθοδος θα επέτρεπε νέες κλήσεις στην A, αφού δεν έχει φτάσει το μέγιστο φορτίο της. Αυτό, όμως, θα χειροτέρευε την ποιότητα των καναλιών στην B. Επιπρόσθετα, για να priμοδοτηθούν οι κλήσεις με διαπομπή εισάγεται η ιδέα να κρατηθεί φορτίο αποκλειστικά για κλήσεις διαπομπών. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι μειώνονται σημαντικά οι διακοπές των κλήσεων με μικρή αύξηση των απορριφθέντων κλήσεων.

Υποθέτουμε ότι η κυψέλη χωρίζεται σε 2 ζώνες: στην ζώνη πυρήνα (CZ) και στην ζώνη soft διαπομπής (SHZ). Αναφορικά με τον σταθμό βάσης της κυψέλης, η άμεσα κοντινή περιοχή στην SHZ ονομάζεται περιοχή γειτονιάς (NZ). Όταν μια νέα κλήση φθάνει, ο σταθμός βάσης στην εν λόγω κυψέλη πρώτα ελέγχει εάν είναι σε ζώνη πυρήνα ή διαπομπής. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους. Ο ένας χρησιμοποιεί την πληροφορία του πλάτους του σήματος και ο άλλος τον έλεγχο του αριθμού των οδηγών (pilots) στο ενεργό σύνολο της νέας κλήσης. Το φορτίο της εν λόγω κυψέλης (ELT) υπολογίζεται από την επόμενη εξίσωση:

$$ELT = k_c + w_s \cdot k_s + w_n \cdot k_n \quad (4.38)$$

όπου $k_c(k_s)$ είναι ο αριθμός των κλήσεων στην CZ ζώνη (SHZ αντίστοιχα) πριν την πιθανή αποδοχή, k_n είναι ο αριθμός κλήσεων στην NZ και w_s, w_n είναι βάρη.

Εάν η κυψέλη είναι ήδη κορεσμένη, η κλήση απορρίπτεται. Αλλιώς, αν η κλήση είναι στην SHZ υπολογίζεται το φορτίο της άλλης κυψέλης (ELS2), που καλύπτει την SHZ. Το κατώφλι συγκρίνεται εκ νέου με το ELS2 και αν η κυψέλη αυτή δεν έχει φθάσει το σημείο κορεσμού, ο αλγόριθμος συνεχίζει με τον τελικό έλεγχο των γειτονικών κυψελών. Η κλήση γίνεται δεκτή εάν το μέγιστο τρέχον φορτίο για τις γειτονικές κυψέλες είναι κάτω του κατωφλίου.

Όταν μια κλήση διαπομπής απαιτείται, υπολογίζονται τα τρέχοντα φορτία των κυψελών που καλύπτουν την SHZ ζώνη. Η μεγαλύτερη τιμή από αυτά συγκρίνεται με το προκαθορισμένο κατώφλι. Εάν υπάρχει αρκετός χώρος στις κυψέλες, ο αλγόριθμος συνεχίζει υπολογίζοντας το μέγιστο φορτίο για τις γειτονικές κυψέλες. Εάν οι τιμές είναι κάτω του κατωφλίου, η κλήση διαπομπής γίνεται δεκτή. Εάν κάποια από τις τιμές είναι πάνω από το κατώφλι, η κλήση διαπομπής θα μπει σε μια σειρά αναμονής, αν η σειρά αυτή δεν είναι γεμάτη, αλλιώς θα απορριφθεί. Οι κλήσεις περιοδικά ελέγχονται στην σειρά αναμονής και αν έχει επέλθει η λήξη τους, διακόπτονται.

Η διαπομπή μιας κλήσης είναι πιο ενοχλητική από την απόρριψη μιας νέας. Πριμοδοτώντας τις κλήσεις διαπομπής σημαντικά, εισάγεται η ιδέα ενός κρατημένου διαύλου. Αλλά στα κυψελωτά CDMA συστήματα οι πόροι είναι περιορισμένοι και δεν υπάρχουν φυσικοί πόροι ώστε να χρησιμοποιηθούν για κρατημένους διαύλους έτσι μια συγκεκριμένη ποσότητα χωρητικότητας κίνησης κρατείται αποκλειστικά για κλήσεις διαπομπών. Το κατώφλι, επομένως, για κλήσεις διαπομπών είναι πάντα μεγαλύτερο ή ίσο από τα αντίστοιχα για νέες κλήσεις στον παραπάνω αλγόριθμο. Η ακριβής διατύπωση του αλγορίθμου μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας διαγράμματα καταστάσεων.

4.6 ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΜΕ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟ ΙΣΧΥΟΣ

Από τη στιγμή που ορισμένοι αλγόριθμοι αποδοχής κλήσεων δεν θέτουν ένα αυστηρό όριο στον αριθμό των αιτήσεων που θα γίνουν αποδεκτές από το σύστημα, είναι πολύ πιθανό σε κάποιες από αυτές να μην γίνει επαρκής ανάθεση ισχύος προκειμένου να υποστηριχθεί ο απαιτούμενος ρυθμός μετάδοσής τους. Για αυτόν τον λόγο υπάρχουν μέθοδοι σύμφωνα με τις οποίες πακέτα συγκεκριμένων αιτήσεων καταχωρούνται και ο ρυθμός μετάδοσής τους μπορεί να μειωθεί έτσι ώστε να μην υπερβούμε ένα συγκεκριμένο όριο ισχύος[11]. Επίσης, σκοπός των μεθόδων αυτών είναι να αποδώσουν έναν συγκεκριμένο ρυθμό σε κάθε κλάση, έτσι ώστε η υψηλότερη κλάση προτεραιότητας να έχει τον υψηλότερο ρυθμό, ο οποίος θα μειώνεται όσο η προτεραιότητα μειώνεται.

Ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων, μαζί με τις απαιτήσεις ρυθμού λανθασμένου bit (bit error rate ή BER) για κάθε κλάση, μπορούν να αποτυπωθούν στους λόγους σήματος προς παρεμβολή ανάλογα με τις τεχνολογίες πολλαπλής πρόσβασης και διαμόρφωσης που χρησιμοποιούνται από τα ασύρματα κυψελωτά συστήματα. Αν και χρήστες της ίδιας κλάσης έχουν τις ίδιες απαιτήσεις λόγου σήματος προς παρεμβολή, ενδέχεται να χρειάζονται διαφορετικά ποσά ισχύος λόγω διαφορετικών απωλειών διαδρομής και παρεμβολών που αντιμετωπίζουν.

Υποθέτουμε ότι χρησιμοποιούμε ένα σύστημα βασισμένο σε κωδικοποίηση κώδικα (CDMA) με N ενεργούς χρήστες και έστω ένα διάνυσμα ισχύος $P = [P_1, P_2, \dots, P_N]$, όπου P_i είναι η ισχύς που διατίθεται στον i χρήστη. Όταν ένας νέος χρήστης γίνεται δεκτός, το διάνυσμα ισχύος αλλάζει σε $P' = [P'_1, P'_2, \dots, P'_3]$, όπου P'_i είναι η νέα ισχύς που διατίθεται στον i χρήστη. Επίσης, θα ορίσουμε ως P_{max} την μέγιστη ισχύ που μπορεί να μεταδώσει ο σταθμός βάσης. Αν ισχύει η ανίσωση:

$$\sum_{i=1}^N P'_i > P_{max} \quad (4.39)$$

ο έλεγχος φορτίου ενεργοποιείται προκειμένου να διασφαλίσει ότι δεν υπάρχουν στα συστήματα πολυπλεξίας περισσότερα δεδομένα από αυτά που μπορεί να μεταδώσει το σύστημα. Ο στόχος είναι να παρέχεται ένα όριο στην καθυστέρηση (delay) που μπορεί να ανεχθεί ο χρήστης. Αυτά τα όρια στην καθυστέρηση υπολογίζονται βάση των κλάσεων χρηστών (user classes).

Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό της μεθόδου αυτής είναι ότι λαμβάνει υπόψη της την ευελιξία της ανεκτικότητας στην καθυστέρηση μεταξύ των κλάσεων χρηστών και σχεδιάζει την ανάθεση ισχύος σε αυτές τις διαφορετικές κλάσεις. Πιο συγκεκριμένα, όσο πιο υψηλή είναι η προτεραιότητα, τόσο πιο μικρή θα είναι η ανοχή στην καθυστέρηση. Ο ελεγκτής ισχύος διατηρεί μία ουρά προτεραιότητας, η οποία προτεραιότητα ουσιαστικά είναι η ανεκτικότητα στην καθυστέρηση την οποία οι χρήστες πρόκειται να αντιμετωπίσουν σύμφωνα με τις αντίστοιχες κλάσεις τους.

Η μέθοδος αυτή μας δίνει ένα πιθανολογικό όριο στην καθυστέρηση πακέτου. Επίσης, διατηρεί μία μορφή δικαιοσύνης καθορίζοντας την ανάθεση των πόρων του δικτύου σύμφωνα με την κλάση του κάθε χρήστη. Ο έλεγχος φορτίου έχει τη δυνατότητα να υπολογίζει συνεχώς τον λόγο σήματος προς παρεμβολή του συστήματος και με βάση αυτούς τους υπολογισμούς αυτός ενεργοποιείται σύμφωνα με μία λογική του τύπου «παράθυρο ανά παράθυρο» έτσι ώστε να καθορίσει πόσα πακέτα μπορούν να μεταδοθούν σε καταστάσεις βέλτιστης ισχύος ανά bit. Η βασική ιδέα της παρακάτω μεθόδου είναι να μειωθεί ο ρυθμός μετάδοσης των χρηστών της ίδιας κλάσης καθώς και χαμηλότερων κλάσεων προκειμένου να μην υπερβούμε το όριο ισχύος.

Στο παρακάτω παράδειγμα θα υποθέσουμε ότι υπάρχουν τρεις κλάσεις, δηλαδή θεωρούμε ότι υπάρχουν N_i χρήστες της κλάσης i , με $1 \leq i \leq 3$. Ακόμη, συμβολίζουμε τη μέση ισχύ που χρειάζεται για έναν χρήστη της κλάσεως i ως \bar{P}_i . Σε αυτή την περίπτωση η έλλειψη ισχύος ισούται με :

$$D = \sum_{i=1}^3 N_i \bar{P}_i - P_{max} \quad (4.40)$$

Η έλλειψη ισχύος υπολογίζεται μέσω της μείωσης της ισχύος από όλες τις κλάσεις σε συγκεκριμένες αναλογίες. Το συνολικό ποσό ισχύος για τους χρήστες της κλάσεως i δίνεται από τον τύπο :

$$Pt_i = N_i \bar{P}_i - \gamma_i D \quad (4.41)$$

όπου

$$\sum_{i=1}^3 \gamma_i = 1 \quad (4.42)$$

Η μεταβλητή παράμετρος γ_i καθορίζει το τμήμα της ισχύος που συντελείται από την κλάση i . Σύμφωνα με το μειωμένο ποσό ισχύος και της μέτρησης της ενέργειας ανά bit του συστήματος, ο μειωμένος ρυθμός του κάθε χρήστη μπορεί να υπολογιστεί και να διατηρηθεί από τον έλεγχο φορτίου.

Προκειμένου να υπολογίσουμε την πιθανότητα αποκλεισμού (blocking probability) Pb_i ενός χρήστη της κλάσης i υιοθετούμε το μοντέλο «on-off» της τηλεπικοινωνιακής κίνησης της πηγής. Η μετρούμενη μέση ισχύς θα χρησιμοποιηθεί για να καθορίσουμε την παραπάνω πιθανότητα. Αν n_i είναι ο μέσος επιτρεπτός αριθμός χρηστών με πλήρη μετάδοση της κλάσης i , τότε :

$$n_i = \frac{Pt_i}{\bar{P}_i} \quad (4.43)$$

Αν $n_i \geq N_i$, τότε $Pb_i = 0$. Σε αντίθετη περίπτωση, η πιθανότητα αποκλεισμού πρέπει να υπολογιστεί αναλογιζόμενοι την πιθανότητα περισσότερων από n_i «ξεσπασμάτων» οποιαδήποτε στιγμή της ώρας.

Έστω ρ η πιθανότητα μιας αίτησης να είναι στη μορφή «on». Τότε, η πιθανότητα αποκλεισμού πακέτου για τους χρήστες της κλάσης i δίνεται από τον τύπο :

$$Pb_i = Prob\{\text{αριθμός αιτήσεων σε μορφή on} > N_i\}$$

$$= \sum_{j=N'_i}^{N_i} \binom{N_i}{j} (\rho)^j (1-\rho)^{N_i-j} \quad (4.44)$$

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- 1 A. Tolli, I. Barbancho, J. Gomez, P. Hakalin : Intra-system load balancing between adjacent GSM cells, The 57th annual semiannual vehicular technology conference, 2003, pp. 393-397
- 2 Z. Ruzicka, S. Hanus : Admission control and load control in UMTS network , Czech Republic, 2007
- 3 J. Kuri and P. Mermelstein : Call Admission on the Uplink of a CDMA System Based on Total Received Power Communications, Proc. IEEE Int'l. Conf. Commun. (ICC '99), 1999, vol. 3, pp. 1431–36.
- 4 G. Razzano and A. Curcio : Performance Comparison of Three Call Admission Control Algorithms in a Wireless Ad Hoc Network, Proc. Int'l. Conf. Commun. Tech. (ICCT'03), vol. 2, Apr. 2003, pp. 1332–36.
- 5 Y. Dong, D. Makrakis, and T. Sullivan : Effective Admission Control in Multihop Mobile Ad Hoc Networks : Proc. Int'l. Conf. Commun. Tech. Proc. (ICCT'03), vol. 2, Apr. 2003, pp. 1291–94.
- 6 I. Haratcherev, J. Taal, K. Langendoen, R. Lagendijk, H. Sips : Automatic IEEE 802.11 rate control for streaming applications , Wireless communications and mobile computing, John Wiley & Sons, Ltd.,2005
- 7 H. B. Kim and A. Wolisz : Load Balancing for Centralized Wireless Networks, The 16th annual IEEE international symposium on personal indoor and mobile radio communications, Berlin, Germany, 2005
- 8 S. AlQahtani, A. Mahmoud : Performance analysis of two throughput-based call admission control schemes for 3G WCDMA wireless networks supporting multiservices, Computer Communications, Volume 31 , Issue 1 ,Jan 2008, p. 49-57
- 9 L.Jing , F. Chen , Y. Dacheng , G. Jian : UMTS soft handover algorithm with adaptive thresholds for load balancing , 2005 IEEE 62nd Vehicular Technology Conference, 2005. VTC-2005-Fall. Volume 4, Sept 2005, pp. 2508 – 2512
- 10 Z. Meng ,C. Tao ,H. Jiancun : Throughput-based and power-based load control , 2005 International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, Volume 2, Sept. 2005 ,p. 969 – 973
- 11 H. Lin, M. Chattergee, S. Das : ARC: An intergrated admission and rate control framework for competitive wireless CDMA data networks using noncooperative games, IEEE Transactions on mobile computing Vol. 4, No.3, May/June 2006

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

NS2

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστεί η μέθοδος και τα αποτελέσματα της προσομοίωσης που εφαρμόστηκε με τη χρήση του προγράμματος προσομοίωσης NS2. Όσον αφορά τη διάρθρωση αυτού του κεφαλαίου, στην ενότητα 5.1 παρουσιάζεται μία σύντομη περιγραφή του προσομοιωτή NS2 και των βασικότερων οντοτήτων του, στην ενότητα 5.2 περιγράφεται το κεντρικό σενάριο που ακολουθήθηκε και στην ενότητα 5.3 περιγράφονται τα πιθανά σενάρια αλλαγής παροχέα κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης που χρησιμοποιήθηκαν.

5.1 Ο ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗΣ NS2

Το ns είναι ένας αντικειμενοστραφής (object oriented) προσομοιωτής (simulator), γραμμένος σε C++, έχοντας ενσωματωμένο έναν OTcl διερμηνέα [1]. Ο προσομοιωτής αυτός υποστηρίζει μία ιεραρχία κλάσεων (class hierarchy) στην C++, και μία παρόμοια ιεραρχία κλάσεων στον OTcl διερμηνέα. Αυτές οι δύο ιεραρχίες κλάσεων είναι στενά συνδεδεμένες μεταξύ τους. Από την πλευρά του χρήστη, υπάρχει μία προς μία αντιστοιχία των κλάσεων της πρώτης ιεραρχίας με τις κλάσεις της δεύτερης. Οι χρήστες μπορεί να δημιουργήσουν νέα αντικείμενα προσομοίωσης μέσω του διερμηνέα. Τα αντικείμενα αυτά δημιουργούνται εντός του διερμηνέα και σχεδόν καθρεφτίζονται (mirrored) από αντίστοιχα αντικείμενα στην ιεραρχία των C++ κλάσεων.

Το ns χρησιμοποιεί δύο γλώσσες προγραμματισμού επειδή ο προσομοιωτής έχει να επιτελέσει δύο ειδών εργασίες[2]. Πρώτον, η λεπτομερής προσομοίωση των πρωτοκόλλων απαιτεί μία γλώσσα προγραμματισμού συστήματος η οποία μπορεί να χειριστεί αποτελεσματικά byte, επικεφαλίδες πακέτων και να υλοποιηθούν αλγόριθμοι που εκτελούνται για μεγάλα σύνολα δεδομένων. Για το λόγο αυτό ο χρόνος εκτέλεσης (run time) είναι περισσότερο σημαντικός από τον turn-around χρόνο (εκτέλεση προσομοίωσης, εύρεση bug, διόρθωση bug, επαναμετάφραση, επανεκτέλεση). Δεύτερον, ένα μεγάλο κομμάτι της έρευνας δικτύων περιλαμβάνει εξέταση πολλών παραμέτρων και configuration, αλλά και σεναρίων. Σε αυτές τις περιπτώσεις, ο iteration χρόνος (αλλαγή του μοντέλου και επανεκτέλεση) είναι περισσότερο σημαντικός. Επειδή το configuration εκτελείται μόνο μία φορά (στην αρχή της προσομοίωσης), ο χρόνος εκτέλεσης αυτού του μέρους εργασιών είναι λιγότερο σημαντικός.

Ολόκληρος ο προσομοιωτής περιγράφεται από την Tcl κλάση Simulator. Η κλάση αυτή παρέχει ένα σύνολο διεπαφών (interfaces) για το configuration της προσομοίωσης και για την επιλογή του τύπου του προγραμματιστή γεγονότων (event scheduler) που θα χρησιμοποιηθεί για την οδήγηση της προσομοίωσης. Ένα script προσομοίωσης γενικά αρχίζει με τη δημιουργία ενός υποδείγματος της κλάσης αυτής και με τη κλήση διάφορων μεθόδων για τη δημιουργία κόμβων, τοπολογιών, και για το configuration άλλων πλευρών της προσομοίωσης. Με την δημιουργία ενός νέου αντικειμένου προσομοίωσης στην tcl, η διαδικασία αρχικοποίησης εκτελεί τις ακόλουθες λειτουργίες:

- Αρχικοποίηση της μορφής των πακέτων (packet format initialization)
- Δημιουργία ενός προγραμματιστή γεγονότων (calendar scheduler)
- Δημιουργία ενός «κενού πράκτορα» (null agent)

Για τη δημιουργία της τοπολογίας του δικτύου που θέλουμε να προσομοιώσουμε βασικότερο στοιχείο είναι οι κόμβοι. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, κάθε προσομοίωση απαιτεί ένα απλό υπόδειγμα της κλάσης Simulator για το χειρισμό και τη λειτουργία της προσομοίωσης. Αυτή η κλάση περιέχει διαδικασίες για τη δημιουργία και

τη διαχείριση της τοπολογίας, και εσωτερικά κρατά αναφορές (references) για κάθε στοιχείο της τοπολογίας.

Όλοι οι κόμβοι περιέχουν τουλάχιστον τα ακόλουθα στοιχεία:

- Μία διεύθυνση ή id_, το οποίο αυξάνεται κατά 1 (από την αρχική τιμή 0) καθώς οι κόμβοι δημιουργούνται στην προσομοίωση
- Μία λίστα γειτόνων (neighbor_)
- Μία λίστα πρακτόρων (agent_)
- Ένα αναγνωριστικό του τύπου του κόμβου (nodetype_)

Οι διαδικασίες για το configuration ενός ξεχωριστού κόμβου μπορεί να διαιρεθούν στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Συναρτήσεις ελέγχου
- Συναρτήσεις διαχείρισης αριθμού διεύθυνσης και πόρτας, unicast δρομολόγησης
- Διαχείριση πρακτόρων
- Προσθήκης γειτόνων

Η λειτουργία του κόμβου όταν λαμβάνει ένα πακέτο είναι να εξετάζει τα πεδία του πακέτου, συνήθως τη διεύθυνση προορισμού, και σε μερικές περιπτώσεις, την διεύθυνση πηγής. Στη συνέχεια πρέπει να αντιστοιχίσει τις τιμές αυτές με ένα αντικείμενο εξερχόμενης διεπαφής, το οποίο θα είναι ο επόμενος παραλήπτης του πακέτου.

Στο ns η λειτουργία αυτή επιτελείτε από ένα απλό classifier αντικείμενο. Πολλαπλά τέτοια αντικείμενα, το καθένα από τα οποία εξετάζει ένα διαφορετικό τμήμα του πακέτου, προωθούν το πακέτο διαμέσου του κόμβου. Ο κόμβος στο ns χρησιμοποιεί classifiers πολλών τύπων, για διαφορετικούς σκοπούς.

Ο classifier παρέχει έναν τρόπο για το ταίριασμα του πακέτου με κάποια λογικά κριτήρια και την εύρεση της αναφοράς σε κάποιο άλλο αντικείμενο της προσομοίωσης βάσει του αποτελέσματος των κριτηρίων αυτών.

Ένα άλλο σημαντικό συστατικό της τοπολογίας, εκτός από τους κόμβους, είναι οι ζεύξεις. Όπως ένας κόμβος δημιουργείται από classifiers έτσι και μία ζεύξη

δημιουργείται από μία ακολουθία connectors. Η κλάση Link είναι μία αυτόνομη κλάση της OTcl, που παρέχει μερικά απλά θεμελιώδη στοιχεία. Η κλάση SimpleLink παρέχει την ικανότητα σύνδεσης δύο κόμβων με μία σημείο προς σημείο (point to point) ζεύξη.

Στον προσομοιωτή ns έχει εισαχθεί και η έννοια των πρακτόρων. Οι πράκτορες αντιπροσωπεύουν σημεία τερματισμού (end-points) όπου πακέτα του στρώματος δικτύου δημιουργούνται ή καταστρέφονται και χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση πρωτοκόλλων διαφόρων στρωμάτων. Η κλάση Agent υλοποιείται μερικώς στην OTcl και μερικώς στην C++. Οι πράκτορες αυτοί χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση πρωτοκόλλων διαφόρων στρωμάτων. Για κάποιους πράκτορες του στρώματος μεταφοράς, η κατανομή του μεγέθους των πακέτων και /ή του χρόνου μεταξύ αναχωρήσεων μπορεί να προέρχονται από άλλα αντικείμενα που ικανοποιούν τις απαιτήσεις μίας εφαρμογής. Για τους πράκτορες πρωτοκόλλων χαμηλότερων στρωμάτων (π.χ. για τους πράκτορες δρομολόγησης), το μέγεθος και ο χρονισμός των αναχωρήσεων γενικά προέρχεται από τη διαδικασία επεξεργασίας των μηνυμάτων του πρωτοκόλλου, από τον ίδιο τον πράκτορα.

Όσον αφορά τα είδη πρακτόρων στο ns, αυτοί ανάλογα με το είδος της εφαρμογής χωρίζονται σε UDP πράκτορες και σε TCP πράκτορες. Οι UDP πράκτορες λαμβάνουν δεδομένα από τις εφαρμογές σε αλυσίδες μεταβλητού μεγέθους, και αν χρειαστεί τα τεμαχίζουν (segment). Τα UDP πακέτα περιέχουν επίσης και έναν ακολουθιακό αριθμό μονότονα αυξανόμενο. Παρόλο που στην πραγματικότητα τα UDP πακέτα δεν περιέχουν κάποιο ακολουθιακό αριθμό, η συμπερίληψή του στο ns βοηθάει στην trace ανάλυση, χωρίς να επιβάλει κάποιο επιπλέον κόστος. Στο ns υπάρχουν δύο ειδών TCP πράκτορες: μονής κατεύθυνσης (one-way) και διπλής κατεύθυνσης (two-way). Οι πράκτορες μονής κατεύθυνσης διαιρούνται ακόμη σε TCP αποστολείς (οι οποίοι υπακούουν σε διαφορετικές τεχνικές συμφόρησης και ελέγχου λαθών) και στους TCP λήπτες (“sinks”). Οι πράκτορες διπλής κατεύθυνσης είναι συμμετρικοί ως προς το ότι ο καθένας αντιπροσωπεύει μαζί έναν αποστολέα και ένα λήπτη.

5.2 ΚΕΝΤΡΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

5.2.1 ΑΡΧΙΚΕΣ ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ

Στην προσομοίωση που ακολουθήθηκε ορίστηκαν διάφορες χαρακτηριστικές παράμετροι που θα τις αναλύσουμε στη συνέχεια. Καταρχήν, έπρεπε να οριστεί ένας συγκεκριμένος αριθμός πελατών (clients) και ένας αριθμός παροχών δικτύου (providers). Γι' αυτόν τον λόγο εμείς στην προσομοίωση μας ορίσαμε να υπάρχουν 30 πελάτες, εκ των οποίων οι 20 να επιθυμούν την εκτέλεση cbr υπηρεσίας και οι άλλοι 10 να επιθυμούν την περάτωση tcp υπηρεσίας, και 3 παροχείς δικτύου. Οι παραπάνω οριοθετήσεις έγιναν και στον κώδικα του ns μέσω των μεταβλητών cbrnum (αριθμός πελατών με cbr σύνδεση), tcpnum (αριθμός πελατών με tcp σύνδεση), clientnum (συνολικό άθροισμα πελατών) και providernum (αριθμός παροχών). Επίσης, ορίσαμε τη διάρκεια όλης της προσομοίωσης μέσω της μεταβλητής simduration. Στην προσομοίωση μας ορίσαμε τιμή simduration τα 300 δευτερόλεπτα.

```
set cbrnum 20
set tcpnum 10
set clientnum [expr {$cbrnum + $tcpnum}]
set providernum 3
set simduration 300
```

Στη συνέχεια, φτιάξαμε ένα αντικείμενο έτσι ώστε να μπορούμε να οριοθετήσουμε την τοπολογία της προσομοίωσης μας. Στην παρούσα φάση, ορίσαμε τα όρια στους άξονες χ και ψ στην γραφική απεικόνιση της τοπολογίας του δικτύου.

```
set val(x) 500
```



```
set val(y) 500
# set up topography object
set topo [new Topography]
$topo load_flatgrid $val(x) $val(y)
```

Κατόπιν, ορίσαμε με τυχαία νούμερα σε ποιες χρονικές στιγμές θα ξεκινάει και θα τελειώνει η κλήση του κάθε πελάτη. Γι' αυτό το σκοπό, δημιουργήσαμε δύο πίνακες με ονόματα con_start και con_stop προκειμένου να προσδιορίσουμε τις παραπάνω χρονικές στιγμές.

Στο τέλος των αρχικών μας ρυθμίσεων, φτιάξαμε τις συντεταγμένες του κόμβου που αντιπροσωπεύει τον κάθε πελάτη και τον κάθε πάροχο στους άξονες χ και ψ . Αυτή η διαδικασία επιτεύχθηκε ορίζοντας πάλι έναν πίνακα synt1 που να αντιπροσωπεύει την συντεταγμένη στον άξονα των χ για τον κάθε πελάτη, έναν πίνακα synt2 για την αντίστοιχη συντεταγμένη στον άξονα των ψ , έναν πίνακα synt3 για την συντεταγμένη στον άξονα των χ του κάθε παροχέα και synt4 την αντίστοιχη συντεταγμένη στον άξονα των ψ .

Τέλος, ορίσαμε τις μεταβλητές avcon και sp_selection όπου αντιπροσωπεύουν το αν είναι ενεργή η σύνδεση (αν η τιμή είναι 1 είναι ενεργή και 0 αν είναι ανενεργή) και τον πάροχο που συνδέεται ο κάθε πελάτης. Επειδή αυτή τη στιγμή δεν έχουμε ξεκινήσει την προσομοίωση και πρέπει να κάνουμε αρχικοποίηση των παραπάνω μεταβλητών, για κάθε πελάτη η μεταβλητή avcon παίρνει την τιμή 0 και η μεταβλητή sp_selection παίρνει την τιμή -1 που δεν αντιπροσωπεύει κανέναν παροχέα.

```
for {set i 0} {$i < $clientnum} {incr i} {
  set avcon($i) 0
  set sp_selection($i) -1
}
```

5.2.2. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΖΕΥΞΕΩΝ- ΡΟΩΝ ΚΙΝΗΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΣΥΜΒΑΝΤΩΝ

Επειδή κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης θα έχουμε ροή πληροφορίας, θεωρείται αναγκαία η καταγραφή των συμβάντων σε όλη τη διάρκεια αυτής της ροής. Πιο συγκεκριμένα, είναι αναγκαίο να καταγράψουμε τη ροή των πακέτων πληροφορίας έτσι ώστε να μπορούμε να διαπιστώσουμε τυχόν αδυναμίες του δικτύου προκειμένου να διορθώσουμε και να βελτιώσουμε την ποιότητα του καθώς και να μπορούμε να εξάγουμε ποσοτικά μεγέθη που προσδιορίζουν την ποιότητα υπηρεσίας του δικτύου, όπως είναι η ρυθμοαπόδοση (throughput) και το ποσοστό απολεσθέντων πακέτων . Γι' αυτό λοιπόν το σκοπό δημιουργήσαμε τη συνάρτηση create-trace η οποία ανοίγει ένα αρχείο για τη καταγραφή των γεγονότων (στη περίπτωση μας το αρχείο είναι το final7.tr) και στη συνέχεια του κώδικα ορίζουμε τη μεταβλητή trfd ίση με την παραπάνω συνάρτηση έτσι ώστε να ενεργοποιείται αυτή η καταγραφή από την αρχή της προσομοίωσης.

```
proc create-trace {} {
    global ns
    set trfd [open final7.tr w] ;           # Anoigma tou arxeiou
    # $ns use-newtrace;                    # gia wireless simulations
    $ns trace-all $trfd ;                 # Entoli gia katagrafi gegonoton
    return $trfd
}
set trfd [create-trace]
```

Όσον αφορά την απεικόνιση με animation τόσο της τοπολογίας του δικτύου όσο και της ροής κίνησης κάθε πελάτη, δημιουργήσαμε τη συνάρτηση create-nam-trace η οποία έχει σαν σκοπό να λαμβάνει τις πληροφορίες για την τοπολογία και το είδος της ροής κίνησης του κάθε πελάτη , να τις απεικονίζει στον δισδιάστατο άξονα και να τις αποθηκεύει σε ένα αρχείο (στην προσομοίωση μας το αρχείο είναι το final7.nam) . Με

την ίδια λογική με παραπάνω ορίσαμε τη μεταβλητή namfd να ισούται με την παραπάνω συνάρτηση έτσι ώστε να ενεργοποιήσουμε την γραφική απεικόνιση της προσομοίωσης μας.

```
proc create-nam-trace {} {
    global ns
    set namfd [open final7.nam w] ; # Anoigma tou arxeiou
    $ns namtrace-all $namfd ;          # Entoli gia katagrafi gegonoton
    return $namfd
}
set namfd [create-nam-trace]
```

Κατόπιν, δημιουργήσαμε μία συνάρτηση τερματισμού της προσομοίωσης, η οποία ενεργοποιείται στο τέλος της προσομοίωσης (simduration) και κλείνει τα αρχεία καταγραφής και απεικόνισης που προαναφέραμε .

```
proc finish {} {
    global ns trfd namfd
    $ns flush-trace
    close $trfd
    close $namfd
    exit 0
}
```

Στη συνέχεια ορίσαμε δύο επιπλέον συναρτήσεις, οι οποίες έχουν ως σκοπό τους να ξεκινούν και σταματούν μία ροή κίνησης. Πιο αναλυτικά, η συνάρτηση start_session παίρνει ως ορίσματα τη χρονική στιγμή της έναρξης της κλήσης, τη σύνδεση πάνω στην οποία θα υπάρχει ροή κίνησης, τον πελάτη και τον παροχέα. Αφού γίνει η κλήση της, ορίζει την έναρξη της κλήσης την χρονική στιγμή που έχουμε τοποθετήσει ως όρισμα και επειδή η κλήση αυτή γίνεται ενεργή, η τιμή της μεταβλητής ancon γίνεται 1. Με παρόμοιο τρόπο η συνάρτηση stop_session ορίζει την παύση της σύνδεσης, αλλάζει πάλι

τη μεταβλητή avcon σε 0 και υπολογίζει τη διάρκεια που είχε η συγκεκριμένη κλήση μέσω της μεταβλητής duration.

```
proc start_session {start connection flow provider} {
    global ns avcon
    $ns at $start "$connection start"
    set avcon($flow) 1
    puts "NEW SESSION STARTED AT TIME $start! SESSION ID IS $flow. TARGET
PROVIDER IS $provider"
}
```

```
proc stop_session {connection flow} {
    global ns avcon con_start
    if {$avcon($flow) == 1} {
        set now [$ns now]
        $ns at $now "$connection stop"
        set avcon($flow) 0
        set duration [expr {$now-$con_start($flow)}]
        puts "SESSION $flow STOPPED.TIME IS $now (duration was $duration
seconds)"
    }
}
```

Στη συνέχεια, αφού ορίσαμε τις συντεταγμένες του κόμβου του κάθε πελάτη και του κάθε παροχέα, το μόνο που μας μένει όσον αφορά την τοπολογία του δικτύου είναι να δημιουργήσουμε τους κόμβους αυτούς με τις παραπάνω συντεταγμένες.

```
#δημιουργια κομβων client
for {set i 0} {$i < $clientnum} {incr i} {
    set n($i) [$ns node]
    $n($i) set X_ $synt1($i)
    $n($i) set Y_ $synt2($i)
```

```

    $n($i) set Z_ 0.0
}

#δημιουργια κομβων provider
for {set i 0} {$i < $providernum } {incr i} {
    set sp($i) [$ns node]
    $sp($i) set X_ $synt3($i)
    $sp($i) set Y_ $synt4($i)
    $sp($i) set Z_ 0.0
}

```

Κατόπιν, δημιουργήσαμε τις ζεύξεις μεταξύ των πελατών και των παροχέων. Σε αυτή τη φάση η απόφαση για την επιλογή του παροχέα για κάθε πελάτη δεν ήταν τυχαία. Για να γίνουμε πιο συγκεκριμένοι, φροντίσαμε να επιλέξουμε για κάθε πελάτη τον παροχέα που βρισκόταν πιο κοντά σε αυτόν με βάση την τοπολογία τους. Ακριβώς για αυτόν τον λόγο ορίσαμε τον πίνακα dist ο οποίος βρίσκει για έναν πελάτη την απόσταση που έχει από τους άλλους παροχείς και στη συνέχεια βρίσκαμε τον παροχέα με την ελάχιστη απόσταση από τον πελάτη μέσω της συνάρτησης Find_Min που βρίσκει το ελάχιστο στοιχείο ενός πίνακα (στην φάση αυτή τον πίνακα dist). Το αποτέλεσμα της Find_Min το μεταφέρουμε στη μεταβλητή minlocation η οποία γίνεται η επιλογή μας όσον αφορά τους παροχείς (sp_selection).

```

#δημιουργια ζευξεων

for {set i 0} {$i < $clientnum } {incr i} {
    for {set j 0} {$j < $providernum} {incr j} {
        #connect to closest provider
        set dist($j) [expr {sqrt(pow($synt1($i)-$synt3($j),2) + pow($synt2($i)-$synt4($j),2))}]
        $ns duplex-link $n($i) $sp($j) 1Mb 10ms DropTail
    }
    set minlocation [Find_Min dist $providernum]
    set ran [$rng integer $providernum]
}

```

```
set sp_selection($i) $minlocation
}
```

```
proc Find_Min {distances providernum} {
  upvar $distances dist
  set min $dist(0)
  set position 0
  for {set k 1} {$k < $providernum} {incr k} {
    if {$dist($k) < $min} {
      set min $dist($k)
      set position $k
    }
  }
  return $position
}
```

Στη συνέχεια δημιουργήσαμε τις ροές κίνησης για τις udp και τις tcp συνδέσεις και ορίσαμε και κάποιες χαρακτηριστικές παραμέτρους που προσδιορίζουν αυτά τα είδη των συνδέσεων (μέγεθος πακέτου, interval).

```
#δημιουργια udp agents
#δημιουργια ροων κινησης

for {set i 0} {$i < $cbrnum} {incr i} {
  for {set j 0} {$j < $providernum} {incr j} {
    set udp($i,$j) [new Agent/UDP]
    $ns attach-agent $n($i) $udp($i,$j)
    set cbr($i,$j) [new Application/Traffic/CBR]
    $udp($i,$j) set fid_ $i
    $cbr($i,$j) set packetSize_ 120
    $cbr($i,$j) set interval_ 0.015
    $cbr($i,$j) attach-agent $udp($i,$j)
  }
}
```

```

    set sink($i,$j) [new Agent/LossMonitor]
    $ns attach-agent $sp($j) $sink($i,$j)
    $ns connect $udp($i,$j) $sink($i,$j)
  }
}

```

```

#Setup TCP connections
#Setup FTP over TCP connections

for {set i 0} {$i < $cbrnum} {incr i} {
  for {set j 0} {$j < $providernum} {incr j} {
    set tcp($i,$j) [new Agent/TCP]
    set cbrnumplusi [expr {$cbrnum + $i}]
    $tcp($i,$j) set fid_ $cbrnumplusi
    $tcp($i,$j) set packetSize_ 512
    $tcp($i,$j) set window_ 1
    $ns attach-agent $n($cbrnumplusi) $tcp($i,$j)
    set tcpsink($i,$j) [new Agent/TCPSink]
    $ns attach-agent $sp($j) $tcpsink($i,$j)
    $ns connect $tcp($i,$j) $tcpsink($i,$j)
    set ftp($i,$j) [new Application/FTP]
    $ftp($i,$j) attach-agent $tcp($i,$j)
    $ftp($i,$j) set type_ FTP
  }
}

```

Κατόπιν, ορίσαμε τους πελάτες που θα έχουν udp σύνδεση και τους πελάτες που θα έχουν tcp σύνδεση. Γι' αυτό το λόγο ορίσαμε τους πελάτες από 0 μέχρι cbrnum να έχουν udp σύνδεση (στο παράδειγμα μας από 0 μέχρι 19) και τους υπόλοιπους πελάτες να έχουν tcp σύνδεση (στο παράδειγμα μας από 20 μέχρι 29).

```

for {set i 0} {$i < $cbrnum} {incr i} {

```

```

    set connection($i) $cbr($i,$sp_selection($i))
}

for {set i 0} {$i < $stepnum} {incr i} {
    set temp [expr {$cbrnum+$i}]
    set connection($temp) $ftp($i,$sp_selection($temp))
}

```

5.2.3 ΟΙ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ CALLAWK , READFILE ΚΑΙ CHANGE PROVIDER

Οι συναρτήσεις Callawk και Readfile βοηθούν πολύ στην εξαγωγή ποσοτικών μεγεθών που είναι άμεσα σχετιζόμενα με την ποιότητα υπηρεσίας. Η συνάρτηση Callawk καλεί το αρχείο mystats.awk, μέσα στο οποίο υπάρχει κώδικας που υπολογίζει διάφορα ποσοτικά μεγέθη. Στην προσομοίωση μας, έχουμε επιλέξει μέσω του mystats.awk να υπολογίζονται η καθυστέρηση πακέτου (packet delay), το «τρεμούλιασμα» (jitter), η ρυθμοαπόδοση (throughput), το ποσοστό απολεσθέντων πακέτων καθώς και ο αριθμός των πακέτων που έχουν ληφθεί στη συγκεκριμένη σύνδεση. Έτσι, όταν γίνεται κλήση της Callawk, τότε το αρχείο mystats διαβάζει από το αρχείο καταγραφής συμβάντων (final7.tr) τα στοιχεία που το ενδιαφέρουν για μια συγκεκριμένη σύνδεση, υπολογίζει τα μεγέθη που αναφέραμε παραπάνω και τα προβάλλει σε ένα αρχείο txt το οποίο αποθηκεύεται σε έναν συγκεκριμένο φάκελο ανάλογα με το αν η κλήση της συνάρτησης γίνεται κατά τη διαδικασία ελέγχου ή κατά τη διαδικασία αλλαγής παροχέα όπως θα δούμε παρακάτω. Αυτή η επιλογή καθορίζεται από το όρισμα change.

```

proc Callawk {time counter provider choice change} {
    upvar $counter i
    global window cbrnum clientnum providernum
    if {$change == 0} {

```



```

        if {$choice == 0} { set tempFileName "adm/adm$i.prov$provider.txt"
        } else { set tempFileName "load/load$i.prov$provider.txt" }
    }
    if {$change == 1} {
        if {$choice==0} {set tempFileName
"adm_change/adm$i.prov$provider.txt"
        } else { set tempFileName "load_change/load$i.prov$provider.txt" }
    }
    #two different service types
    if {$i < $cbrnum} {
        set packetsize 120
    } else {
        set packetsize 512
    }
    set temp [expr {$time-$window}]
    set provider [expr {$sclientnum+$provider}]
    #execute awk file
    exec awk -f myStats.awk src=$i dst=$provider flow=$i pkt=$packetsize
start=$temp win=$window final7.tr > $tempFileName &
    return "$tempFileName created!"
}

```

Η συνάρτηση Readfile μετά την κλήση της Callawk διαβάζει τα αποτελέσματα από το txt αρχείο που έχει δημιουργηθεί και τα τοποθετεί σε έναν πίνακα v.

```

proc ReadFile {counter provider choice change} {
    upvar $counter i
    #Open the data file
    if {$change == 0} {
        if {$choice == 0} { set tempFileName "adm/adm$i.prov$provider.txt"

```

```

        } else { set tempFileName "load/load$i.prov$provider.txt" }
    }
    if {$change == 1} {
        if {$choice == 0} { set tempFileName
"adm_change/adm$i.prov$provider.txt"
        } else { set tempFileName "load_change/load$i.prov$provider.txt" }
    }
    set valuecount 0
    while {$valuecount == 0} {
        set fp [open $tempFileName r]
        set data [read $fp]
        #Process data file
        #set temp 0.0
        set data [split $data "\n"]
        for {set j 0} {$j < 5} {incr j} {
            set v($j) 0
        }
        foreach line $data {
            #we need to read 4 values
            puts "NEW LINE : $line"
            set temp [string map {, .} $line]
            set v($valuecount) $temp
            #set allv($i,$valuecount) $temp
            set valuecount [expr {$valuecount+1}]
        }
        close $fp
    }
    array get v
}

```

Τόσο η συνάρτηση Callawk όσο και η συνάρτηση Readfile χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια των αλγορίθμων αποδοχής κλήσεων και ελέγχου φορτίου. Μία άλλη πολύ βασική συνάρτηση που δημιουργήθηκε είναι η συνάρτηση Change_Provider. Αυτή η συνάρτηση έχει κάποια ορίσματα, μερικά εκ των οποίων είναι ο χρόνος, ο αριθμός του πελάτη (i), ο νυν παροχέας (currentprovider) και ο νέος παροχέας (newprovider). Έτσι, αυτή η συνάρτηση σταματάει τη σύνδεση μεταξύ του πελάτη και του τρέχοντος παροχέα και δημιουργεί μία νέα σύνδεση με τον νέο παροχέα. Όπως θα δούμε παρακάτω, η συνάρτηση θα καλείται σε περιπτώσεις που είτε ο παροχέας δεν θα μπορεί να καλύψει αυτήν την κλήση είτε σε περιπτώσεις που ο πελάτης δεν μένει ικανοποιημένος από τους εναπομείναντες πόρους του δικτύου και αποφασίζει οικειοθελώς την παύση της σύνδεσης με τον τρέχοντα παροχέα.

```

proc Change_Provider {time i currentprovider newprovider choice} {
    global avcon cbrnum connection sp_selection n ns sp cbr ftp udp tcp sink tcpsink penalties
penalty clientnum providernum
    if { $avcon($i) == 1 } {
        stop_session $connection($i) $i
    }

    puts "$time $i $currentprovider $newprovider"
    if { $i < $cbrnum } {
        set connection($i) $cbr($i,$newprovider)
    } else {
        set temp [expr { $i-$cbrnum }]
        set connection($i) $ftp($temp,$newprovider)
    }
    set sp_selection($i) $newprovider
    set avcon($i) 1
    start_session $time $connection($i) $i $newprovider
    puts "CUSTOMER $i MOVED FROM PROVIDER $currentprovider TO PROVIDER
$newprovider"

```

5.2.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΚΛΗΣΕΩΝ

Το επόμενο βήμα μας είναι να φτιάξουμε μία διαδικασία η οποία να αποφασίζει αν και κατά πόσο μπορεί ο παροχέας να καλύψει το αίτημα για ροή κίνησης κάποιου πελάτη. Εμείς στην προσομοίωση μας επικεντρωθήκαμε στο διαθέσιμο εύρος ζώνης του κάθε παροχέα και με μία διαδικασία που θα εξηγήσουμε με περισσότερη λεπτομέρεια στη συνέχεια αποφασίζαμε για το μέλλον της νέας ροής κίνησης. Για την διαδικασία του ελέγχου αποδοχής κλήσεων χρησιμοποιήσαμε δύο βασικές συναρτήσεις που θα τις αναλύσουμε παρακάτω: τη συνάρτηση Find_thr και τη συνάρτηση Admission_Control.

Η συνάρτηση Find_thr παίρνει σαν ορίσματα το χρόνο, τον παροχέα, μία παράμετρο x η οποία ανάλογα με την τιμή της επιστρέφει ένα αποτέλεσμα και η παράμετρος choice, η οποία παίρνει την τιμή 0 αν μιλάμε για έλεγχο αποδοχής κλήσεων και 1 αν μιλάμε για έλεγχο φορτίου που θα τον αναλύσουμε παρακάτω. Η συνάρτηση Find_thr κάνει την εξής διεργασία : τσεκάρει όλους τους πελάτες για να διαπιστώσει αν έχουν ενεργή σύνδεση με τον παροχέα που έχουμε τοποθετήσει στο όρισμα της συνάρτησης, ορίζουμε μέσω της μεταβλητής writefile την καταγραφή και τον υπολογισμό των ποσοτικών μεγεθών που αναφέραμε στην προηγούμενη ενότητα χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση Callawk, τοποθετούμε τα αποτελέσματα σε έναν πίνακα v μέσω της συνάρτησης Readfile και μέσω της μεταβλητής t(provider,1) και λειτουργώντας αθροιστικά για όλους τους ενεργούς πελάτες στον παροχέα που μας ενδιαφέρει προσδιορίζουμε τη ρυθμοαπόδοση του παροχέα αυτού. Αξίζει να αναφέρουμε ότι στον πίνακα v το στοιχείο v(2) προσδιορίζει τη ρυθμοαπόδοση του εκάστοτε ενεργού πελάτη.

```
proc Find_thr {clocktimer provider x choice } {
    global clientnum cbrnum avcon sp_selection con_start providernum
    set counter 0
    set m(3) 0
    for {set j 0} {$j < $providernum} {incr j} {
        for {set k 1} {$k < 3} {incr k} {
            set t($j,$k) 0
            set s($j) 0
        }
    }
}
```

```

        set pkloss($j) 0
    }
}
for {set i 0} {$i < $clientnum} {incr i}
if {$savcon($i) == 1 &&$sp_selection($i)==$provider && $con_start($i)<$clocktimer}{
    puts "-----"
    puts "CHECKING SESSION $i (PROVIDER IS $provider) ..."
    puts "-----"
    #call awk
    set writefile [Callawk $clocktimer i $provider $choice 0 ]
    puts $writefile
    #read file created by awk and return 4 values
    array set v [ReadFile i $provider $choice 0]
    set t($provider,1) [expr {$t($provider,1)+$v(2)}]
    puts "-----"
    puts "SESSION $i CHECKED"
    puts "-----"

    return $t($provider,$x)
}

```

Η συνάρτηση Admission_Control είναι η βασική συνάρτηση του ελέγχου αποδοχής κλήσεων και η ακριβής διεργασία που επιτελεί είναι η εξής: αρχικά ορίζει μία μεταβλητή thr(provider) η οποία καλεί τη συνάρτηση Find_thr για τον παροχέα που έχουμε στο όρισμα της Admission_Control έτσι ώστε να υπολογίσει τη συνολική ρυθμοαπόδοση του παροχέα και να πράξει ανάλογα. Στη συνέχεια, ορίζουμε μέσω της μεταβλητής max_band το μέγιστο εύρος ζώνης για κάθε παροχέα και μέσω της μεταβλητής acceptance_perc ορίζουμε το ποσοστό του εύρους ζώνης που για κάθε παροχέα θα είναι επιτρεπτό. Στην προσομοίωσή μας το ποσοστό αυτό είναι 80%.

```

set acceptance_perc 0.80
set max_band 1000

```

Επίσης, ορίζουμε κάθε πελάτη να έχει τα δικά του όρια «ανοχής» στο συνολικό εύρος ζώνης του παροχέα. Τα όρια αυτά προσδιορίστηκαν με έναν κλιμακωμένο τρόπο για κάθε πελάτη, ξεκινώντας από 30% και φθάνοντας μέχρι το όριο των παροχέων (80%).

```
for {set i 0} {$i < $clientnum } {incr i} {  
  set threshold($i) [expr {0.3+0.02*$i}]  
  if {$threshold($i) > $acceptance_perc} {  
    set threshold($i) [expr {$acceptance_perc-0.05}]  
  }  
  puts "$threshold($i)"  
}
```

Έτσι ο αλγόριθμος αποδοχής κλήσεων αφού υπολογίσει τη συνολική ρυθμοαπόδοση του παροχέα αποφασίζει ως εξής:

- Στην περίπτωση που η συνολική ρυθμοαπόδοση είναι κάτω από το 80% του μέγιστου εύρους ζώνης (όριο παροχέων) και κάτω από το προσωπικό όριο του πελάτη που περιμένει να δει αν θα γίνει αποδεκτή η κλήση του, τότε αυτή η κλήση γίνεται αποδεκτή και μέσω της συνάρτησης `start_session` ξεκινάει η νέα ροή κίνησης.
- Στην περίπτωση που η συνολική ρυθμοαπόδοση είναι κάτω από το 80% του μέγιστου εύρους ζώνης (όριο παροχέων) και πάνω από το προσωπικό όριο του πελάτη, τότε ο πελάτης φεύγει οικειοθελώς.
- Στην περίπτωση που η συνολική ρυθμοαπόδοση είναι πάνω από το 80% του μέγιστου εύρους ζώνης, τότε ο παροχέας διώχνει τον πελάτη.

Όταν ένας πελάτης φύγει οικειοθελώς ή τον διώξει ο παροχέας, καλείται η συνάρτηση `Change_Provider` που αναφέραμε παραπάνω. Όσον αφορά την επιλογή του νέου παροχέα για τον πελάτη αυτόν, θα εφαρμόσουμε τέσσερα διαφορετικά σενάρια τα οποία θα αναλύσουμε στην ενότητα 5.3.

```

proc Admission_Control {clocktimer type connection flow provider} {

global ns packetsize clientnum window cbrnum cbr ftp avcon con_start providernum
sp_selection acceptance_perc max_band synt3 synt4 con_stop threshold

"-----"
puts "ADMISSION CONTROL - CLOCK IS $clocktimer"
puts "-----"

#retrieve stats for all ongoing sessions
set thr($provider) [Find_thr $clocktimer $provider 1 0

if { $thr($provider) <= $acceptance_perc*$max_band && $thr($provider) <=
$threshold($flow)*$max_band } {
#puts " the call is accepted"
start_session $clocktimer $connection $flow $provider

} elseif { $thr($provider) <= $acceptance_perc*$max_band && $thr($provider) >
$threshold($flow)*$max_band } {
#puts " o pelaths feygei oikeiothelws"
} else {
#puts "diwxnei o provider ton pelath"

```

Τον έλεγχο αποδοχής κλήσεων τον εφαρμόζουμε θεωρητικά για κάθε νέα κλήση που προκύπτει. Παρ' όλα αυτά, στην αρχή της προσομοίωσης δεν υπάρχει σοβαρός λόγος να γίνει αυτός ο έλεγχος γιατί υπάρχει απειροελάχιστη πιθανότητα να προκύψει συμφόρηση και έλλειψη διαθέσιμων πόρων σε κάποιον παροχέα. Γι' αυτόν τον λόγο δημιουργούμε τη συνάρτηση call_admission_control η οποία στην περίπτωση που υπάρξει νέα αίτηση για κλήση πριν από μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή που την έχουμε ορίσει με την μεταβλητή window (στην προσομοίωση μας η τιμή window ισούται με 20), τότε

ενεργοποιείται η συνάρτηση `start_session` και γίνεται κατευθείαν αποδεκτή η νέα κλήση χωρίς να μεσολαβήσει έλεγχος ενώ στην περίπτωση που υπάρξει νέα αίτηση για κλήση κάποια χρονική στιγμή πέραν της χρονικής στιγμής `window`, τότε καλείται η συνάρτηση `Admission_Control` και ο έλεγχος θα αποφασίσει αν θα γίνει δεκτή η κλήση από τον ήδη υπάρχοντα παροχέα ή αν θα μεταφερθεί σε άλλον.

```
set window 20
proc call_admission_control {start connection provider type flow} {
    global window
    if {$start < $window} {
        start_session $start $connection $flow $provider
    } else {
        Admission_Control $start $type $connection $flow $provider
    }
}
```

Το τελευταίο βήμα όσον αφορά τον έλεγχο αποδοχής κλήσεων είναι να τον εφαρμόσουμε σε όλους τους πελάτες της προσομοίωσης μας. Έχοντας προσδιορίσει από πριν τις χρονικές στιγμές έναρξης και λήξης της κλήσης για κάθε πελάτη (`con_start` και `con_stop` αντίστοιχα), ορίζουμε τόσο για τους πελάτες που χρησιμοποιούν `udp` σύνδεση όσο και για τους πελάτες που χρησιμοποιούν `tcp` σύνδεση να καλείται η συνάρτηση `call_admission_control` (η οποία θα αποφασίζει αν θα γίνει κατευθείαν αποδεκτή η κλήση ή αν θα γίνει κλήση της `Admission_Control` για έλεγχο) τη χρονική στιγμή που αρχίζει η κλήση και να καλείται η συνάρτηση `stop_session` τη χρονική στιγμή που λήγει η κλήση.

```
#ρυθμισεις αποστολης δεδομενων cbr
for {set i 0} {$i < $cbrnum} {incr i} {
    $ns at $con_start($i) "call_admission_control $con_start($i) $connection($i)
    $sp_selection($i) 0 $i"
    $ns at $con_stop($i) "stop_session $connection($i) $i"
```



```

}
#ρυθμισεις αποστολης δεδομενων tcp
for {set i $cbrnum} {$i < $clientnum} {incr i} {
    $ns at $con_start($i) "call_admission_control $con_start($i) $connection($i)
    $sp_selection($i) 1 $i"
    $ns at $con_stop($i) "stop_session $connection($i) $i"
}

```

5.2.5 ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ

Εκτός από τον έλεγχο αποδοχής κλήσεων, ο οποίος γίνεται όταν ξεκινάει μία νέα αίτηση ροής κίνησης, είναι καλό για την ποιότητα του δικτύου να υπάρχει ένας περιοδικός έλεγχος ο οποίος θα εξετάζει τους διαθέσιμους πόρους του δικτύου και θα αποφασίζει αν θα καλύψει την κλήση ο τρέχων παροχέας ή κάποιος άλλος που έχει περισσότερους πόρους. Αυτή τη λειτουργία εξυπηρετεί ο έλεγχος φορτίου και υλοποιείται, όπως και ο έλεγχος αποδοχής κλήσεων, μέσω δύο συναρτήσεων. Αυτές οι δύο συναρτήσεις είναι η Find_load_thr και η Load_Control που θα τις αναλύσουμε παρακάτω.

Η Find_load_thr ουσιαστικά κάνει παρόμοια δουλειά με την Find_thr στον αλγόριθμο αποδοχής κλήσεων. Πιο συγκεκριμένα, η Find_load_thr κάνει τις εξής λειτουργίες : ψάχνει για τον παροχέα που έχουμε βάλει στο όρισμα της τους πελάτες που έχουν ενεργή σύνδεση μαζί του, μέσω των συναρτήσεων Callawk και Readfile αποθηκεύονται σε έναν πίνακα v τα ποσοτικά μεγέθη που προαναφέραμε στον έλεγχο αποδοχής κλήσεων και επειδή το τρίτο στοιχείο αυτού του πίνακα είναι η ρυθμοαπόδοση ($v(2)$) βρίσκουμε τη συνολική ρυθμοαπόδοση του παροχέα. Μία επιπλέον λειτουργία της συνάρτησης αυτής είναι ότι βρίσκει ανάμεσα σε όλους τους ενεργούς πελάτες του παροχέα τον πελάτη με τη μεγαλύτερη ρυθμοαπόδοση. Η συνολική ρυθμοαπόδοση του παροχέα και ο αριθμός του πελάτη με τη μεγαλύτερη ατομική ρυθμοαπόδοση

αποθηκεύονται στον πίνακα response και κάθε φορά που γίνεται η κλήση της Find_load_thr επιστρέφεται αυτός ο πίνακας.

```
proc Find_thr_load {clocktimer provider x choice } {
    global clientnum cbrnum avcon sp_selection con_start providernum
    set max_thr_customer -1
    set max_thr 0
    for {set i 0} {$i < $clientnum} {incr i} {
        if {$avcon($i) == 1 && $sp_selection($i) == $provider &&
            $con_start($i)<$clocktimer} {

            puts "-----"
            puts "CHECKING SESSION $i (PROVIDER IS $provider) ..."
            puts "-----"

            #call awk
            set writefile [Callawk $clocktimer i $provider $choice 0 ]
            puts $writefile

            #read file created by awk and return 4 values
            array set v [ReadFile i $provider $choice 0]
            if {$v(2) > $max_thr} {
                set max_thr $v(2)
                set max_thr_customer $i
            }
            set t($provider,1) [expr {$t($provider,1)+$v(2)}]
        }
    }
    set response(0) $t($provider,$x)
    set response(1) $max_thr_customer
    array get response
}
```

Η συνάρτηση Load_Control είναι η βασική συνάρτηση ελέγχου φορτίου, καλείται περιοδικά και εφαρμόζει έλεγχο σε όλους τους παροχείς (στον έλεγχο αποδοχής

κλήσεων γινόταν έλεγχος μόνο στον παροχέα που επρόκειτο να καλύψει την νέα κλήση). Πιο συγκεκριμένα, η Load_Control υπολογίζει για όλους τους παροχείς τη συνολική ρυθμοαπόδοση τους και τον ενεργό πελάτη τους που έχει τη μεγαλύτερη ρυθμοαπόδοση μέσω της συνάρτησης Find_load_thr. Έχοντας προαποφασίσει ένα όριο για τον έλεγχο φορτίου με την μεταβλητή load_perc (στην προσομοίωση μας το όριο αυτό είναι 90%) , ο αλγόριθμος ελέγχου φορτίου λαμβάνει τις εξής αποφάσεις :

- Αν η συνολική ρυθμοαπόδοση του παροχέα είναι κάτω από το όριο του μέγιστου εύρους ζώνης, τότε δεν γίνεται καμία αλλαγή και συνεχίζονται όλες οι ενεργές συνδέσεις του παροχέα κανονικά.
- Αν η συνολική ρυθμοαπόδοση του παροχέα είναι πάνω από το όριο του μέγιστου εύρους ζώνης, τότε μέσω της συνάρτησης Change_Provider ο πελάτης με τη μεγαλύτερη ρυθμοαπόδοση αλλάζει παροχέα.

Όσον αφορά το που θα πάει ο πελάτης σε περίπτωση αλλαγής, θα εξετάσουμε στην ενότητα 5.3 τέσσερα διαφορετικά σενάρια.

```

set load_perc 0.90

proc Load_Control {clocktimer } {
    global ns packetsize clientnum load_perc window cbrnum cbr ftp avcon con_start threshold
    providernum sp_selection acceptance_perc max_band synt3 synt4 con_stop

    for {set j 0} {$j < $providernum} {incr j} {
        puts "-----"
        puts "LOAD CONTROL FOR PROVIDER $j - CLOCK IS $clocktimer"
        puts "-----"
        array set response [Find_thr_load $clocktimer $j 1 1]
        set load_thr($j) $response(0)
        set maxclient $response(1)
        # puts "Total Throughput of provider $j is $load_thr($j)"
    }
    for {set k 0} {$k < $providernum} {incr k}

```

```
if { $load_thr($k)<$load_perc*$max_band } {
  puts "Provider $k is OK"
} else
#tha ginei allagh tou pelath me to max throughput
```

Το μόνο που μας μένει όσον αφορά τον έλεγχο φορτίου είναι να εξασφαλίσουμε την περιοδικότητα του ελέγχου αυτού. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της συνάρτησης load_control η οποία έχει ως σκοπό της να καλεί τη συνάρτηση ελέγχου Load_Control με μία περίοδο ίση με τη μεταβλητή window (στην προσομοίωση μας η μεταβλητή αυτή ισούται με 20).

```
# Recursive call
proc load_control { } {
  global ns trfd namfd window
  #Get the current time
  set now [$ns now]
  #initiate load control
  Load_Control $now
  #Re-schedule the procedure
  $ns at [expr $now+$window] "load_control"
}
```

5.2.6 ΕΥΡΕΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΠΕΛΑΤΗ-ΑΠΟΛΑΒΗΣ ΠΑΡΟΧΕΑ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΟΙΝΩΝ

Μία πρόσθετη λειτουργία που εισάγουμε είναι η εύρεση του κόστους που οφείλει ο πελάτης. Το κόστος αυτό υπολογίζεται στο τέλος της προσομοίωσης και είναι ανάλογο των πακέτων που έχουν ληφθεί κατά τη διάρκεια της σύνδεσης. Πρώτα απ' όλα,

ορίζουμε κάθε παροχέας να έχει μία διαφορετική χρέωση ανά πακέτο και τα νούμερα αυτά τα τοποθετούμε στον πίνακα cost.

```
set cost(0) 0.0001
set cost(1) 0.0002
set cost(2) 0.00015
```

Στη συνέχεια, υλοποιούμε τη συνάρτηση Find_Cost η οποία για έναν συγκεκριμένο πελάτη διαβάζει τα στατιστικά του από το αρχείο καταγραφής συμβάντων, αποθηκεύει τα ποσοτικά μεγέθη που υπολογίζονται σε έναν πίνακα v και πολλαπλασιάζει τον συνολικό αριθμό των πακέτων (είναι το πέμπτο στοιχείο του πίνακα v) με τη χρέωση ανά πακέτο. Επειδή ενδέχεται ένας πελάτης να έχει αλλάξει παροχέα, γίνεται έλεγχος σε όλους τους παροχείς αν έχουν ανταλλάξει πακέτα με τον πελάτη και ο συνολικός αριθμός πολλαπλασιάζεται με ανάλογη χρέωση ανά πακέτο.

```
proc Find_Cost {customer} {
  global clientnum providernum cost simduration
  set overall_cost 0
  for {set i 0} {$i < $providernum } {incr i} {
    set writefile [Callawk_Stat customer $i 0 $simduration]
    array set v [ReadFile_Stat customer $i]
    set overall_cost [expr {$overall_cost+$cost($i)*$v(4)}]
    puts "Client $customer sent $v(4) packets to provider $i"
  }
  puts "Overall cost of Customer $customer = $overall_cost"
}
for {set i 0} {$i < $clientnum } {incr i} {
  Find_Cost $i
}
```

Επίσης, στο τέλος της προσομοίωσης υλοποιούμε τη συνάρτηση Find_Revenue προκειμένου να βρούμε τις συνολικές απολαβές του κάθε παροχέα. Πιο συγκεκριμένα, η

συνάρτηση αυτή κάνει ακριβώς την ίδια δουλειά με την Find_Cost μόνο που αυτή τη φορά έχουμε έναν συγκεκριμένο παροχέα και ελέγχονται όλοι οι πελάτες για τυχόν ανταλλαγή πακέτων.

```
proc Find_Revenue {provider} {
    global clientnum providernum cost simduration
    set overall_revenue 0
    for {set i 0} {$i < $clientnum} {incr i} {
        set writefile [Callawk_Stat i $provider 0 $simduration]
        array set v [ReadFile_Stat i $provider]
        set overall_revenue [expr {$overall_revenue+$cost($provider)*$v(4)}]
        puts "Provider $provider received $v(4) packets from customer $i"
    }
    puts "Overall revenue of Provider $provider = $overall_revenue"
}
for {set i 0} {$i < $providernum} {incr i} {
    Find_Revenue $i
}
```

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι συναρτήσεις Callawk_Stat και Readfile_Stat που υπάρχουν στους παραπάνω κώδικες κάνουν ακριβώς την ίδια δουλειά με τις Callawk και Readfile που έχουμε προαναφέρει.

Μία πρόσθετη λειτουργία που εισάγουμε είναι η υλοποίηση ποινών σε αυτούς τους πελάτες που εγκαταλείπουν οικειοθελώς τη σύνδεση τους με τον παροχέα. Γι' αυτό το σκοπό αρχικά φτιάχνουμε έναν δισδιάστατο πίνακα penalties και ορίζουμε την μεταβλητή penalty η οποία θα ισούται με την ποινή που θα προστίθεται στη χρέωση του πελάτη. Όλα τα στοιχεία αυτού του πίνακα αρχικοποιούνται στην τιμή 0.

Κατόπιν, προσθέτουμε στην Change_Provider ένα όρισμα που το ονομάζουμε choice και όταν θα παίρνει την τιμή 1 η τιμή του αντίστοιχου στοιχείου θα προστίθεται με την τιμή penalty, ενώ όταν θα παίρνει την τιμή 0 δεν θα προστίθεται penalty. Με άλλα λόγια, κατά τη διαδικασία του ελέγχου αποδοχής κλήσεων, όταν θα γίνεται αλλαγή

παροχέα με οικειοθελή αποχώρηση του πελάτη, θα καλέσουμε την Change_Provider τοποθετώντας σαν όρισμα την τιμή 1 και σε όλες τις άλλες περιπτώσεις και καλούμε την Change_Provider με όρισμα choice ίσο με 0.

```
if {$choice==1} {  
    set penalties($i,$currentprovider) [expr {$penalties($i,$currentprovider) +$penalty}]  
}
```

Τέλος, υλοποιούμε μία συνάρτηση με όνομα Calculate_penalty η οποία καλείται στο τέλος της προσομοίωσης και ουσιαστικά διαβάξει όλα τα στοιχεία του πίνακα penalties και υπολογίζει για κάθε πελάτη και για κάθε παροχέα τις συνολικές ποινές που οφείλουν και που λαμβάνουν αντίστοιχα.

```
proc Calculate_penalty {} {  
    global clientnum providernum penalties penalty  
    for {set i 0} {$i < $clientnum } {incr i} {  
        set overallclient($i) 0  
    }  
    for {set j 0} {$j < $providernum } {incr j} {  
        set overallprovider($j) 0  
    }  
    puts "*****"  
    puts "    PENALTIES"  
    puts "*****"  
    for {set i 0} {$i < $clientnum } {incr i} {  
        for {set j 0} {$j < $providernum } {incr j} {  
            if {$penalties($i,$j)!=0 } {  
                set overallclient($i) [expr {$overallclient($i) +$penalty}]  
            }  
        }  
        puts "O client $i plirwnei synolika $overallclient($i) apo penalties"  
    }  
}
```

```

for {set j 0} {$j < $providernum } {incr j} {
  for {set i 0} {$i < $clientnum } {incr i} {
    if {$penalties($i,$j)!=0 } {
      set overallprovider($j) [expr {$overallprovider($j) +$penalty}]
    }
  }
}
puts "Ο provider $j eisprattei synolika $overallprovider($j) apo penalties"

```

5.2.7 ΕΥΡΕΣΗ ΜΕΣΩΝ ΤΙΜΩΝ

Κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης μας προσπαθήσαμε να εξάγουμε ορισμένα στατιστικά στοιχεία προκειμένου να μελετήσουμε την αποδοτικότητα των διαφόρων σεναρίων που αναλύουμε στην ενότητα 5.3. Για τον λόγο αυτό δημιουργήσαμε τη συνάρτηση Mean_Values, η οποία υπολογίζει μέσω των προσαρμοσμένων συναρτήσεων Callawk_Stat και Readfile_Stat (κάνουν ακριβώς την ίδια δουλειά με τις Callawk και Readfile, μόνο που μελετούν τη ροή των πακέτων ανά ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα) τις μέσες τιμές των μεγεθών που μας ενδιαφέρουν (καθυστέρηση πακέτων, «τρεμούλιασμα», ρυθμοαπόδοση, ποσοστό απολεσθέντων πακέτων) και επιστρέφει τα αποτελέσματα αυτά ξεχωριστά για τις cbr και τις tcp συνδέσεις. Αξίζει να σημειωθεί ότι με την μεταβλητή time καθορίσαμε το παράθυρο μέτρησης, δηλαδή καθορίσαμε την διεξαγωγή μετρήσεων σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές προκαθορισμένης περιοδικότητας. Στην προσομοίωση μας η περιοδική διεξαγωγή των μετρήσεων μας (άρα και η τιμή της μεταβλητής time) καθορίστηκε στα πενήντα δευτερόλεπτα.

```

proc Mean_Values {choice provider} {
  global cbrnum tcpnum clientnum providernum simduration
  set start 0
  set time 50
  set temp [expr {$simduration-$time}]

```



```

set param(0) "Delay"
set param(1) "Jitter"
set param(2) "Throughput"
set param(3) "Loss"
#two different service types
if {$choice == 0} {
    set servicetype 0
        set packetsize 120
        set message "CBR"
        set first 0
        set last $cbrnum
} else {
    set servicetype 1
        set packetsize 512
        set message "TCP"
        set first $cbrnum
        set last [expr {$cbrnum + $tcpnum}]
}
while {$start <= $temp} {
    set counter 0
    for {set i 0} {$i < 4} {incr i} {
        set mean($i) 0
    }
    for {set i $first} {$i < $last} {incr i} {
        set writefile [Callawk_Stat i $provider $start $time]
        array set v [ReadFile_Stat i $provider]
        for {set j 0} {$j < 4} {incr j} {
            if {$v(4)>0} {
                set mean($j) [expr {$mean($j)+$v($j)}]
            }
        }
    }
    if {$v(4)>0} {
        set counter [expr {$counter+1}]
    }
}

```

```

    }
  }
  set end [expr {$start + $time}]
  for {set j 0} {$j < 4} {incr j} {
    set mean($j) [expr {$mean($j)/$counter}]
    puts "$start - $end sec : Mean $param($j) for $message connections is
$mean($j)"
  }
  set start [expr {$start + $time}]
}
}
for {set i 0} {$i < $providernum} {incr i} {
  Mean_Values 0 $i
  Mean_Values 1 $i
}

```

5.3 ΠΙΘΑΝΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΑΛΛΑΓΗΣ ΠΑΡΟΧΕΑΣ

Στην προσομοίωση μας εφαρμόσαμε μία αλλαγή στον παροχέα ενός πελάτη στην περίπτωση που οι δεσμευμένοι πόροι του δικτύου είναι πάνω από ένα όριο όπου ο παροχέας ουσιαστικά διώχνει τον πελάτη, και στη περίπτωση που οι δεσμευμένοι πόροι του δικτύου είναι πάνω από το προσωπικό όριο ανοχής του πελάτη. Παρ' όλα αυτά δεν έχουμε διευκρινίσει το ποιος θα είναι ο νέος παροχέας αυτού του πελάτη. Γι' αυτό το σκοπό έχουμε δημιουργήσει τέσσερα πιθανά σενάρια τα οποία παραθέτουμε παρακάτω.

5.3.1 ΣΕΝΑΡΙΟ 1

Το πρώτο σενάριο για την επιλογή του νέου παροχέα λαμβάνει υπόψη του την τοπολογία του δικτύου. Πιο συγκεκριμένα, στην περίπτωση που γίνεται αλλαγή παροχέα, επιλέγουμε ο πελάτης να πηγαίνει στον νέο παροχέα που βρίσκεται στην ελάχιστη απόσταση από τον τρέχοντα παροχέα.

Άρα, στην Admission_Control στην περίπτωση που ο πελάτης φεύγει οικειοθελώς, βρίσκουμε για τον τρέχοντα παροχέα την απόσταση του από τους άλλους παροχείς και την καταχωρούμε στον πίνακα dist1, μέσω της συνάρτησης Find_Min1 βρίσκουμε τον παροχέα που βρίσκεται πιο κοντά στον τρέχοντα παροχέα και τον καταχωρούμε στη μεταβλητή minprovider και τέλος καλούμε την Change_Provider με ορίσματα τη χρονική στιγμή που βρισκόμαστε, τον πελάτη που εξετάζουμε(flow), τον τρέχοντα παροχέα, τον νέο παροχέα και τιμή choice ίση με 1 γιατί ο πελάτης φεύγει οικειοθελώς και πρέπει να προστεθεί ποινή. Στην περίπτωση που ο παροχέας αποφασίζει να διώξει τον πελάτη, κάνουμε ακριβώς την ίδια διαδικασία με μοναδική εξαίρεση στην κλήση της Change_Provider η τιμή choice γίνεται ίση με 0.

```
elseif { $thr($provider) <= $acceptance_perc*$max_band && $thr($provider) >
$threshold($flow)*$max_band } {
    #puts "o pelaths feygei oikeiothelws"
    for {set k 0} {$k < $providernum} {incr k} {
set dist1($k) [expr {sqrt(pow($synt3($provider)-$synt3($k),2) + pow($synt4($provider)-
$synt4($k),2))}]
    }
set minprovider [Find_Min1 dist1 $providernum]
puts "kontinoteros provider ----->>>>>>> $minprovider"
Change_Provider $clocktimer $flow $provider $minprovider 1
} else {
    #puts "diwxnei o provider ton pelath"
    for {set k 0} {$k < $providernum} {incr k}
```

```

set dist1($k) [expr {sqrt(pow($synt3($provider)-$synt3($k),2) + pow($synt4($provider)-
$synt4($k),2))}]
}
set minprovider [Find_Min1 dist1 $providernum]
puts "kontinoteros provider ----->>>>>>>>> $minprovider"
Change_Provider $clocktimer $flow $provider $minprovider 0

```

Όσον αφορά τον έλεγχο φορτίου, η λογική είναι ακριβώς η ίδια μόνο που στην περίπτωση αυτή η κλήση της Change_Provider γίνεται πάντα με τιμή choice ίση με το 0 γιατί στον έλεγχο φορτίου μόνο ο παροχέας αποφασίζει διώξει τον πελάτη. Σε περίπτωση που η ρυθμοαπόδοση είναι πάνω από το όριο, τότε ο παροχέας διώχνει τον πελάτη με τη μεγαλύτερη ρυθμοαπόδοση.

```

for {set j 0} {$j < $providernum} {incr j} {
    array set response [Find_thr_load $clocktimer $j 1 1]
    set load_thr($j) $response(0)
    set maxclient $response(1)
}
for {set k 0} {$k < $providernum} {incr k} {
    if {$load_thr($k)<$load_perc*$max_band} {
        puts "Provider $k is OK"
    } else {
        for {set l 0} {$l < $providernum} {incr l} {
            set dist1($l) [expr {sqrt(pow($synt3($l)-$synt3($k),2) + pow($synt4($l)-$synt4($k),2))}]
        }
        set minprovider [Find_Min1 dist1 $providernum]
        puts "kontinoteros provider ----->>>>>>>>> $minprovider"
    }
}
Change_Provider $clocktimer $maxclient $k $minprovider 0

```

5.3.2 ΣΕΝΑΡΙΟ 2

Στο δεύτερο πιθανό σενάριο αλλαγής παροχέα, θα επιλέξουμε σε περίπτωση που ο πελάτης πρέπει να αλλάξει παροχέα να μεταφέρεται σε αυτόν που έχει τη μικρότερη ρυθμοαπόδοση εκείνη τη χρονική στιγμή. Το σενάριο αυτό δίνει μία πιο ουσιαστική λύση στην επιλογή του κατάλληλου παροχέα καθώς λαμβάνει υπόψη του τους διαθέσιμους πόρους κάθε παροχέα και επιλέγει αυτόν με τις περισσότερες πιθανότητες να μπορεί να καλύψει την νέα κλήση. Το σενάριο αυτό θα το εφαρμόσουμε τόσο στον έλεγχο αποδοχής κλήσεων όσο και στον έλεγχο φορτίου.

Όσον αφορά τον έλεγχο αποδοχής κλήσεων, επιλέγουμε στην περίπτωση που ο πελάτης φεύγει οικειοθελώς να υπολογίζεται μέσω της συνάρτησης Find_thr η συνολική ρυθμοαπόδοση των παροχέων πλην του τρέχοντος, να υπολογίζεται μέσω της συνάρτησης Find_Min2 ο παροχέας πλην του τρέχοντος με τη μικρότερη ρυθμοαπόδοση τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή και να αποθηκεύεται στη μεταβλητή min_throughput και να καλείται η συνάρτηση Change_Provider προκειμένου να γίνει η αλλαγή στον παροχέα με τη μικρότερη ρυθμοαπόδοση και σαν όρισμα choice βάζουμε την τιμή 1 γιατί ο πελάτης πρέπει να πληρώσει πρόστιμο. Στην περίπτωση που ο παροχέας διώχνει τον πελάτη, τότε εφαρμόζεται η ίδια ακριβώς διαδικασία μόνο που στην κλήση της συνάρτησης Change_Provider η τιμή στο όρισμα choice παίρνει την τιμή 0 γιατί ο πελάτης δεν οφείλει κάποιο πρόστιμο.

```
set spy $provider
  elseif { $thr($provider) <= $acceptance_perc*$max_band && $thr($provider) >
$threshold($flow)*$max_band } {
  puts " o pelaths feygei oikeiothelws"
  for {set k 0} {$k < $providernum} {incr k} {
    if {$k !=$provider} {
      puts "checking other providers----->>>>>>>>NOW checking provider $k"
      set thr($k) [Find_thr $clocktimer $k 1 0]
    }
  }
}
```

```

set min_throughput [Find_Min2 thr $spy $providernum]
puts "provider me elaxisto throughput---->>>> $min_throughput"
Change_Provider $clocktimer $flow $provider $min_throughput 1
} else {
puts "diwnei o provider ton pelath"
for {set k 0} {$k < $providernum} {incr k} {
  if {$k !=$provider} {
puts "checking other providers----->>>>>>>>>>>>NOW checking provider $k"
set thr($k) [Find_thr $clocktimer $k 1 0]
  }
}
set min_throughput [Find_Min2 thr $spy $providernum]
puts "provider me elaxisto throughput---->>>> $min_throughput"
Change_Provider $clocktimer $flow $provider $min_throughput 0
}

```

Όσον αφορά τον έλεγχο φορτίου, εκτελούμε την ίδια διαδικασία με τον έλεγχο αποδοχής κλήσεων, μόνο που η τιμή του ορίσματος choice είναι πάντα 0 και χρησιμοποιούμε τη συνάρτηση Find_Min3 για την εύρεση του παροχέα με την ελάχιστη ρυθμοαπόδοση αποθηκεύοντας τον στην μεταβλητή min_load. Ο πελάτης που αλλάζει παροχέα είναι αυτός με την μεγαλύτερη ατομική ρυθμοαπόδοση όπως και στο σενάριο 1. Σημειώνουμε ότι χρησιμοποιούμε τη συνάρτηση Find_thr για τον υπολογισμό της συνολικής ρυθμοαπόδοσης των άλλων παροχέων καθώς η χρήση της Find_load_thr επιστρέφει και τον πελάτη με την μεγαλύτερη ρυθμοαπόδοση και σε αυτή τη φάση δεν μας ενδιαφέρει αυτό το μέγεθος.

```

for {set j 0} {$j < $providernum} {incr j} {
  array set response [Find_thr_load $clocktimer $j 1 1]
  set load_thr($j) $response(0)
  set maxclient $response(1)
}
for {set k 0} {$k < $providernum} {incr k} {

```

```

    if { $load_thr($k) < $load_perc * $max_band } {
        puts "Provider $k is OK"
    } else {
        set min_load [Find_Min3 load_thr $k $providernum]
        puts "provider me elaxisto throughput---->>>> $min_load"
        Change_Provider $clocktimer $maxclient $k $min_load 0
    }
}
}

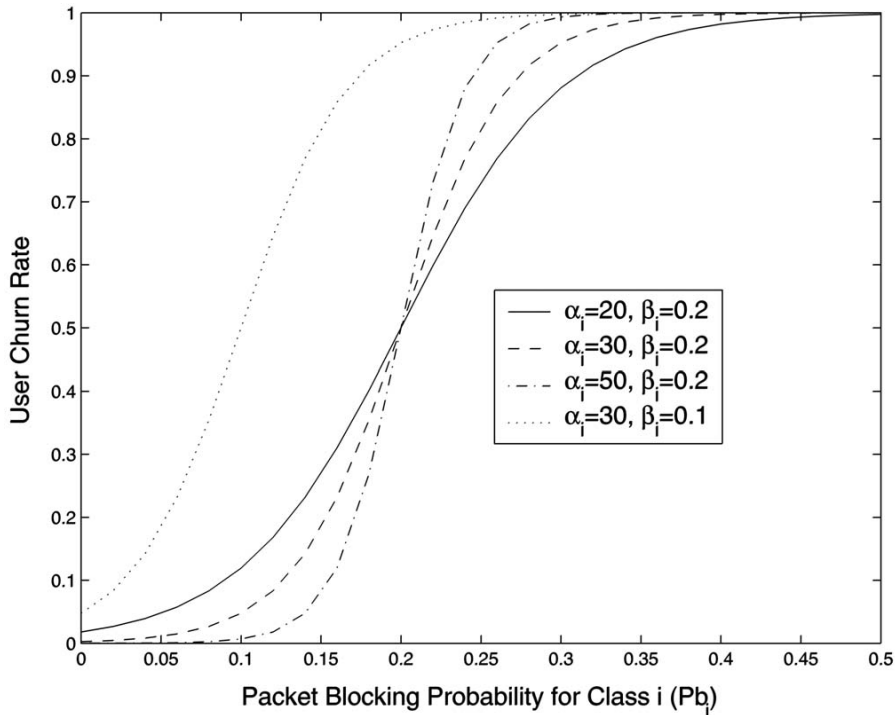
```

5.3.3 ΣΕΝΑΡΙΟ 3

Σε αυτό το πιθανό σενάριο αλλαγής παροχέα θα χρησιμοποιήσουμε τα αποτελέσματα της συνάρτησης sigmoid[3]. Η συνάρτηση sigmoid βασίζεται στην πιθανότητα αποκλεισμού πακέτου και δίνεται από τον τύπο:

$$R_i(Pb_i) = \frac{1}{1 + e^{a_i(b_i - Pb_i)}} \quad (5.1)$$

όπου Pb_i είναι η πιθανότητα αποκλεισμού πακέτου, R_i είναι ο ρυθμός μη ικανοποίησης του πελάτη, a_i είναι η ευαισθησία του πελάτη που ανήκει σε μία κλάση i στην αλλαγή της ποιότητας υπηρεσίας και b_i είναι η «αναμενόμενη» πιθανότητα αποκλεισμού πακέτου για τον πελάτη που ανήκει στην κλάση i . Το ακόλουθο γράφημα δείχνει πως μεταβάλλεται η sigmoid συνάρτηση για διαφορετικά a_i και b_i [3][4].



ΣΧΗΜΑ 5.1 - Η SIGMOID ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΣΕ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΤΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ ΠΑΚΕΤΟΥ

Η συνάρτηση sigmoid δέχεται ως όρισμα έναν πίνακα και στην προσομοίωση μας ο πίνακας αυτός θα είναι ο πίνακας v που δημιουργείται από την κλήση των συναρτήσεων Callawk και Readfile. Όταν γίνει κλήση της sigmoid με όρισμα τον παραπάνω πίνακα v , τότε η συνάρτηση λαμβάνει υπόψη της το τέταρτο στοιχείο του πίνακα που αντιπροσωπεύει το ποσοστό απώλειας πακέτων ($v(3)$) και κάνοντας κάποιους υπολογισμούς, μας επιστρέφει ένα ποσοστό απόδοσης επί τοις εκατό.

```

proc sigmoid {v} {
    upvar $v window
    set window(3) [expr {$window(3)/100}]
    set a 20
    set b 0.2
    set utility [expr {-a*($b-$window(3))}]
    set utility [expr {1/(1+exp($utility))}]
    set utility [expr {100*$utility}]
    puts "SIGMOID UTILITY = $utility %"
}

```



```
return $utility
}
```

Για να εκμεταλλευτούμε τη συνάρτηση sigmoid, θα υπολογίζουμε για έναν συγκεκριμένο παροχέα τον μέσο όρο του ποσοστού απώλειας πακέτου των ενεργών πελατών του και θα τον αποθηκεύουμε στη μεταβλητή $m(3)$ και στη συνέχεια θα εφαρμόζουμε τη συνάρτηση sigmoid στη παραπάνω μεταβλητή για να βρούμε τον μέσο όρο της απόδοσης των ενεργών πελατών του παροχέα. Όλη αυτή η διαδικασία θα γίνεται κατά τη διάρκεια της κλήσης της συνάρτησης Find_thr βάζοντας όμως τώρα σαν τιμή του ορίσματος της x την τιμή 2.

```
proc Find_thr {clocktimer provider x choice } {
  set counter 0
  if {$savcon($i) == 1 && $sp_selection($i) == $provider && $con_start($i) < $clocktimer} {
    set counter [expr {$counter+1}]
    set s($provider) [expr {$s($provider)+$v(3)}]
    set m(3) [expr {$s($provider)/$counter}]
  }
  set t($provider,2) [sigmoid m]
  return $t($provider,$x)
}
```

Όταν θέλουμε να εφαρμόσουμε το παραπάνω σενάριο στον έλεγχο αποδοχής κλήσεων, στην περίπτωση που ο πελάτης φεύγει οικειοθελώς εφαρμόζουμε τη συνάρτηση Find_thr με όρισμα x ίσο με 2 σε όλους τους παροχείς εκτός του τρέχοντος παροχέα έτσι ώστε να βρούμε τον μέσο όρο της απόδοσης των ενεργών πελατών τους μέσω της συνάρτησης sigmoid, μέσω της συνάρτησης Find_Max (είναι ίδια με την Find_Min που παρουσιάσαμε παραπάνω αλλά με αντίθετες ανισότητες), βρίσκουμε τον παροχέα με την μέγιστη απόδοση χωρίς να συμπεριλαμβάνουμε τον τρέχοντα και αποθηκεύουμε τον αριθμό του στη μεταβλητή max_pkloss και τέλος καλούμε τη συνάρτηση Change_Provider με όρισμα choice ίσο με 1 και όρισμα newprovider τον

παροχέα max_pkloss. Εκτελούμε την ίδια διαδικασία και στην περίπτωση που ο παροχέας διώχνει τον πελάτη αλλάζοντας το όρισμα choice της Change_Provider σε 0.

```
set spy $provider
elseif { $thr($provider) <= $acceptance_perc*$max_band && $thr($provider) >
$threshold($flow)*$max_band} {
  puts "o pelaths feygei oikeiothelws"
  for {set k 0} {$k < $providernum} {incr k} {
    if {$k !=$provider} {
      puts "checking other providers----->>>>>>>NOW checking provider $k"
      set thr($k) [Find_thr $clocktimer $k 2 0]
    }
  }
  set max_pkloss [Find_Max thr $spy $providernum]
  puts "provider me megisto SIGMOID UTILITY---->>>> $max_pkloss"
  Change_Provider $clocktimer $flow $provider $max_pkloss 1
} else {
  puts "diwnei o provider ton pelath"
  for {set k 0} {$k < $providernum} {incr k} {
    if {$k !=$provider} {
      puts "checking other providers----->>>>>>>NOW checking provider $k"
      set thr($k) [Find_thr $clocktimer $k 2 0]
    }
  }
  set max_pkloss [Find_Max thr $spy $providernum]
  puts "provider me megisto SIGMOID UTILITY---->>>> $max_pkloss"
  Change_Provider $clocktimer $flow $provider $max_pkloss 0
}
```

Στον έλεγχο φορτίου εφαρμόζουμε το ίδιο σενάριο, δηλαδή σε περίπτωση που η συνολική ρυθμοαπόδοση βρεθεί πάνω από το επιτρεπόμενο όριο εφαρμόζουμε τη συνάρτηση Find_thr με όρισμα x ίσο με 2 για να βρούμε τη sigmoid απόδοση των

υπόλοιπων παροχέων και αποθηκεύουμε τα αποτελέσματα στον πίνακα loss, χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση Find_Max3 (ελαφρώς παραλλαγμένη σε σχέση με τη Find_Max) βρίσκουμε τον παροχέα με τη μεγαλύτερη sigmoid απόδοση, αποθηκεύουμε τον αριθμό του στη μεταβλητή max_sig και μέσω της συνάρτησης Change_Provider ο πελάτης με τη μεγαλύτερη ατομική ρυθμοαπόδοση μεταφέρεται στον παροχέα με τη μεγαλύτερη απόδοση.

```

for {set j 0} {$j < $providernum} {incr j} {
  array set response [Find_thr_load $clocktimer $j 1 1]
  set load_thr($j) $response(0)
  set maxclient $response(1)
for {set k 0} {$k < $providernum} {incr k} {
  if {$load_thr($k)<$load_perc*$max_band} {
    puts "everything for provider $k is OK"
  } else {
    for {set l 0} {$l < $providernum} {incr l} {
      if {$l!=$k} {
        set loss($l) [Find_thr $clocktimer $l 2 1]
      } else {
        set loss($l) 0
      }
    }
  }
  set max_sig [Find_Max3 loss $k $providernum]
  puts "provider me megisto sigmoid---->>>> $max_sig"
  Change_Provider $clocktimer $maxclient $k $max_sig 0
}

```

5.3.4 ΣΕΝΑΡΙΟ 4

Το τέταρτο πιθανό σενάριο αλλαγής παροχέα επικεντρώθηκε στην εφαρμογή της θεωρίας παιγνίων που αναλύσαμε στην ενότητα 3.4. Για την εφαρμογή της παραπάνω

θεωρίας χρειάστηκε να αλλάξουμε ριζικά τον κώδικα πάνω στον οποίο ήταν βασισμένη η προσομοίωση εισάγοντας νέες συναρτήσεις που θα αναλυθούν παρακάτω.

Αρχικά, δημιουργήσαμε μία συνάρτηση η οποία είχε ως σκοπό τον υπολογισμό της συνολικής ποιότητας υπηρεσίας υπό τη μορφή κανονικοποιημένου ποσοστού. Έτσι, η συνάρτηση qos_calculation υπολογίζει το ποσοστό της ποιότητας υπηρεσίας ενός πελάτη εφαρμόζοντας την ακόλουθη μέθοδο : για κάθε ένα ποσοτικό μέγεθος που υπολογίζει, έχουμε προκαθορίσει μέγιστα και ελάχιστα κατώφλια, σύμφωνα με τα οποία αν η τιμή που υπολογίζεται βρίσκεται ανάμεσα σε αυτά τα κατώφλια, τότε υπολογίζεται το κανονικοποιημένο ποσοστό του μεγέθους αυτού ενώ στην περίπτωση που η τιμή βρίσκεται κάτω από το ελάχιστο κατώφλι και πάνω από το μέγιστο κατώφλι, το ποσοστό γίνεται αντίστοιχα 0% ή 100% ανάλογα με την τιμή που υπολογίζουμε. Αφού υπολογιστούν όλα τα ποσοστά, το ποσοστό της ποιότητας υπηρεσίας υπολογίζεται αθροίζοντας τα ποσοστά όλων των μεγεθών πολλαπλασιασμένα με ένα προκαθορισμένο βάρος για κάθε μέγεθος.

```
#weights for defined services
```

```
#service cbr
```

```
set w(0,0) 0.4
```

```
set w(0,1) 0.2
```

```
set w(0,2) 0.3
```

```
set w(0,3) 0.1
```

```
#service ftp
```

```
set w(1,0) 0.4
```

```
set w(1,1) 0.1
```

```
set w(1,2) 0.5
```

```
set w(1,3) 0.0
```

```
#system min-max values
```

```
#service cbr
```

```
set min(0,0) 0
```

```
set min(0,1) 0
```

```
set min(0,2) 50
```

```
set min(0,3) 0
```

```

set max(0,0) 40
set max(0,1) 40
set max(0,2) 98
set max(0,3) 95
#service ftp
set min(1,0) 0
set min(1,1) 0
set min(1,2) 50
set min(1,3) 0
set max(1,0) 40
set max(1,1) 40
set max(1,2) 170
set max(1,3) 95

```

```

proc qos_calculation {v cur_serv} {
    upvar $v window
    global w min max
    #ypologismos kanonikopoiimenon pososton %
    #delay
    if {$window(0) <= $max($cur_serv,0) && $window(0) >= $min($cur_serv,0)} {
        set window(0) [expr {100-abs (100*($window(0)-$min($cur_serv,0))/
($max($cur_serv,0) -$min($cur_serv,0)))}]
    } elseif {$window(0) > $max($cur_serv,0)} {
        set window(0) 0
    } elseif {$window(0) < $min($cur_serv,0)} {
        set window(0) 100
    }
    #jitter
    if {$window(1) <= $max($cur_serv,1) && $window(1) >= $min($cur_serv,1)} {
        set window(1) [expr {100-abs (100*($window(1)-
$min($cur_serv,1))/($max($cur_serv,1) -$min($cur_serv,1)))}]
    } elseif {$window(1) > $max($cur_serv,1)} {
        set window(1) 0
    }
}

```

```

} elseif {$window(1) < $min($cur_serv,1)} {
    set window(1) 100
}
#throughput
if {$window(2) <= $max($cur_serv,2) && $window(2) >= $min($cur_serv,2)} {
    set window(2) [expr {abs (100*($window(2)-
$min($cur_serv,2))/($max($cur_serv,2) -$min($cur_serv,2)))}]
} elseif {$window(2) > $max($cur_serv,2)} {
    set window(2) 100
} elseif {$window(2) < $min($cur_serv,2)} {
    set window(2) 0
}
#packet loss
if {$window(3) <= $max($cur_serv,3) && $window(3) >= $min($cur_serv,3)} {
    set window(3) [expr {100-abs (100*($window(3)-
$min($cur_serv,3))/($max($cur_serv,3) -$min($cur_serv,3)))}]
} elseif {$window(3) > $max($cur_serv,3)} {
    set window(3) 0
} elseif {$window(3) < $min($cur_serv,3)} {
    set window(3) 100
}
#calculation of qos%
set qos [expr
{$window(0)*$w($cur_serv,0)+$window(1)*$w($cur_serv,1)+$window(2)*$w($cur_serv,2)+$
window(3)*$w($cur_serv,3)}]
puts "DELAY % = $window(0)    JITTER % = $window(1)    THR % = $window(2)
PKLOSS % = $window(3)"
puts "CALCULATED QOS = $qos %"
return $qos
}

```

Κατόπιν δημιουργήσαμε δύο συναρτήσεις προκειμένου να δημιουργούνται ο πίνακας A του παροχέα και ο πίνακας B του πελάτη (βλ. ενότητα 3.4) και να

επιστρέφουν την απόφαση τους για το μέλλον της εκάστοτε κλήσης κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Αυτές οι δύο συναρτήσεις είναι οι `customer_strategy` και `provider_strategy`.

```
proc customer_strategy {rev type} {
  global w1 w2 lc rev0
  #formulation of b matrix
  set b(0,0) [expr {$w1*$rev-$w2*$lc($type)}]
  set b(0,1) $rev
  set b(1,0) [expr {$w1*$rev0-$w2*$lc($type)}]
  set b(1,1) $rev0
  #customer choice
  if ($b(0,0)>$b(0,1)) {set cust_str 0} else {set cust_str 1}
  return $cust_str
}
```

```
proc provider_strategy {rt f type} {
  global lc c loss
  #formulation of a matrix
  set a(0,0) [expr {$rt+$lc($type)+$c($type)-$f-$loss($type)}]
  set a(0,1) [expr {$rt+$c($type)-$f}]
  set a(1,0) [expr {$rt+$lc($type)-$loss($type)}]
  set a(1,1) $rt
  #provider choice
  if ($a(0,0)>$a(1,0)) {set prov_str 0} else {set prov_str 1}
  return $prov_str
}
```

Έπειτα, δημιουργήσαμε τη συνάρτηση `Find_qos` η οποία διαβάζει τη ροή των δεδομένων μέσω του `tr` αρχείου και υπολογίζει για κάθε ενεργό πελάτη ενός παροχέα το ποσοστό της ποιότητας υπηρεσίας του μέσω της κλήσης της συνάρτησης

qos_calculation. Κατόπιν, οι πελάτες διαχωρίζονται ανάλογα με το αν η υπηρεσία τους είναι cbr ή tcp και υπολογίζεται το μέσο ποσοστό της κάθε υπηρεσίας που παρέχει ο παροχέας. Αφού γίνουν όλα τα παραπάνω, υπολογίζεται η στρατηγική που θα ακολουθήσει ο πελάτης και ο παροχέας καθώς και η απολαβή του πελάτη σε περίπτωση που παραμείνει στον τρέχοντα παροχέα , αποθηκεύονται στον πίνακα response και οι τιμές αυτού του πίνακα επιστρέφονται.

```

proc Find_qos {clocktimer type connection provider flow calledforchange} {
for {set i 0} {$i < $clientnum} {incr i} {
    if {$i < $cbrnum} {
        set servicetype 0
    } else {
        set servicetype 1
    }
    if {$savcon($i) == 1 && $con_start($i) < $clocktimer && $sp_selection($i) == $provider }
{
    puts "-----"
    puts "CHECKING SESSION $i (PROVIDER IS $provider) ..."
    puts "-----"
    #call awk
    set writefile [Callawk $clocktimer i $provider 0 $calledforchange]
    puts $writefile
    #read file created by awk and return 4 values
    array set v [ReadFile i $provider 0 $calledforchange]
    #find mean qos of ongoing session
    set qos($i) [qos_calculation v $servicetype]
    #set qos [utility v]
    if {$servicetype == $type} {
        #to find mean qos of this service
        set meanqos [expr {$meanqos+$qos($i)}]
        #found session of same service type
        set counter [expr {$counter+1}]
    } else {

```



```

#to find mean qos of the other service
    set antimeanqos [expr {$antimeanqos+$qos($i)}]

#found session of same service type
    set anticounter [expr {$anticounter+1}]
}
#find rt and f for provider's matrix
set rev [expr {$qos($i)*$q-$cost($type)}]
set temp [expr {$rt+$rev}]
#probability that user leaves
set lv [expr {1-$qos($i)/100}]
set f [expr {$f+$lv*$loss($type)}]
puts "-----"
puts "SESSION $i CHECKED"
puts "-----"
}
}
#find the customer's strategy
if {$counter > 0} {
    set meanqos [expr $meanqos/$counter]
} else {
    set meanqos 70
}
if {$anticounter > 0} {
    set antimeanqos [expr $antimeanqos/$anticounter]
} else {
    set antimeanqos 70
}
set rev [expr {$meanqos*$q-$cost($type)}]
set cust_str [customer_strategy $rev $type]
set cust_payoff [customer_strategy_2 $rev $type]
#find the provider's strategy
set prov_str [provider_strategy $rt $f $type]

```

```
set response(0) $prov_str
set response(1) $cust_str
set response(2) $cust_payoff
array get response
}
```

Αφού φτιάξαμε αυτές τις συναρτήσεις, είμαστε έτοιμοι να δημιουργήσουμε μία συνάρτηση που θα εφαρμόζει έναν έλεγχο αποδοχής κλήσεων. Αυτή η συνάρτηση ονομάστηκε AC_Game και τη χρονική στιγμή που ένας πελάτης επιθυμεί την αποδοχή της κλήσης του, η συνάρτηση αυτή υπολογίζει την ποιότητα υπηρεσίας του τρέχοντα παροχέα μέσω της συνάρτησης Find_qos και αφού επιστραφούν οι αποφάσεις του πελάτη και του παροχέα έχουμε την πιθανότητα να εκτελεστεί η κλήση από τον τρέχοντα παροχέα, να απορρίψει ο παροχέας την κλήση και ο πελάτης να μεταφερθεί σε άλλον παροχέα μέσω της συνάρτησης Change_Provider και να αλλάξει οικειοθελώς παροχέα ο πελάτης. Στις δύο τελευταίες περιπτώσεις, ο νέος παροχέας καθοριζόταν μέσω της απολαβής που θα είχε ο πελάτης σε περίπτωση που επέλεγε αυτόν. Έτσι, σε περίπτωση αλλαγής παροχέα, υπολογίζουμε την απολαβή αυτή μέσω της κλήσης της συνάρτησης Find_qos για τους παροχείς πλην του τρέχοντος και ο πελάτης μεταφέρεται στον παροχέα που εξασφαλίζει τη μεγαλύτερη απολαβή (χρησιμοποιήσαμε σε αυτό το σημείο τη συνάρτηση Find_Max).

Για τον υπολογισμό της απολαβής των υπόλοιπων παροχέων προσπαθήσαμε να εισάγουμε και την παράμετρο της απόστασης, βασισμένοι στο γεγονός ότι η εξασφάλιση μίας ποιότητας υπηρεσίας δεν είναι ανεξάρτητη της απόστασης, καθώς είναι πολύ πιθανό να υπάρχουν διαφόρων τύπων απώλειες στην ισχύ και την ποιότητα του σήματος με άμεσο αποτέλεσμα την αύξηση στην καθυστέρηση της μετάδοσης της πληροφορίας ανάμεσα στον πελάτη και τον παροχέα καθώς και την αύξηση στον ρυθμό χαμένων πακέτων με άμεσο αποτέλεσμα την πρακτική μείωση της ποιότητας υπηρεσίας παρόλο που θεωρητικά το μέγεθος αυτό είχε μεγαλύτερη τιμή. Για αυτόν ακριβώς τον λόγο, υπολογίζαμε για τους παροχείς την απόσταση τους από τον πελάτη και η τιμή της απολαβής μειωνόταν με έναν παράγοντα ανάλογο της απόστασης του πελάτη αυτού με τον εκάστοτε παροχέα.

```

proc AC_Game {clocktimer type connection provider flow} {
    global ns packetsize clientnum window cbrnum cbr ftp avcon con_start q c loss cost
sp_selection providernum synt1 synt2 synt3 synt4

    #arxikoposi
    set rt 0
    set f 0
    set meanqos 0
    set antimeanqos 0
    set counter 0
    set anticounter 0

    puts "-----"
    puts "ADMISSION CONTROL GAME - CLOCK IS $clocktimer"
    puts "-----"

    #internal loop for each connection
    array set response [Find_qos $clocktimer $type $connection $provider $flow 0]
        set prov_str($provider) $response(0)
        set cust_str($provider) $response(1)
        set cust_payoff($provider) $response(2)
    if {$prov_str($provider) == 0 && $cust_str($provider) == 1} {
        start_session $clocktimer $connection $flow $provider
    } else {
        if {$prov_str($provider) == 1} {
            puts "PROVIDER REJECTED REQUEST. TIME IS $clocktimer"
            for {set k 0} {$k < $providernum} {incr k} {
                if {$k!=$provider} {
                    array set response [Find_qos $clocktimer $type $connection $k $flow 1]
                    set prov_str($k) $response(0)
                    set cust_str($k) $response(1)
                    set cust_payoff($k) $response(2)
                    set dist($k) [expr {sqrt(pow($synt1($flow)-$synt3($k),2) +
pow($synt2($flow)-$synt4($k),2))}]

```

```

        set cust_payoff($k) [expr {$cust_payoff($k)-0.0015*$dist($k)}]
        puts "apostash tou pelath $flow apo provider $k=$dist($k)"
        puts " the payoff of provider $k is $cust_payoff($k)"
    }
}
set max_payoff [Find_Max cust_payoff $provider $providernum]
Change_Provider $clocktimer $flow $provider $max_payoff 0
}

if {$cust_str($provider) == 0 && $prov_str($provider) == 0} {
    puts "CUSTOMER CHOSE TO LEAVE. TIME IS $clocktimer"
    for {set k 0} {$k < $providernum} {incr k} {
if {$k!=$provider} {
        array set response [Find_qos $clocktimer $type $connection $k $flow 1]
        set prov_str($k) $response(0)
        set cust_str($k) $response(1)
        set cust_payoff($k) $response(2)
        set dist($k) [expr {sqrt(pow($synt3($provider)-$synt3($k),2) +
pow($synt4($provider)-$synt4($k),2))}]
        set cust_payoff($k) [expr {$cust_payoff($k)-0.0015*$dist($k)}]
        puts "apostash tou pelath $flow apo provider $k=$dist($k)"
    }
        puts " the payoff of provider $k is $cust_payoff($k)"
    }
    set max_payoff [Find_Max cust_payoff $provider $providernum]
    Change_Provider $clocktimer $flow $provider $max_payoff 1
}
}

puts "-----"
puts "ADMISSION CONTROL GAME FINISHED"
puts "-----"
}

```

Τέλος, εισάγαμε και έλεγχο φορτίου όπως και στα άλλα τρία σενάρια. Ο έλεγχος φορτίου υπολογίζει την μέση τιμή της ποιότητας υπηρεσίας και αποφασίζει για κάθε παροχέα αν θα εκτελεστεί ολικός ή τοπικός έλεγχος.

Πιο αναλυτικά, η συνάρτηση που εκτελεί τον έλεγχο φορτίου είναι η LC_Game. Η συνάρτηση αυτή όπως και στα άλλα σενάρια καλείται περιοδικά (όπως και στα προηγούμενα σενάρια η τιμή window παραμένει ίση με 20) και σε κάθε κλήση της υπολογίζει για κάθε παροχέα την τιμή της ποιότητας υπηρεσίας των ενεργών πελατών τους και την τιμή των ποσοτικών μεγεθών που μελετάμε (καθυστέρηση, ρυθμοαπόδοση κτλ.). Αφού υπολογιστούν αυτές οι τιμές, υπολογίζονται οι μέσες τιμές των παραπάνω μεγεθών διαχωρισμένες για κάθε τύπο υπηρεσίας (cbr ή tcp).

```
proc LC_Game {clocktimer } {
  for {set j 0} {$j < $providernum} {incr j} {
    puts "-----"
    puts "BEGINNING LOAD CONTROL ROUND FOR PROVIDER $j - CLOCK IS
$clocktimer"
    puts "-----"
    #internal loop for each connection
    for {set i 0} {$i < $clientnum} {incr i} {
      if {$savcon($i) == 1 && $clocktimer > $con_start($i) && $sp_selection($i) == $j} {
        puts "-----"
        puts "SESSION $i IS RUNNING..."
        puts "-----"
        #call awk
        set writefile [Callawk $clocktimer i $j 1 0]
        puts $writefile
        #read file created by awk and return 4 values
        array set v [ReadFile i $j 1 0]
        for {set k 0} {$k < 4} {incr k} {
          set allv($i,$k) $v($k)
        }
        if {$i < $cbrnum} {
```

```

        set servicetype($i) 0
    } else {
        set servicetype($i) 1
    }
#find qos of session
    set qos($i) [qos_calculation v $servicetype($i)]
#set qos($i) [utility v]
#find mean qos of all sessions
set meanqos($j,$servicetype($i)) [expr {$meanqos($j,$servicetype($i))+$qos($i)}]
#find mean values of qos parameters
set meandelay($j,$servicetype($i)) [expr {$meandelay($j,$servicetype($i))+$allv($i,0)}]
set meanjitter($j,$servicetype($i)) [expr {$meanjitter($j,$servicetype($i))+$allv($i,1)}]
set meanthroughput($j,$servicetype($i)) [expr
{$meanthroughput($j,$servicetype($i))+$allv($i,2)}]
set meanloss($j,$servicetype($i)) [expr {$meanloss($j,$servicetype($i))+$allv($i,3)}]

    set counter($j,$servicetype($i)) [expr {$counter($j,$servicetype($i))+1}]
#find rt and f for provider's matrix
set rev($j,$servicetype($i)) [expr {$meanqos($j,$servicetype($i))*$q-
$cost($servicetype($i))}]
set temp [expr {$rt2+$rev($j,$servicetype($i))}]
#probability that user leaves
set lv [expr {1-$qos($i)/100}]
set f2 [expr {$f2+$lv*$loss($servicetype($i))}]
puts "-----"
puts "SESSION $i FINISHED"
puts "-----"
}
}
if {$counter($j,0) > 0} {
    set meanqos($j,0) [expr $meanqos($j,0)/$counter($j,0)]
    set meandelay($j,0) [expr $meandelay($j,0)/$counter($j,0)]
    set meanjitter($j,0) [expr $meanjitter($j,0)/$counter($j,0)]
}

```

```

    set meanthroughput($j,0) [expr $meanthroughput($j,0)/$counter($j,0)]
    set meanloss($j,0) [expr $meanloss($j,0)/$counter($j,0)]
  } else {
    set meanqos($j,0) 70
  }
if {$counter($j,1) > 0} {
  set meanqos($j,1) [expr $meanqos($j,1)/$counter($j,1)]
  set meandelay($j,1) [expr $meandelay($j,1)/$counter($j,1)]
  set meanjitter($j,1) [expr $meanjitter($j,1)/$counter($j,1)]
  set meanthroughput($j,1) [expr $meanthroughput($j,1)/$counter($j,1)]
  set meanloss($j,1) [expr $meanloss($j,1)/$counter($j,1)]
} else {
  set meanqos($j,1) 70
}

puts "CBR QOS = $meanqos($j,0) ($counter($j,0) connections)"
puts "FTP QOS = $meanqos($j,1) ($counter($j,1) connections)"
puts "CBR MEAN DELAY = $meandelay($j,0)"
puts "CBR MEAN JITTER = $meanjitter($j,0)"
puts "CBR MEAN THROUGHPUT = $meanthroughput($j,0)"
puts "CBR MEAN LOSS = $meanloss($j,0)"
puts "FTP MEAN DELAY = $meandelay($j,1)"
puts "FTP MEAN JITTER = $meanjitter($j,1)"
puts "FTP MEAN THROUGHPUT = $meanthroughput($j,1)"
puts "FTP MEAN LOSS = $meanloss($j,1)"
}

```

Σε αυτό το σημείο έχει τελειώσει η πρώτη φάση της διαδικασίας του ελέγχου και στη συνέχεια αποφασίζεται αν ο κάθε παροχέας θα εφαρμόσει ολικό ή τοπικό έλεγχο. Για την απόφαση αυτή καθορίσαμε ένα κατώφλι που το ονομάσαμε qos_threshold και στην περίπτωση που η μέση τιμή της ποιότητας υπηρεσίας τόσο για cbr συνδέσεις όσο και για tcp συνδέσεις ήταν πάνω από αυτό το κατώφλι, εφαρμοζόταν τοπικός έλεγχος όπου εξετάζονταν οι μέσες τιμές ποιότητας υπηρεσίας κάθε ενεργού πελάτη και στην

περίπτωση που ήταν μικρότερες από το παραπάνω κατώφλι υπολογίζονταν οι στρατηγικές του πελάτη και του παροχέα και αποφασιζόταν αν θα παραμείνει ανέπαφη η κλήση, αν θα αλλάξει ο πελάτης παροχέα οικειοθελώς ή αν θα διώξει ο παροχέας τον παροχέα.

Σε περίπτωση που η μέση τιμή της ποιότητας υπηρεσίας είτε για cbr είτε για tcp συνδέσεις βρισκόταν κάτω από το κατώφλι, εφαρμοζόταν ολικός έλεγχος όπου ακολουθούνταν η ίδια διαδικασία με τον τοπικό έλεγχο μόνο που δεν εξεταζόταν κάθε ενεργός πελάτης ξεχωριστά.

Και στις δύο περιπτώσεις σε περίπτωση αλλαγής παροχέα, ο πελάτης μεταφέρονταν στον παροχέα που του εξασφάλιζε τη μεγαλύτερη απολαβή, εφαρμόζοντας και εδώ την μείωση αυτής της απολαβής αναλογικά της απόστασης όπως και στον έλεγχο αποδοχής.

```
#decide if local or global game is needed
  set qos_threshold 60
  for {set j 0} {$j < $providernum} {incr j} {
    if {$meanqos($j,0)<$qos_threshold || $meanqos($j,1)<$qos_threshold} {
      #global game
      set hasleft 0
      puts "GLOBAL OPTIMIZATION INITIATED FOR PROVIDER $j ..."
      for {set i 0} {$i < $clientnum} {incr i} {
if {$savcon($i) == 1 && $clocktimer > $con_start($i) && $hasleft == 0 && $sp_selection($i) ==
$j} {
          #find the customer's strategy
set cust_str($j) [customer_strategy $rev($j,$servicetype($i)) $servicetype($i)]
          #find the provider's strategy
set prov_str($j) [provider_strategy_2 $rt2 $f2 $servicetype($i) $rev($j,$servicetype($i))]
          if {$prov_str($j) == 1} {
puts "PROVIDER $j CHOOSES TO TERMINATE CUSTOMER $i. TIME IS $clocktimer"
          for {set k 0} {$k < $providernum} {incr k} {
set cust_payoff($k) [customer_strategy_2 $rev($k,$servicetype($i)) $servicetype($i)]
set dist($k) [expr {sqrt(pow($synt1($i)-$synt3($k),2) + pow($synt2($i)-$synt4($k),2))
```



```

set cust_payoff($k) [expr {$cust_payoff($k)-0.001*$dist($k)}]
    }
    set max_payoff [Find_Max cust_payoff $j $providernum]
Change_Provider $clocktimer $i $j $max_payoff 0
    set hasleft 1
    } elseif {$cust_str($i) == 0 && $prov_str($i) == 0} {

puts "CUSTOMER $j CHOOSES TO LEAVE CURRENT PROVIDER. TIME IS $clocktimer"

    for {set k 0} {$k < $providernum} {incr k} {
set cust_payoff($k) [customer_strategy_2 $rev($k,servicetype($i)) $servicetype($j)]
set dist($k) [expr {sqrt(pow($synt1($i)-$synt3($k),2) + pow($synt2($i)-$synt4($k),2))}]
set cust_payoff($k) [expr {$cust_payoff($k)-0.0015*$dist($k)}]
    }

    set max_payoff [Find_Max cust_payoff $j $providernum]
Change_Provider $clocktimer $i $j $max_payoff 1
set hasleft 1
    }
    }
    }

puts "GLOBAL OPTIMIZATION FINISHED ****"
    }

if {$meanqos($j,0)>$qos_threshold && $meanqos($j,1)>$qos_threshold } {
#local game
    puts "INITIATE CHECK FOR LOCAL OPTIMIZATION FOR PROVIDER $j ..."
if {$savcon($i) == 1 && $clocktimer > $con_start($i) && $sp_selection($i) == $j } {
    puts "-----"
    puts "SESSION $i IS RUNNING..."
    puts "-----"
    if { $qos($i) < $qos_threshold } {
        #find the customer's strategy
set cust_str($j) [customer_strategy $rev($j,$servicetype($i)) $servicetype($i)]
        #find the provider's strategy

```

```

set prov_str($j) [provider_strategy_2 $rt2 $f2 $servicetype($i) $rev($j,$servicetype($i))]
    if {$prov_str($i) == 1} {
puts "PROVIDER $provider CHOOSES TO TERMINATE CUSTOMER $i. TIME IS
$clocktimer"
    for {set k 0} {$k < $providernum} {incr k} {
set cust_payoff($k) [customer_strategy_2 $rev($j,$servicetype($i)) $servicetype($i)]
set dist($k) [expr {sqrt(pow($synt1($i)-$synt3($k),2) + pow($synt2($i)-$synt4($k),2))}]
set cust_payoff($k) [expr {$cust_payoff($k)-0.0015*$dist($k)}]
    }
set max_payoff [Find_Max cust_payoff $j $providernum]
Change_Provider $clocktimer $i $j $max_payoff
    } elseif {$cust_str($i) == 0 && $prov_str($i) == 0} {
puts "CUSTOMER $i CHOOSES TO LEAVE PROVIDER $provider. TIME IS $clocktimer"
    for {set k 0} {$k < $providernum} {incr k} {
set cust_payoff($k) [customer_strategy_2 $rev($j,$servicetype($i)) $servicetype($i)]
set dist($k) [expr {sqrt(pow($synt1($i)-$synt3($k),2) + pow($synt2($i)-$synt4($k),2))}]
set cust_payoff($k) [expr {$cust_payoff($k)-0.0015*$dist($k)}]
    }
    set max_payoff [Find_Max cust_payoff $j $providernum]
Change_Provider $clocktimer $i $j $max_payoff 1
    }
}
}
puts "LOCAL OPTIMIZATION FINISHED ***"
}

```

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Network Simulator 2, www.isi.edu/nsnam/ns
2. K. Fall, K. Varadhan :The ns manual, The VINT project, January 6, 2009
3. H. Lin, M. Chatterjee, S. Das : ARC: An integrated admission and rate control framework for competitive wireless CDMA data networks using noncooperative games, IEEE Transactions on mobile computing Vol. 4, No.3, May/June 2006
4. D. Seggern, CRC Standard Curves and Surfaces, p. 124, Boca Raton, Fla.: CRC Press, 1993.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλύσουμε τις μετρήσεις που κάναμε σε κάθε σενάριο και θα διαμορφώσουμε τα συμπεράσματα μας όσον αφορά την ιδανικότητα του κάθε σεναρίου. Πιο συγκεκριμένα, η ενότητα 6.1 κάνει μία συνολική σύγκριση των τεσσάρων σεναρίων προκειμένου να επιλεγεί το καλύτερο σενάριο με βάση τη συμπεριφορά του απέναντι στα ποσοτικά μεγέθη που καθορίζουν τη ποιότητα υπηρεσίας, η ενότητα 6.2 εξετάζει βαθύτερα δύο από τα τέσσερα σενάρια για να επαληθευτεί η βελτίωση της ποιότητας υπηρεσίας με τη χρήση των δύο τύπων ελέγχου, η ενότητα 6.3 εξετάζει το πώς επηρεάζει το παράθυρο εφαρμογής ελέγχου το καλύτερο σενάριο μας και τέλος, στην ενότητα 6.4 εξετάζουμε πάλι το καλύτερο σενάριο μας αλλά με αλλαγές στο κατώφλι ελέγχου.

6.1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιάσουμε τις μετρήσεις που διεξήγαμε για κάθε σενάριο και θα κάνουμε έναν συγκριτικό έλεγχο μεταξύ τους προκειμένου να αποφανθούμε για το ποιο σενάριο αντιμετωπίζει καλύτερα το φαινόμενο της συμφόρησης. Να υπενθυμίσουμε ότι στο σενάριο 1 ο πελάτης μεταφερόταν στον κοντινότερο παροχέα, στο σενάριο 2 ο πελάτης μεταφερόταν στον παροχέα που είχε εκείνη τη στιγμή τη μικρότερη χρησιμοποιούμενη ρυθμοαπόδοση, στο σενάριο 3 ο πελάτης μεταφερόταν στον παροχέα που είχε τη μεγαλύτερη απόδοση χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση sigmoid και στο σενάριο 4 γίνεται χρήση της θεωρίας παιγνίων. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μετρήσεις έγιναν ξεχωριστά για κάθε τύπο υπηρεσίας και τα μεγέθη που υπολογίζαμε

ήταν η καθυστέρηση πακέτων (packet delay), το «τρεμούλιασμα» (jitter), η ρυθμοαπόδοση (throughput) και το ποσοστό απολεσθέντων πακέτων. Επίσης, κάνουμε τη σύμβαση ότι για τις cbr συνδέσεις θα αναλύσουμε την καθυστέρηση, το «τρεμούλιασμα» και τον ρυθμό χαμένων πακέτων ενώ για τις tcp συνδέσεις θα αναλύσουμε τον ρυθμό χαμένων πακέτων και τη ρυθμοαπόδοση. Το παράθυρο ελέγχου (window) παραμένει στα είκοσι δευτερόλεπτα ενώ το παράθυρο μετρήσεων μας ήταν τα πενήντα δευτερόλεπτα.

6.1.1 ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ ΓΙΑ CBR ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ

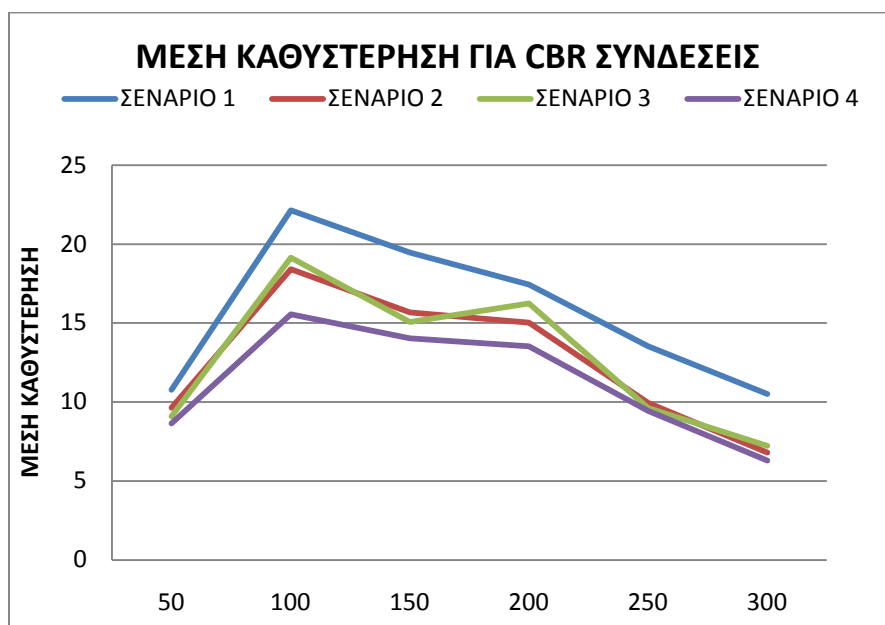
Αρχικά, διεξήγαμε μετρήσεις όπου υπολογίζαμε την καθυστέρηση των πακέτων σε κάθε παροχέα και μόνο για τις cbr συνδέσεις. Οι μετρήσεις που κάναμε έγιναν εφαρμόζοντας τόσο έλεγχο αποδοχής όσο και έλεγχο φορτίου για κάθε σενάριο. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων μας για κάθε σενάριο ήταν τα εξής:

		ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ (sec)			
	ΧΡΟΝΟΣ	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	ΣΕΝΑΡΙΟ 3	ΣΕΝΑΡΙΟ 4
ΠΑΡΟΧΕΑΣ 0	50	11,23	8,81	9,01	7,87
	100	20,45	15,56	14,21	13,45
	150	14,55	13,23	12,56	11,34
	200	20,11	11,56	13,78	11,56
	250	14,56	8,26	8,54	8,21
	300	10,67	5,32	4,99	4,34
	ΠΑΡΟΧΕΑΣ 1	50	11,45	9,78	8,99
100		31,56	23,45	25,67	18,68
150		22,56	16,99	16,98	15,67
200		17,67	19,23	20,43	16,78
250		13,56	10,33	10,21	9,44
300		11,22	7,44	8,15	6,89
ΠΑΡΟΧΕΑΣ 2		50	9,67	10,34	9,31
	100	14,45	16,27	17,54	14,56
	150	21,32	16,81	15,67	15,11

	200	14,56	14,32	14,56	12,23
	250	12,47	11,23	10,09	10,66
	300	9,66	7,65	8,54	7,65

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1 – ΤΙΜΕΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΑ 4 ΣΕΝΑΡΙΑ

Για κάθε σενάριο υπολογίσαμε τις μέσες τιμές της καθυστέρησης από τους τρεις παροχές και τα αποτελέσματα τα παραστήσαμε στην ακόλουθη γραφική παράσταση:



ΣΧΗΜΑ 6.1 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΗΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ-ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΑ 4 ΣΕΝΑΡΙΑ

Παρατηρούμε ότι το σενάριο της θεωρίας παιγνίων παρουσιάζει τη καλύτερη συμπεριφορά ενώ το χειρότερο σενάριο είναι αυτό της πλησιέστερης απόστασ

6.1.2 «ΤΡΕΜΟΥΛΙΑΣΜΑ» ΓΙΑ CBR ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ

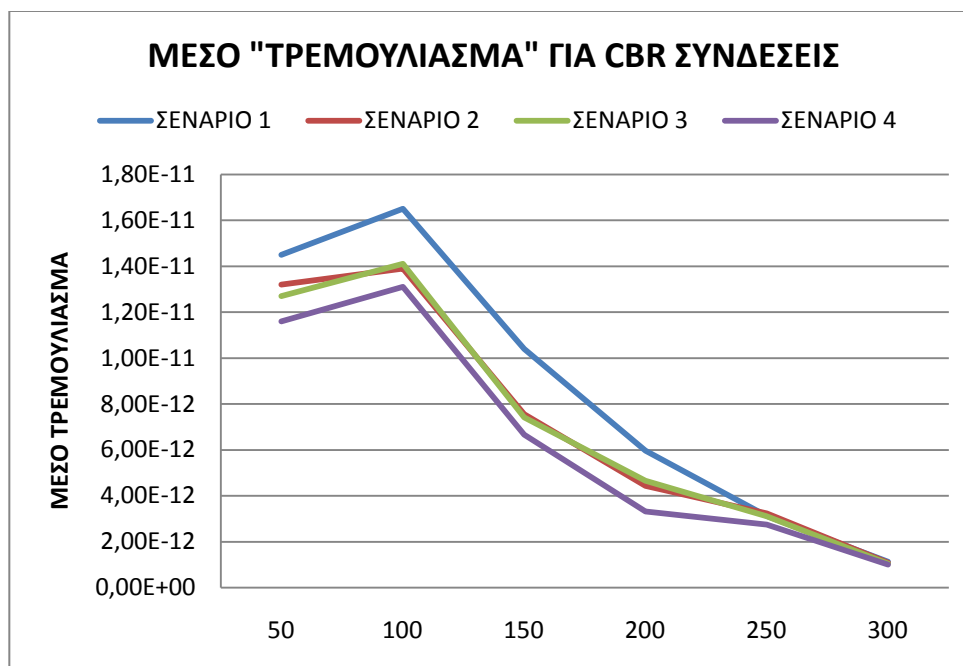
Με ανάλογο τρόπο όπως και με τη καθυστέρηση κάναμε μετρήσεις για κάθε παροχέα και για κάθε σενάριο, όπου υπολογίζαμε το «τρεμούλιασμα» των cbr

συνδέσεων. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων μας παριστάνονται στον παρακάτω πίνακα:

		"ΤΡΕΜΟΥΛΙΑΣΜΑ"(sec)			
	ΧΡΟΝΟΣ	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	ΣΕΝΑΡΙΟ 3	ΣΕΝΑΡΙΟ 4
ΠΑΡΟΧΕΑΣ 0	50	1,45E-11	1,32E-11	1,27E-11	1,16E-11
	100	1,65E-11	1,39E-11	1,41E-11	1,31E-11
	150	1,04E-11	7,56E-12	7,42E-12	6,66E-12
	200	5,97E-12	4,44E-12	4,65E-12	3,32E-12
	250	3,12E-12	3,23E-12	3,11E-12	2,75E-12
	300	1,13E-12	1,09E-12	1,04E-12	1,01E-12
	ΠΑΡΟΧΕΑΣ 1	ΧΡΟΝΟΣ			
50		1,44E-11	1,14E-11	1,13E-11	1,00E-11
100		1,94E-11	1,56E-11	1,58E-11	1,39E-11
150		1,23E-11	9,45E-12	8,97E-12	8,21E-12
200		8,42E-12	8,62E-12	8,81E-12	8,06E-12
250		4,12E-12	3,97E-12	3,71E-12	3,63E-12
300		1,23E-12	9,32E-13	9,12E-13	9,32E-13
ΠΑΡΟΧΕΑΣ 2	ΧΡΟΝΟΣ				
	50	1,43E-11	1,38E-11	1,35E-11	1,16E-11
	100	1,87E-11	1,53E-11	1,45E-11	1,34E-11
	150	1,46E-11	1,21E-11	1,22E-11	1,16E-11
	200	1,34E-11	9,32E-12	9,30E-12	8,75E-12
	250	7,23E-12	6,86E-12	6,56E-12	6,56E-12
	300	3,12E-12	2,24E-12	2,08E-12	1,96E-12

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2 – ΤΙΜΕΣ «ΤΡΕΜΟΥΛΙΑΣΜΑΤΟΣ» ΓΙΑ ΤΑ 4 ΣΕΝΑΡΙΑ

Πάλι υπολογίζουμε τις μέσες τιμές και παριστάνουμε τα αποτελέσματα στο παρακάτω γράφημα :



ΣΧΗΜΑ 6.2 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΟΥ «ΤΡΕΜΟΥΛΙΑΣΜΑΤΟΣ»-ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΑ 4 ΣΕΝΑΡΙΑ

Βλέπουμε πάλι ότι το σενάριο 4 είναι το καλύτερο, καθώς εμφανίζει μικρότερες μέσες τιμές «τρεμουλιάσματος» ενώ το σενάριο 1 είναι το χειρότερο.

6.1.3 ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ ΓΙΑ CBR ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ

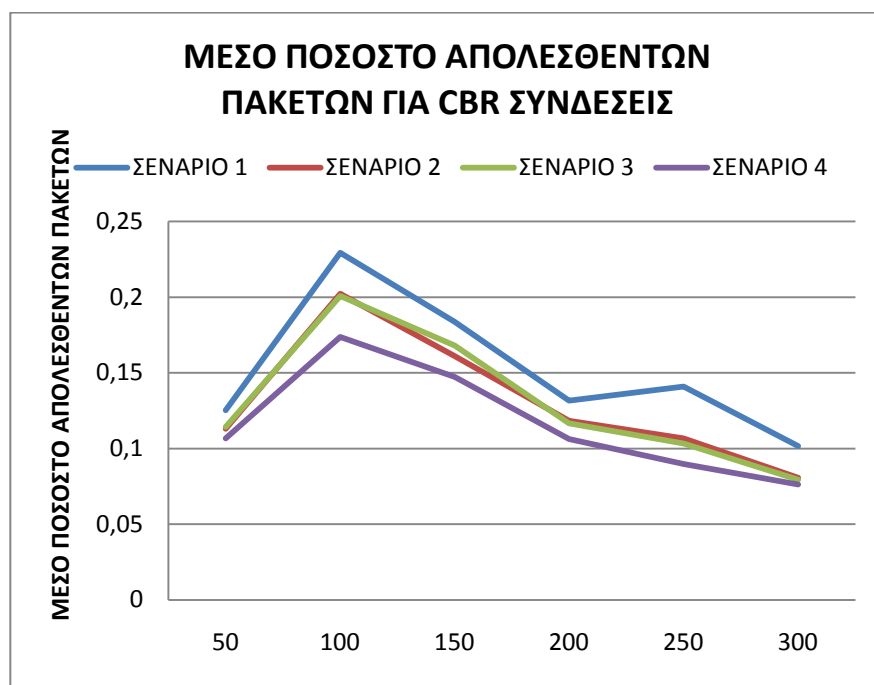
Μετρήσαμε για τις cbr συνδέσεις το ποσοστό απολεσθέντων πακέτων για όλα τα σενάρια και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

		ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ(ΠΑΚΕΤΑ)			
		ΧΡΟΝΟΣ	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	ΣΕΝΑΡΙΟ 3
ΠΑΡΟΧΕΑΣ 0	50	0,133	0,112	0,11	0,103
	100	0,2	0,187	0,199	0,187
	150	0,187	0,161	0,167	0,144
	200	0,147	0,132	0,138	0,121

	250	0,113	0,12	0,106	0,092
	300	0,116	0,097	0,093	0,09
ΠΑΡΟΧΕΑΣ 1	ΧΡΟΝΟΣ				
	50	0,123	0,104	0,108	0,105
	100	0,26	0,228	0,221	0,178
	150	0,221	0,176	0,186	0,167
	200	0,143	0,147	0,134	0,12
	250	0,198	0,122	0,128	0,112
	300	0,09	0,079	0,079	0,079
	ΠΑΡΟΧΕΑΣ 2	ΧΡΟΝΟΣ			
50		0,12	0,123	0,125	0,112
100		0,228	0,192	0,182	0,156
150		0,143	0,146	0,151	0,131
200		0,105	0,076	0,078	0,078
250		0,112	0,078	0,076	0,065
300		0,099	0,066	0,066	0,06

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3 – ΤΙΜΕΣ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ 4 ΣΕΝΑΡΙΑ

Υπολογίζοντας τις μέσες τιμές από τους τρεις παροχείς σχεδιάζουμε το παρακάτω γράφημα:



ΣΧΗΜΑ 6.3 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ-ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΑ 4
ΣΕΝΑΡΙΑ

Παρατηρούμε και πάλι την υπεροχή της θεωρίας παιγνίων, την άσχημη επίδραση του σεναρίου της πλησιέστερης απόστασης και την παραπλήσια απόδοση των σεναρίων της μεταφοράς στον παροχέα με τη μικρότερη ρυθμοαπόδοση και του σεναρίου της μεταφοράς στον παροχέα με τη μεγαλύτερη sigmoid απόδοση.

6.1.4 ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ ΓΙΑ TCP
ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ

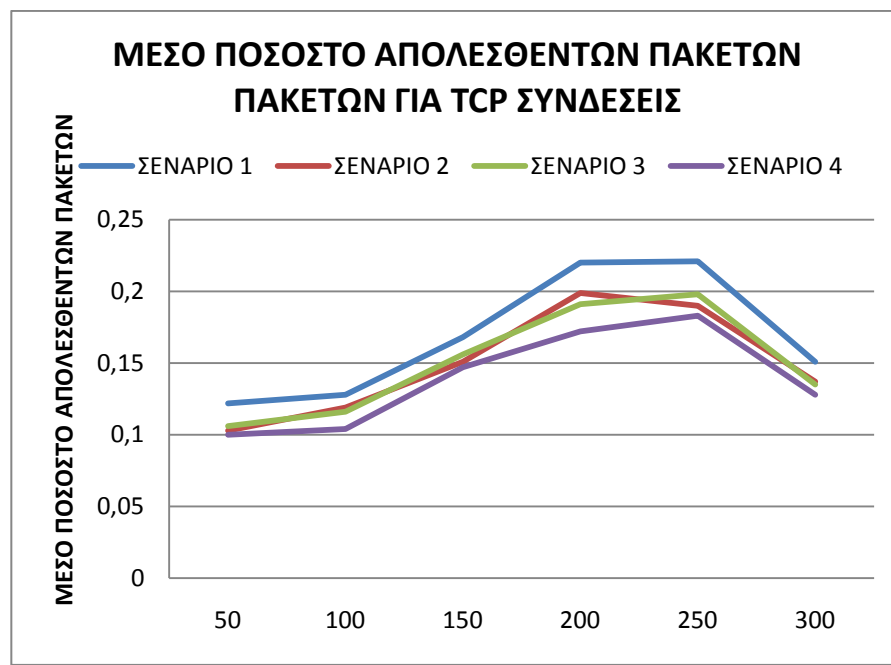
Κάναμε μετρήσεις ποσοστού απολεσθέντων πακέτων για τις tcp συνδέσεις τις οποίες παραθέτουμε παρακάτω:

		ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ(ΠΑΚΕΤΑ)			
	ΧΡΟΝΟΣ	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	ΣΕΝΑΡΙΟ 3	ΣΕΝΑΡΙΟ 4
ΠΑΡΟΧΕΑΣ 0	50	0,122	0,101	0,099	0,099
	100	0,131	0,11	0,11	0,102
	150	0,17	0,159	0,162	0,157
	200	0,224	0,208	0,2	0,168
	250	0,234	0,207	0,211	0,187
	300	0,19	0,161	0,16	0,146
ΠΑΡΟΧΕΑΣ 1	ΧΡΟΝΟΣ				
	50	0,123	0,109	0,118	0,112
	100	0,132	0,127	0,126	0,112
	150	0,199	0,163	0,171	0,157
	200	0,236	0,228	0,218	0,201
	250	0,251	0,202	0,215	0,198
300	0,176	0,161	0,157	0,151	
	ΧΡΟΝΟΣ				
	50	0,123	0,1	0,102	0,089

ΠΑΡΟΧΕΑΣ 2	100	0,123	0,12	0,113	0,1
	150	0,137	0,133	0,136	0,129
	200	0,201	0,163	0,156	0,149
	250	0,179	0,163	0,168	0,166
	300	0,089	0,089	0,089	0,087

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.4 – ΤΙΜΕΣ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ 4 ΣΕΝΑΡΙΑ

Υπολογίζοντας τις μέσες τιμές όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις σχεδιάσαμε το παρακάτω γράφημα:



ΣΧΗΜΑ 6.4 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ-ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΑ 4 ΣΕΝΑΡΙΑ

Παρατηρούμε και πάλι την υπεροχή της θεωρίας παιγνίων έναντι των άλλων σεναρίων.

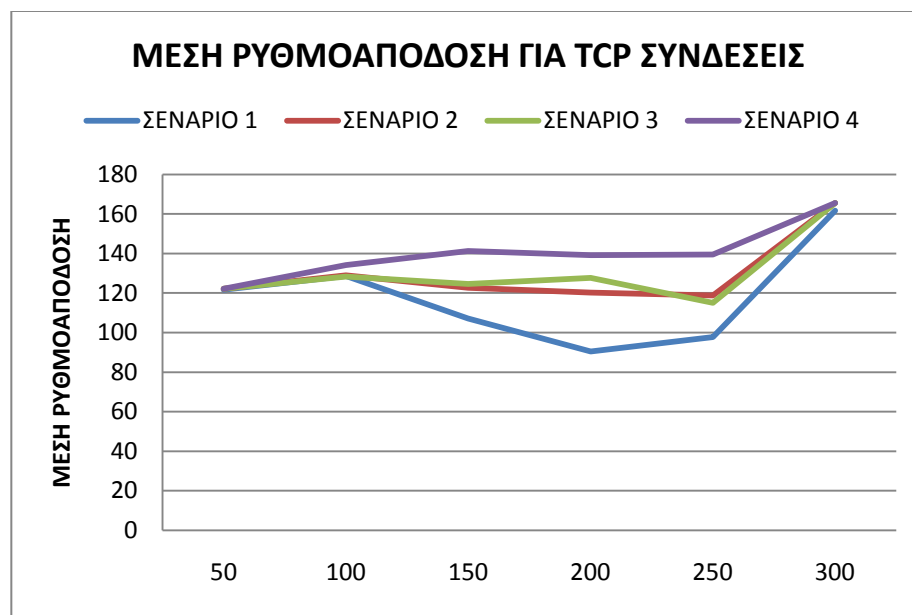
6.1.5 ΡΥΘΜΟΑΠΟΔΟΣΗ ΓΙΑ TCP ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ

Η τελευταία σειρά συγκεντρωτικών μετρήσεων αφορούσε τη ρυθμοαπόδοση των παροχών όσον αφορά τις tcp συνδέσεις τους. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων για κάθε σενάριο ξεχωριστά παρατίθενται στον ακόλουθο πίνακα :

		ΡΥΘΜΟΑΠΟΔΟΣΗ(Kbps)			
	ΧΡΟΝΟΣ	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	ΣΕΝΑΡΙΟ 3	ΣΕΝΑΡΙΟ 4
ΠΑΡΟΧΕΑΣ 0	50	113,11	114,12	114,12	114,12
	100	126,34	123,32	124,22	125,67
	150	113,44	118,99	123,67	143,56
	200	84,88	119,88	114,11	144,9
	250	79,99	129,13	124,55	150,67
	300	158,34	165,56	165,56	165,56
ΠΑΡΟΧΕΑΣ 1	ΧΡΟΝΟΣ				
	50	114,78	114,78	114,78	114,78
	100	113,43	118,86	120,44	130,67
	150	108,32	112,45	110,86	129,99
	200	70,78	111,56	133,22	133,22
	250	93,45	100,55	100,66	133,89
ΠΑΡΟΧΕΑΣ 2	ΧΡΟΝΟΣ				
	50	137,44	137,44	137,44	137,44
	100	145,98	144,78	140,44	145,88
	150	99,76	136,67	139,31	150,45
	200	115,76	129,36	135,66	139,34
	250	119,66	126,89	120,19	133,77
	300	165,601	165,601	165,601	165,65

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.5 – ΤΙΜΕΣ ΡΥΘΜΟΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΙΑ ΤΑ 4 ΣΕΝΑΡΙΑ

Οι μέσες τιμές ρυθμοαπόδοσης από τους τρεις παροχείς για κάθε σενάριο παριστάνονται στο ακόλουθο γράφημα:



ΣΧΗΜΑ 6.5 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΗΣ ΡΥΘΜΟΑΠΟΔΟΣΗΣ-ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΑ 4 ΣΕΝΑΡΙΑ

Παρατηρούμε ότι τη μέγιστη ρυθμοαπόδοση παρουσιάζει το σενάριο της θεωρίας παιγνίων.

6.1.6 ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΛΑΤΗ-ΑΠΟΛΑΒΗ ΠΑΡΟΧΕΩΝ

Πέρα από τις μετρήσεις των μεγεθών που αναλύσαμε παραπάνω, υπολογίσαμε το συνολικό κόστος των πελατών για κάθε τύπο υπηρεσίας, τη συνολική απολαβή των παροχέων για κάθε σενάριο και τις συνολικές αλλαγές παροχέα που έγιναν κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης μας. Τα παραπάνω αποτελέσματα παριστάνονται στον παρακάτω πίνακα :

	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	ΣΕΝΑΡΙΟ 3	ΣΕΝΑΡΙΟ 4
ΚΟΣΤΟΣ CBR ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ	18,03	20,16	19,56	21,23
ΚΟΣΤΟΣ TCP ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ	14,56	15,07	15,68	16,78
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΟΛΑΒΗ ΠΑΡΟΧΕΩΝ	32,59	35,23	35,24	38,01

ΑΛΛΑΓΕΣ ΠΑΡΟΧΕΑ	11	12	12	14
ΟΙΚΕΙΟΘΕΛΕΙΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΠΑΡΟΧΕΑ	5	4	4	3

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.6 : ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΛΑΤΩΝ-ΑΠΟΛΑΒΕΣ ΠΑΡΟΧΕΩΝ-ΑΛΛΑΓΕΣ ΠΑΡΟΧΕΑ ΓΙΑ ΤΑ 4 ΣΕΝΑΡΙΑ

Παρατηρούμε ότι το σενάριο της θεωρίας παιγνίων αποφέρει την μεγαλύτερη απολαβή στους παροχείς αλλά και το μεγαλύτερο κόστος στους πελάτες. Επίσης στο σενάριο αυτό έχουμε τις περισσότερες αλλαγές παροχέα ενώ τις λιγότερες αλλαγές αλλά και τις περισσότερες οικειοθελείς αλλαγές τις έχει το σενάριο της αλλαγής στον πλησιέστερο παροχέα.

6.1.7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση τις μετρήσεις που διεξήγαμε και τα γραφήματα που προέκυψαν από αυτές, παρατηρούμε ότι το σενάριο της θεωρίας παιγνίων αντιμετωπίζει καλύτερα το φαινόμενο της συμφόρησης. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στον υπολογισμό και των τεσσάρων μεγεθών πριν την λήψη της απόφασης για αλλαγή παροχέα ή όχι σε αντίθεση με τα άλλα σενάρια που υπολόγιζαν μόνο τη ρυθμοαπόδοση του εκάστοτε παροχέα.

Πιο συγκεκριμένα, παρατηρούμε ότι για τις cbr συνδέσεις δημιουργείται συμφόρηση περίπου στα 100 δευτερόλεπτα. Σε εκείνη τη χρονική στιγμή παρατηρούμε μια αύξηση σε όλα τα μεγέθη που μετράμε και παρατηρούμε ότι τη μικρότερη αύξηση την έχει το σενάριο της θεωρίας παιγνίων. Επίσης, το σενάριο 1, που αντιπροσωπεύει την αλλαγή στον κοντινότερο παροχέα, παρουσιάζει την μεγαλύτερη αύξηση τη χρονική στιγμή της συμφόρησης κάτι που το αναδεικνύει ως το χειρότερο σενάριο από αυτά που μελετήσαμε. Αυτό το αποτέλεσμα ήταν αναμενόμενο, καθώς η αλλαγή του παροχέα γίνονταν βασισμένη μόνο στην τοπολογία των κόμβων των πελατών και των παροχέων και όχι στην κατάσταση που βρίσκονταν ο παροχέας τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Ακόμα, παρατηρούμε ότι τα σενάρια της αλλαγής στον παροχέα με τη μικρότερη ρυθμοαπόδοση (σενάριο 2) και της αλλαγής στον παροχέα με τη μεγαλύτερη sigmoid απόδοση (σενάριο 3) παρουσιάζουν παρόμοια συμπεριφορά, παρόλο που το ένα

λαμβάνει υπόψη του τη ρυθμοαπόδοση και το άλλο σενάριο τον ρυθμό χαμένων πακέτων.

Όσον αφορά τις τερ συνδέσεις, παρατηρούμε ότι έχουμε αντίστοιχη συμμόρφωση ανάμεσα στα 200 και στα 250 δευτερόλεπτα. Πάλι βλέπουμε ότι εκείνη τη χρονική περίοδο το σενάριο 4 παρουσιάζει τη μικρότερη αύξηση ποσοστού απολεσθέντων πακέτων καθώς και τη μεγαλύτερη αύξηση στη ρυθμοαπόδοση. Και εδώ βλέπουμε ότι το σενάριο 1 παρουσιάζει τη χειρότερη συμπεριφορά, αν και στο ποσοστό απολεσθέντων πακέτων δεν διαφέρει δραματικά από τα άλλα σενάρια. Παρ' όλα αυτά, στο γράφημα της ρυθμοαπόδοσης βλέπουμε ότι η διαφορά του σε σχέση με τα άλλα σενάρια είναι σημαντική.

Όσον αφορά το κόστος, παρατηρούμε ότι το σενάριο της θεωρίας παιγνίων αποφέρει τις μεγαλύτερες απολαβές στους παροχείς. Αυτό το συμπέρασμα είναι πολύ σημαντικό, καθώς μέσω της θεωρίας παιγνίων καταφέραμε να μεγιστοποιήσουμε την ποιότητα υπηρεσίας στους πελάτες της προσομοίωσης μας μεγιστοποιώντας ταυτόχρονα και το κέρδος των παροχέων. Παρ' όλα αυτά, παρατηρούμε ότι και το κόστος των πελατών μεγιστοποιείται.

Ακόμα, βλέπουμε ότι στο σενάριο της θεωρίας παιγνίων γίνονται οι περισσότερες αλλαγές παροχέα, κάτι που οδηγεί το σύστημα στο να γίνει πιο «αυστηρό» σε σχέση με τα άλλα σενάρια. Τις λιγότερες αλλαγές τις συναντάμε στο σενάριο του πλησιέστερου παροχέα, κάτι που όπως διαπιστώσαμε παραπάνω δεν απέδωσε όσον αφορά την εξασφάλιση ενός ικανοποιητικού επιπέδου ποιότητας υπηρεσίας στους πελάτες. Επίσης, σε αυτό το σενάριο γίνονται οι περισσότερες οικειοθελείς αλλαγές παροχέα, κάτι που μας δείχνει ότι το σενάριο αυτό είναι πιο ευαίσθητο στις προσωπικές απαιτήσεις του κάθε πελάτη.

Συνοψίζοντας, παρατηρούμε ότι το σενάριο 1 δεν κατοχυρώνει ένα ικανοποιητικό επίπεδο στους πελάτες, παρ' όλο που αποφέρει το μικρότερο κόστος. Η μείωση αυτή του κόστους όμως είναι πολύ μικρή γι' αυτό το σενάριο 1 δεν είναι το ιδανικό σενάριο. Όσον αφορά τα σενάρια 2 και 3, παρατηρούμε ότι έχουμε κατά τη διάρκεια της έντονης συμμόρφωσης μία βελτίωση της ποιότητας υπηρεσίας σε σχέση με το σενάριο 1 της τάξεως του 15% περίπου όσον αφορά τις cbr συνδέσεις και περίπου 20% όσον αφορά τις

την συνδέσεις. Επίσης, παρατηρούμε και μία αύξηση στο κόστος των πελατών ίση περίπου με 11% για τις cbr κλήσεις και περίπου 4% όσον αφορά τις tcp κλήσεις. Όσον αφορά το σενάριο 4, παρατηρούμε μία πολύ μεγάλη αύξηση της ποιότητας υπηρεσίας που φτάνει κατά τη διάρκεια της συμφόρησης περίπου το 27% για τις cbr κλήσεις και το 32% για τις tcp κλήσεις. Παρ' όλα αυτά, έχουμε μία αύξηση του κόστους των πελατών κατά περίπου 16% και 14% όσον αφορά τις cbr και τις tcp κλήσεις αντίστοιχα. Αναλογιζόμενοι λοιπόν όλα τα παραπάνω, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το σενάριο 4 προσφέρει τη μεγαλύτερη αύξηση της ποιότητας υπηρεσίας συνδυαζόμενη με μία μικρή σχετικά αύξηση του κόστους των πελατών, καθιστώντας το το ιδανικό σενάριο για την προσομοίωση μας.

6.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ 2 ΚΑΙ 4

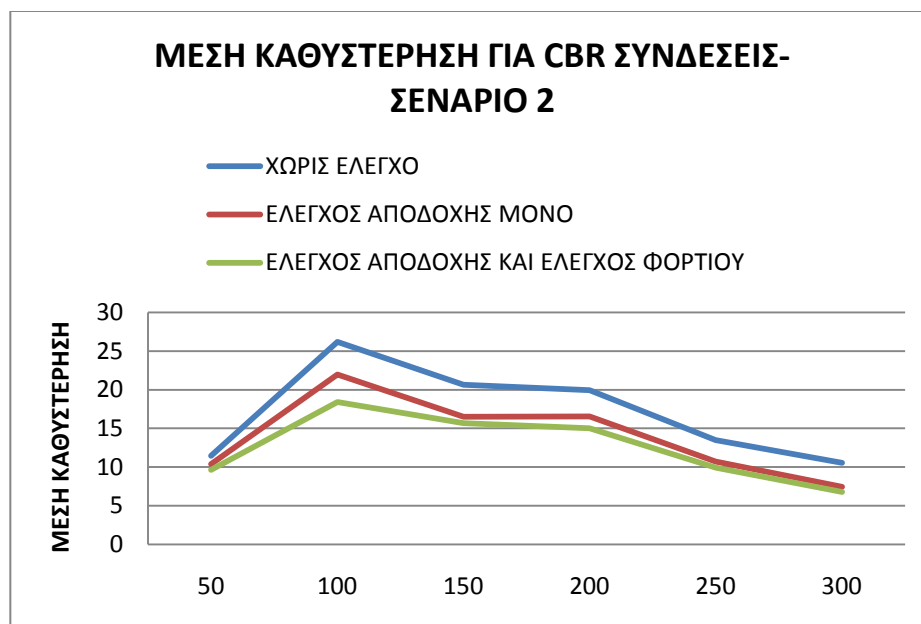
Σε αυτήν την ενότητα θα αναλύσουμε τα σενάρια 2 και 4, παρουσιάζοντας τις μετρήσεις που έγιναν όταν δεν υπήρχε καμία διαδικασία ελέγχου, όταν υπήρχε μόνο έλεγχος αποδοχής και όταν υπήρχε τόσο έλεγχος αποδοχής όσο και φορτίου. Και σε αυτήν την ενότητα εξετάσαμε ξεχωριστά τις cbr και τις tcp συνδέσεις και κάναμε μετρήσεις για κάθε παροχέα ξεχωριστά δημιουργώντας στο τέλος γραφήματα με βάση τις μέσες τιμές των τριών παροχέων.

6.2.1 ΣΕΝΑΡΙΟ 2

Ξεκινήσαμε από τις cbr συνδέσεις και κάναμε μετρήσεις καθυστέρησης. Τα αποτελέσματα και η γραφική παράσταση παρατίθενται παρακάτω :

		ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ(sec)		
	ΧΡΟΝΟΣ	ΧΩΡΙΣ	ΕΛΕΓΧΟΣ	ΕΛΕΓΧΟΣ
		ΕΛΕΓΧΟ	ΑΠΟΔΟΧΗΣ	ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ
ΠΑΡΟΧΕΑΣ 0	50	10,96	8,81	8,81
	100	21,34	16,76	15,56
	150	20,23	14,57	13,23
	200	18,22	14,32	11,56
	250	14,32	9,91	8,26
	300	12,78	5,34	5,32
		ΧΡΟΝΟΣ		
ΠΑΡΟΧΕΑΣ 1	50	10,93	10,11	9,78
	100	33,43	28,69	23,45
	150	20,33	18,34	16,99
	200	23,99	20,66	19,23
	250	14,33	10,34	10,33
	300	9,2	8,01	7,44
		ΧΡΟΝΟΣ		
ΠΑΡΟΧΕΑΣ 2	50	12,45	12,21	10,34
	100	23,88	20,45	16,27
	150	21,34	16,67	16,81
	200	17,56	14,67	14,32
	250	11,78	11,87	11,23
	300	9,67	8,96	7,65
		ΧΡΟΝΟΣ		

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.7 : ΤΙΜΕΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2



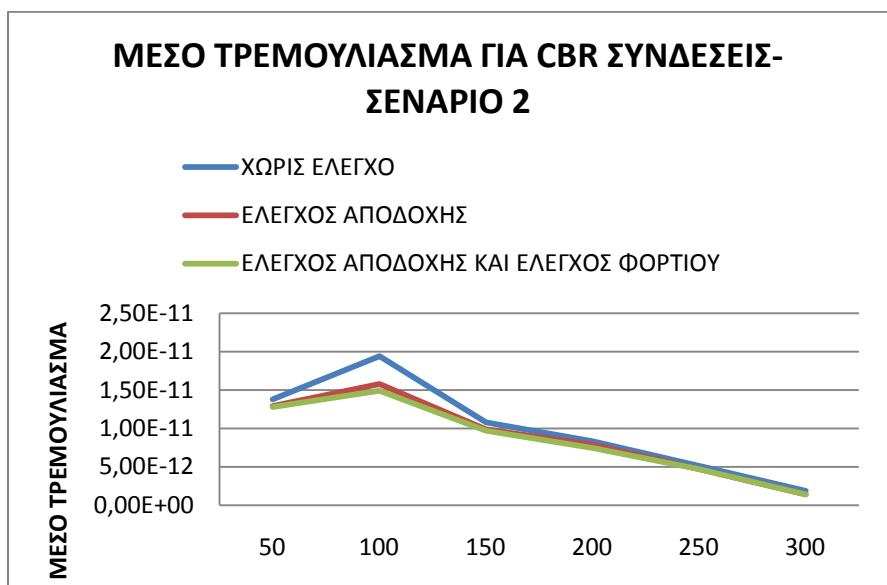
ΣΧΗΜΑ 6.6 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΗΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ-ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2

Οι μετρήσεις και η γραφική παράσταση του «τρεμουλιάσματος» παριστάνονται παρακάτω:

		"ΤΡΕΜΟΥΛΙΑΣΜΑ"(sec)		
	ΧΡΟΝΟΣ	ΧΩΡΙΣ ΕΛΕΓΧΟ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ
		ΠΑΡΟΧΕΑΣ 0	50	1,34E-11
	100	1,97E-11	1,43E-11	1,39E-11
	150	8,76E-12	7,67E-12	7,56E-12
	200	5,32E-12	5,11E-12	4,44E-12
	250	3,46E-12	3,34E-12	3,23E-12
	300	1,14E-12	1,09E-12	1,09E-12
ΠΑΡΟΧΕΑΣ 1	ΧΡΟΝΟΣ			
	50	1,23E-11	1,16E-11	1,14E-11
	100	1,87E-11	1,63E-11	1,56E-11
	150	1,03E-11	9,67E-12	9,45E-12
	200	9,56E-12	9,21E-12	8,62E-12
	250	4,22E-12	4,01E-12	3,97E-12
	300	1,03E-12	9,32E-13	9,32E-13

ΠΑΡΟΧΕΑΣ 2	ΧΡΟΝΟΣ			
	50	1,56E-11	1,39E-11	1,38E-11
	100	1,97E-11	1,67E-11	1,53E-11
	150	1,34E-11	1,22E-11	1,21E-11
	200	1,01E-11	9,32E-12	9,32E-12
	250	7,65E-12	6,75E-12	6,86E-12
	300	3,46E-12	2,24E-12	2,24E-12

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.8 : ΤΙΜΕΣ «ΤΡΕΜΟΥΛΙΑΣΜΑΤΟΣ» ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2



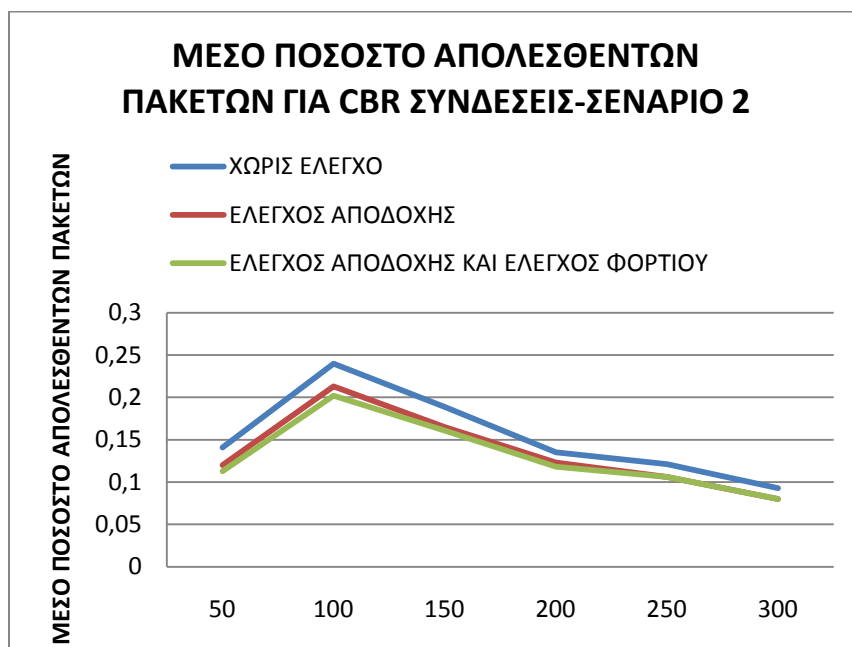
ΣΧΗΜΑ 6.7 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΟΥ «ΤΡΕΜΟΥΛΙΑΣΜΑΤΟΣ»-ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2

Όσον αφορά το ποσοστό απολεσθέντων πακέτων οι μετρήσεις και το γράφημα ήταν τα ακόλουθα:

	ΧΡΟΝΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ(ΠΑΚΕΤΑ)		
		ΧΩΡΙΣ ΕΛΕΓΧΟ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ
ΠΑΡΟΧΕΑΣ 0	50	0,131	0,123	0,112
	100	0,242	0,211	0,187
	150	0,178	0,163	0,161

	200	0,139	0,136	0,132
	250	0,123	0,119	0,12
	300	0,113	0,097	0,097
ΠΑΡΟΧΕΑΣ 1	ΧΡΟΝΟΣ			
	50	0,147	0,112	0,104
	100	0,267	0,234	0,228
	150	0,211	0,188	0,176
	200	0,156	0,145	0,147
	250	0,143	0,124	0,122
	300	0,098	0,079	0,079
	ΠΑΡΟΧΕΑΣ 2	ΧΡΟΝΟΣ		
50		0,145	0,125	0,123
100		0,211	0,196	0,192
150		0,178	0,145	0,146
200		0,111	0,089	0,076
250		0,097	0,076	0,078
300		0,07	0,066	0,066

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.9 : ΤΙΜΕΣ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2

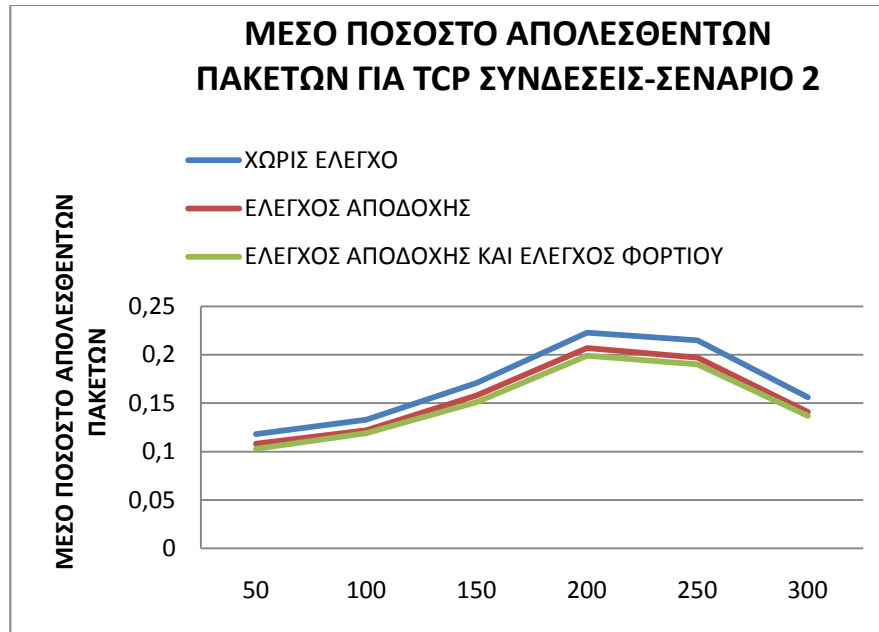


ΣΧΗΜΑ 6.8 –ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ- ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2

Όσον αφορά τις τερ συνδέσεις, τα αποτελέσματα όσον αφορά το ποσοστό απολεσθέντων πακέτων ήταν τα ακόλουθα:

		ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ(ΠΑΚΕΤΑ)		
	ΧΡΟΝΟΣ	ΧΩΡΙΣ ΕΛΕΓΧΟ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ
ΠΑΡΟΧΕΑΣ 0	50	0,112	0,107	0,101
	100	0,122	0,116	0,11
	150	0,178	0,163	0,159
	200	0,234	0,221	0,208
	250	0,223	0,211	0,207
	300	0,178	0,165	0,161
	ΠΑΡΟΧΕΑΣ 1	ΧΡΟΝΟΣ		
50		0,132	0,117	0,109
100		0,144	0,129	0,127
150		0,179	0,167	0,163
200		0,25	0,234	0,228
250		0,234	0,211	0,202
300		0,178	0,161	0,161
ΠΑΡΟΧΕΑΣ 2	ΧΡΟΝΟΣ			
	50	0,111	0,102	0,1
	100	0,133	0,121	0,12
	150	0,156	0,145	0,133
	200	0,187	0,168	0,163
	250	0,19	0,17	0,163
	300	0,112	0,099	0,089

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.10 : ΤΙΜΕΣ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2



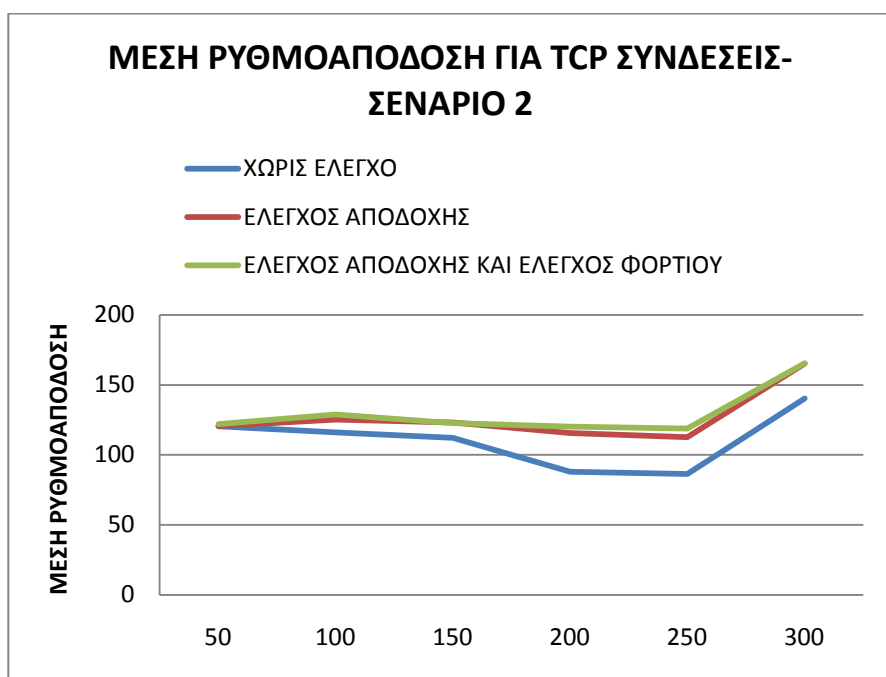
ΣΧΗΜΑ 6.9 –ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ- ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2

Τέλος, όσον αφορά τη ρυθμοαπόδοση τα αποτελέσματα ήταν τα ακόλουθα:

		ΡΥΘΜΟΑΠΟΔΟΣΗ(Kbps)		
	ΧΡΟΝΟΣ	ΧΩΡΙΣ ΕΛΕΓΧΟ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ
ΠΑΡΟΧΕΑΣ 0	50	113,45	113,45	114,12
	100	110,65	123,49	123,32
	150	105,87	119,67	118,99
	200	70,56	111,44	119,88
	250	75,34	121,99	129,13
	300	144,87	164,89	165,56
	ΠΑΡΟΧΕΑΣ 1	ΧΡΟΝΟΣ		
50		113,336	113,88	114,78
100		104,54	114,56	118,86
150		106,98	112,98	112,45
200		79,38	108,33	111,56
250		83,64	98,47	100,55

	300	156,32	165,56	165,56
ΠΑΡΟΧΕΑΣ 2	ΧΡΟΝΟΣ			
	50	134,556	134,88	137,44
	100	133	137,99	144,78
	150	123,43	136,56	136,67
	200	113,76	127,34	129,36
	250	100,39	117,69	126,89
	300	119,46	165,56	165,601

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.11 : ΤΙΜΕΣ ΡΥΘΜΟΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2



ΣΧΗΜΑ 6.10 –ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΗΣ ΡΥΘΜΟΑΠΟΔΟΣΗΣ- ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2

Το κόστος των πελατών, οι απολαβές των παροχών και ο αριθμός των αλλαγών παροχέα παριστάνονται στον παρακάτω πίνακα :

	ΧΩΡΙΣ ΕΛΕΓΧΟ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ
ΚΟΣΤΟΣ CBR ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ	18,07	20,03	20,16
ΚΟΣΤΟΣ ΤCΡ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ	13,99	14,96	15,07

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΟΛΑΒΗ ΠΑΡΟΧΕΩΝ	32,06	34,99	35,23
ΑΛΛΑΓΕΣ ΠΑΡΟΧΕΑ	8	10	12
ΟΙΚΕΙΟΘΕΛΕΙΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΠΑΡΟΧΕΑ	4	3	4

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.12 : ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΛΑΤΩΝ-ΑΠΟΛΑΒΕΣ ΠΑΡΟΧΕΩΝ-ΑΛΛΑΓΕΣ ΠΑΡΟΧΕΑ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 2

Εξετάζοντας τα αποτελέσματα για το σενάριο 2, παρατηρούμε ότι όσον αφορά τις cbr συνδέσεις, τη χρονική στιγμή της συμφόρησης (γύρω στα 100 δευτερόλεπτα) ο έλεγχος αποδοχής και ο έλεγχος φορτίου βελτιώνουν σημαντικά τη κατάσταση και ειδικά όσον αφορά τη καθυστέρηση η διαφορά ήταν σημαντική. Επίσης, παρατηρούμε ότι εφαρμόζοντας και τους δύο έλεγχους επιτυγχάνουμε μία μικρή αλλά αισθητή βελτίωση της συμπεριφοράς του δικτύου στη συμφόρηση σε σχέση με την εφαρμογή μόνο του ελέγχου αποδοχής. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρούμε ότι εφαρμόζοντας μόνο τον αλγόριθμο αποδοχής έχουμε μία αύξηση στην ποιότητα υπηρεσίας ίση με 19% ενώ εφαρμόζοντας και τους δύο τύπους ελέγχου έχουμε μία αύξηση που φτάνει το 21%. Σε συνδυασμό με τις αντίστοιχες αυξήσεις τους κόστους που φτάνουν το 10% και 11% αντίστοιχα, διαπιστώνουμε ότι και οι δύο έλεγχοι αποφέρουν μεγαλύτερη αύξηση στην ποιότητα του δικτύου από την ανάλογη αύξηση του κόστους της υπηρεσίας.

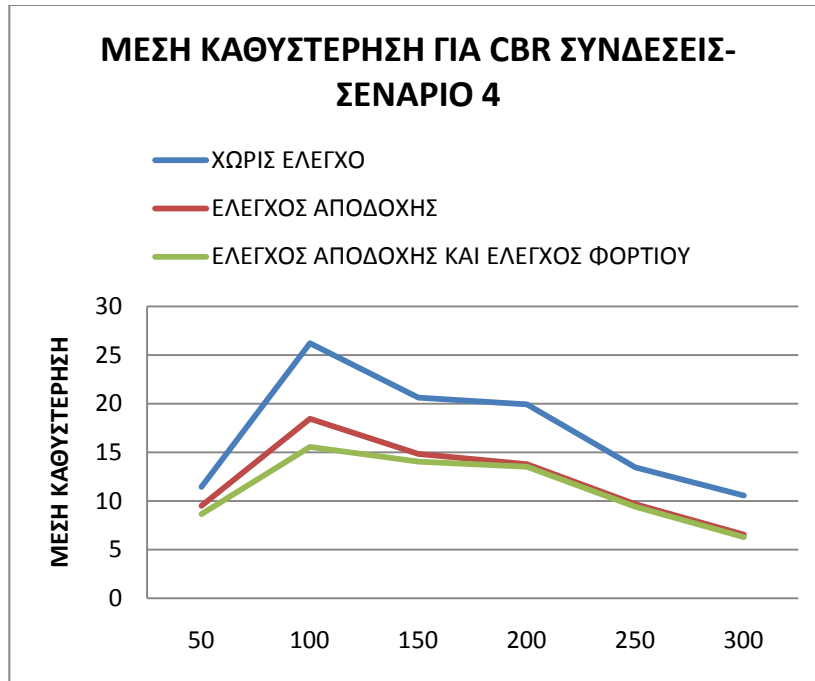
Ακριβώς την ίδια συμπεριφορά παρουσιάζουν και οι tcp συνδέσεις, όπου ειδικά όσον αφορά τη ρυθμοαπόδοση κατά τη χρονική περίοδο της συμφόρησης (200-250 δευτερόλεπτα) η βελτίωση με την εφαρμογή των δύο ελέγχων είναι τεράστια. Ανάλογα με το αν εφαρμόζουμε μόνο τον ένα ή και τους δύο τύπους ελέγχου, η αύξηση της ποιότητας υπηρεσίας είναι περίπου 21% και 22% αντίστοιχα ενώ η αντίστοιχη αύξηση του κόστους είναι 7% και 8% αντίστοιχα άρα καταλήγουμε στο ότι η χρήση τους είναι ευεργετική καθώς η αύξηση της ποιότητας υπηρεσίας είναι μεγαλύτερη από την ανάλογη αύξηση του κόστους

6.2.2 ΣΕΝΑΡΙΟ 4

Κάνοντας ακριβώς τις ίδιες μετρήσεις με το σενάριο είχαμε τα ακόλουθα αποτελέσματα:

		ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ(sec)		
	ΧΡΟΝΟΣ	ΧΩΡΙΣ ΕΛΕΓΧΟ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ
ΠΑΡΟΧΕΑΣ 0	50	10,96	7,23	7,87
	100	21,34	13,54	13,45
	150	20,23	12,56	11,34
	200	18,22	11,89	11,56
	250	14,32	9,12	8,21
	300	12,78	4,99	4,34
	ΠΑΡΟΧΕΑΣ 1	ΧΡΟΝΟΣ		
50		10,93	9,87	8,78
100		33,43	22,89	18,68
150		20,33	16,67	15,67
200		23,99	17,29	16,78
250		14,33	9,23	9,44
300		9,2	6,89	6,89
ΠΑΡΟΧΕΑΣ 2	ΧΡΟΝΟΣ			
	50	12,45	11,45	9,32
	100	23,88	18,99	14,56
	150	21,34	15,33	15,11
	200	17,56	12,18	12,23
	250	11,78	10,66	10,66
	300	9,67	7,81	7,65

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.13 : ΤΙΜΕΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 4

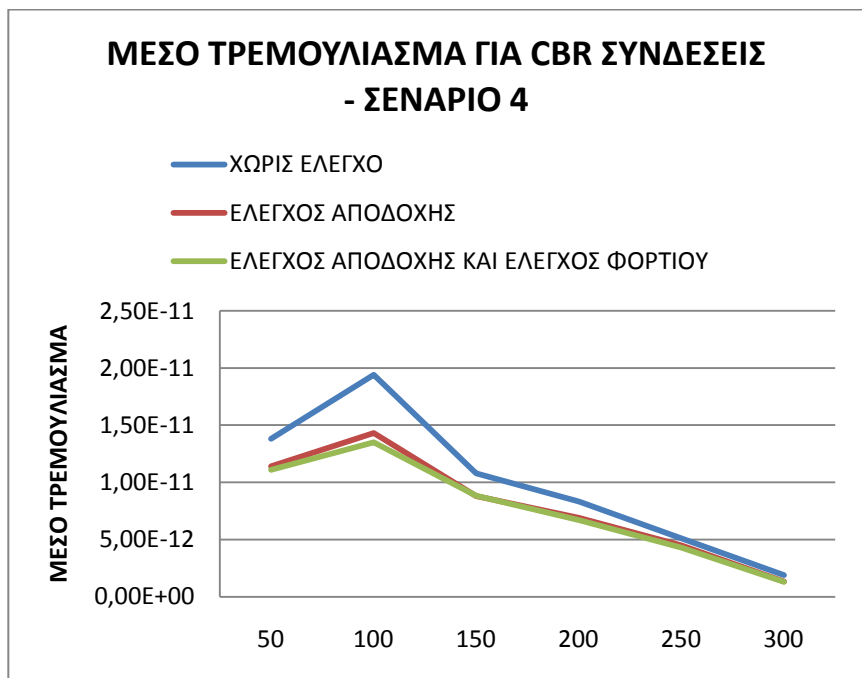


ΣΧΗΜΑ 6.11 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΗΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ-ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 4

		"ΤΡΕΜΟΥΛΙΑΣΜΑ"(sec)		
	ΧΡΟΝΟΣ	ΧΩΡΙΣ ΕΛΕΓΧΟ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ
		ΠΑΡΟΧΕΑΣ 0	50	1,34E-11
	100	1,97E-11	1,36E-11	1,31E-11
	150	8,76E-12	6,89E-12	6,66E-12
	200	5,32E-12	3,78E-12	3,32E-12
	250	3,46E-12	2,78E-12	2,75E-12
	300	1,14E-12	1,01E-12	1,01E-12
ΠΑΡΟΧΕΑΣ 1	ΧΡΟΝΟΣ			
	50	1,23E-11	1,01E-11	1,00E-11
	100	1,87E-11	1,45E-11	1,39E-11
	150	1,03E-11	8,34E-12	8,21E-12
	200	9,56E-12	8,11E-12	8,06E-12
	250	4,22E-12	3,67E-12	3,63E-12
	300	1,03E-12	9,32E-13	9,32E-13
	ΧΡΟΝΟΣ			
	50	1,56E-11	1,23E-11	1,16E-11

ΠΑΡΟΧΕΑΣ 2	100	1,97E-11	1,47E-11	1,34E-11
	150	1,34E-11	1,12E-11	1,16E-11
	200	1,01E-11	8,78E-12	8,75E-12
	250	7,65E-12	6,98E-12	6,56E-12
	300	3,46E-12	2,04E-12	1,96E-12

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.14 : ΤΙΜΕΣ «ΤΡΕΜΟΥΛΙΑΣΜΑΤΟΣ» ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 4

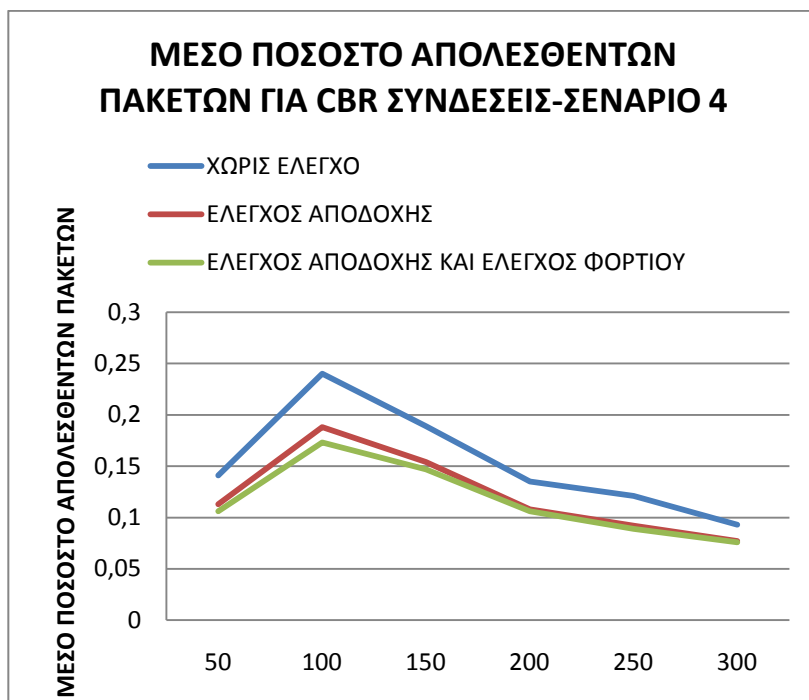


ΣΧΗΜΑ 6.12 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΟΥ «ΤΡΕΜΟΥΛΙΑΣΜΑΤΟΣ»-ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 4

		ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ(ΠΑΚΕΤΑ)		
	ΧΡΟΝΟΣ	ΧΩΡΙΣ ΕΛΕΓΧΟ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ
		ΠΑΡΟΧΕΑΣ 0	50	0,131
	100	0,242	0,198	0,187
	150	0,178	0,154	0,144
	200	0,139	0,125	0,121
	250	0,123	0,101	0,092

	300	0,113	0,093	0,09
ΠΑΡΟΧΕΑΣ 1	ΧΡΟΝΟΣ			
	50	0,147	0,112	0,105
	100	0,267	0,211	0,178
	150	0,211	0,175	0,167
	200	0,156	0,123	0,12
	250	0,143	0,112	0,112
	300	0,098	0,079	0,079
ΠΑΡΟΧΕΑΣ 2	ΧΡΟΝΟΣ			
	50	0,145	0,113	0,112
	100	0,211	0,156	0,156
	150	0,178	0,134	0,131
	200	0,111	0,076	0,078
	250	0,097	0,065	0,065
	300	0,07	0,06	0,06

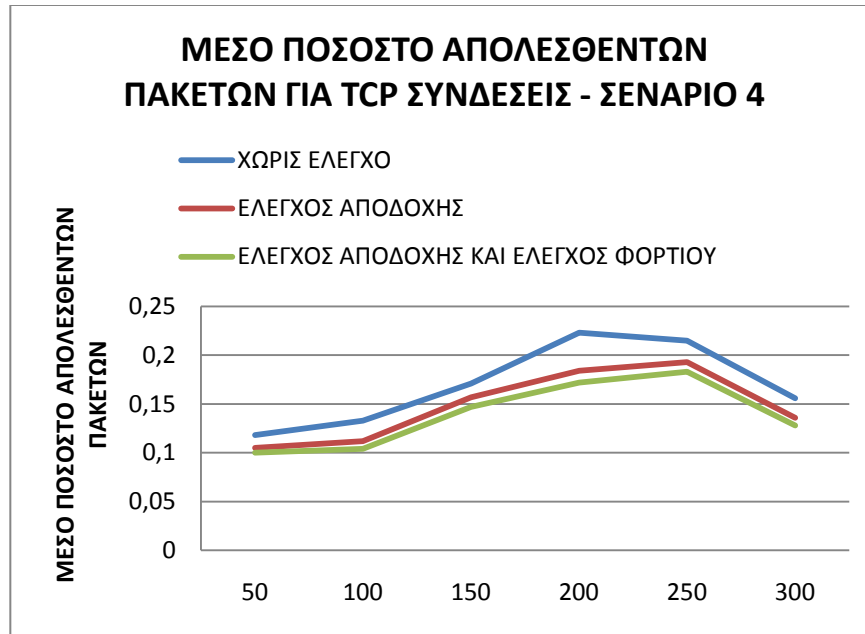
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.15 : ΤΙΜΕΣ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 4



ΣΧΗΜΑ 6.13 –ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ-ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 4

ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ(ΠΑΚΕΤΑ)				
	ΧΡΟΝΟΣ	ΧΩΡΙΣ	ΕΛΕΓΧΟΣ	ΕΛΕΓΧΟΣ
		ΕΛΕΓΧΟ	ΑΠΟΔΟΧΗΣ	ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ
ΠΑΡΟΧΕΑΣ 0	50	0,112	0,101	0,099
	100	0,122	0,109	0,102
	150	0,178	0,164	0,157
	200	0,234	0,188	0,168
	250	0,223	0,203	0,187
	300	0,178	0,157	0,146
	ΠΑΡΟΧΕΑΣ 1	ΧΡΟΝΟΣ		
50		0,132	0,116	0,112
100		0,144	0,121	0,112
150		0,179	0,166	0,157
200		0,25	0,211	0,201
250		0,234	0,207	0,198
300		0,178	0,155	0,151
ΠΑΡΟΧΕΑΣ 2	ΧΡΟΝΟΣ			
	50	0,111	0,1	0,089
	100	0,133	0,106	0,1
	150	0,156	0,143	0,129
	200	0,187	0,154	0,149
	250	0,19	0,17	0,166
	300	0,112	0,098	0,087

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.16 : ΤΙΜΕΣ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 4

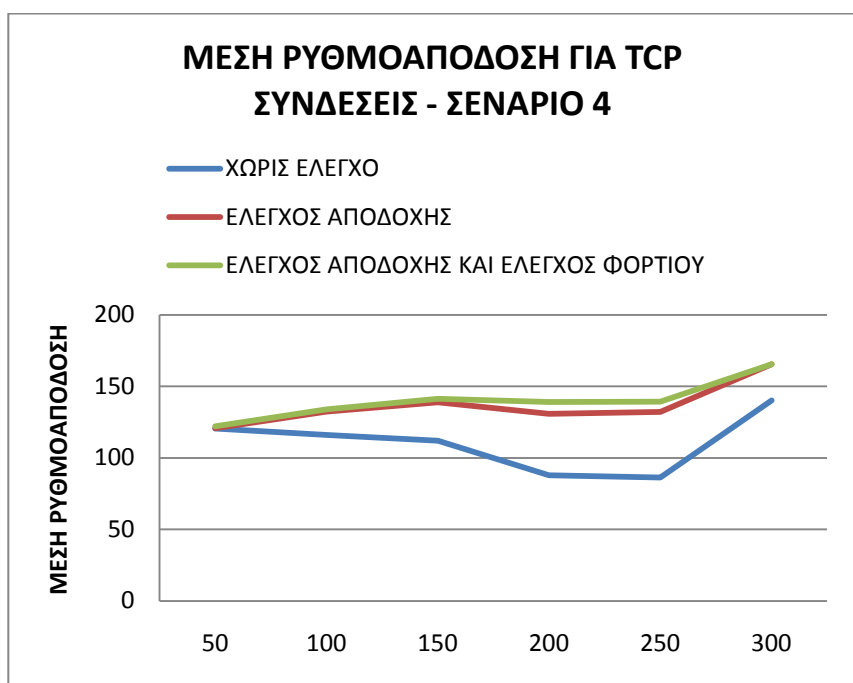


ΣΧΗΜΑ 6.14 –ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ- ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 4

		ΡΥΘΜΟΑΠΟΔΟΣΗ(Kbps)		
	ΧΡΟΝΟΣ	ΧΩΡΙΣ ΕΛΕΓΧΟ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ
ΠΑΡΟΧΕΑΣ 0	50	113,45	113,45	114,12
	100	110,65	124,88	125,67
	150	105,87	143,34	143,56
	200	70,56	140,78	144,9
	250	75,34	141,34	150,67
	300	144,87	165,56	165,56
	ΠΑΡΟΧΕΑΣ 1	ΧΡΟΝΟΣ		
50		113,336	113,88	114,78
100		104,54	126,16	130,67
150		106,98	123,88	129,99
200		79,38	117,32	133,22
250		83,64	124,81	133,89

	300	156,32	165,56	165,56
ΠΑΡΟΧΕΑΣ 2	ΧΡΟΝΟΣ			
	50	134,556	134,88	137,44
	100	133	145,88	145,88
	150	123,43	149,34	150,45
	200	113,76	134,6	139,34
	250	100,39	130,66	133,77
	300	149,46	165,65	165,65

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.17 : ΤΙΜΕΣ ΡΥΘΜΟΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 4



ΣΧΗΜΑ 6.15 –ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΗΣ ΡΥΘΜΟΑΠΟΔΟΣΗΣ- ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 4

Το κόστος των πελατών, οι απολαβές των παροχών και ο αριθμός των αλλαγών παροχέα παριστάνονται στον παρακάτω πίνακα :

	ΧΩΡΙΣ ΕΛΕΓΧΟ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ
ΚΟΣΤΟΣ CBR ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ	18,07	20,63	21,23

ΚΟΣΤΟΣ TCP ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ	13,99	15,96	16,78
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΟΛΑΒΗ ΠΑΡΟΧΕΩΝ	32,06	36,59	38,01
ΑΛΛΑΓΕΣ ΠΑΡΟΧΕΑ	8	12	14
ΟΙΚΕΙΟΘΕΛΕΙΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΠΑΡΟΧΕΑ	4	4	3

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.18 : ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΛΑΤΩΝ-ΑΠΟΛΑΒΕΣ ΠΑΡΟΧΕΩΝ-ΑΛΛΑΓΕΣ ΠΑΡΟΧΕΑ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ 4

Παρατηρούμε και εδώ την πολύ σημαντική επίδραση που έχουν οι δύο τύποι ελέγχου στην απόδοση του συστήματος σε σχέση με την μη χρήση τους. Πιο συγκεκριμένα, αν κοιτάξουμε προσεκτικά στα γραφήματα τις χρονικές περιόδους όπου προκαλείται συμφόρηση σε κάθε τύπο σύνδεσης (γύρω στα 100 δευτερόλεπτα για cbr σύνδεση και γύρω στα 200 δευτερόλεπτα για tcp σύνδεση) βλέπουμε την σημαντική βελτίωση που παρουσιάζουν οι δείκτες που προσδιορίζουν την ποιότητα υπηρεσίας, μία βελτίωση που είναι σαφώς μεγαλύτερη αν συγκριθεί με το δεύτερο σενάριο που αναλύσαμε προηγουμένως. Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά τις cbr συνδέσεις, η αύξηση της ποιότητας υπηρεσίας ανάλογα με το αν χρησιμοποιούμε τον έναν ή και τους δύο τύπους ελέγχου είναι αντίστοιχα 27% και 30% ενώ η αντίστοιχη αύξηση του κόστους των πελατών είναι 13% και 15% άρα η χρήση αυτών των ελέγχων στο σενάριο της θεωρίας παιγνίων είναι αποδοτική. Όσον αφορά τις tcp συνδέσεις, η αύξηση της ποιότητας υπηρεσίας είναι αντίστοιχα 28% και 31% ενώ η αντίστοιχη αύξηση του κόστους είναι ίση με 13% και 17% αντίστοιχα άρα και σε αυτόν τον τύπο σύνδεσης η χρήση των δύο ελέγχων είναι άκρως αποδοτική.

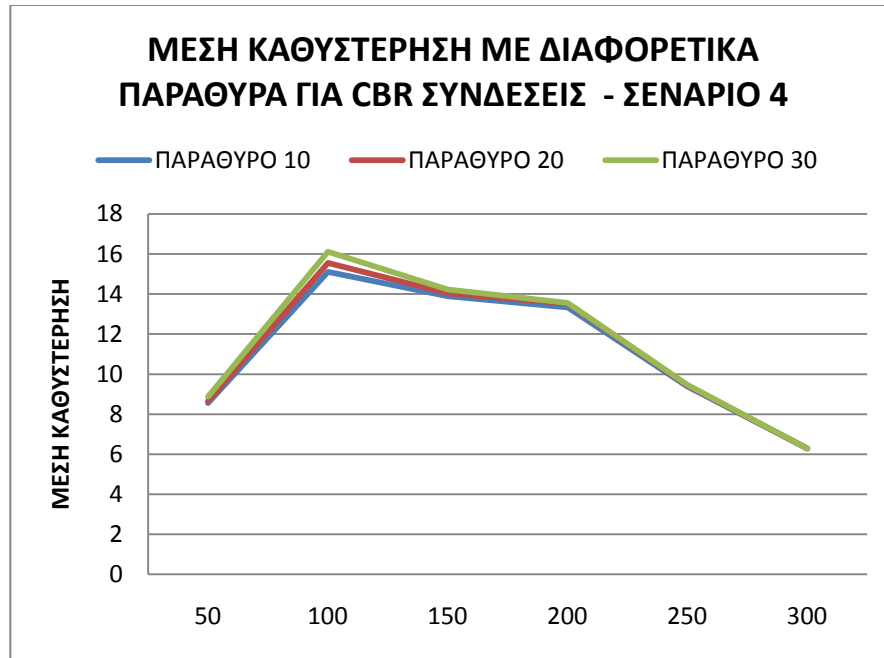
6.3 ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΠΑΡΑΘΥΡΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Αφού καταλήξαμε στο ότι το σενάριο της θεωρίας παιγνίων παρουσιάζει τη καλύτερη συμπεριφορά σε σχέση με τα άλλα πιθανά σενάρια, θα ήταν ενδιαφέρον να μελετήσουμε τη μεταβολή που θα έχουν όλοι οι δείκτες που μελετάμε αν χρησιμοποιήσουμε διαφορετικά παράθυρα ελέγχου. Υπενθυμίζουμε ότι στο κεντρικό σενάριο της προσομοίωσης μας το παράθυρο αυτό είχε την τιμή 20, κάτι που σήμαινε ότι στον έλεγχο αποδοχής κλήσεων όλες οι αιτήσεις ροής κίνησης πριν από τα 20 δευτερόλεπτα γίνονταν απευθείας δεκτές και ότι ο έλεγχος φορτίου εκτελούνταν περιοδικά ανά 20 δευτερόλεπτα.

Παρακάτω θα παρουσιάσουμε απευθείας σε πίνακες τις μέσες τιμές από τους τρεις παροχές των μεγεθών που μελετάμε για κάθε τύπο σύνδεσης και τις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να διευκρινίσουμε ότι κάναμε μετρήσεις για παράθυρο ελέγχου ίσο με 10 δευτερόλεπτα και για παράθυρο ελέγχου ίσο με 30 δευτερόλεπτα. Οι μέσες τιμές των αποτελεσμάτων μας και τα αντίστοιχα γραφήματα παρατίθενται παρακάτω:

		ΜΕΣΗ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ(sec)			
		ΧΡΟΝΟΣ	ΠΑΡΑΘΥΡΟ=10	ΠΑΡΑΘΥΡΟ=20	ΠΑΡΑΘΥΡΟ=30
ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΑΡΟΧΕΩΝ	50		8,56	8,65	8,88
	100		15,11	15,56	16,12
	150		13,89	14,04	14,23
	200		13,34	13,52	13,56
	250		9,38	9,43	9,46
	300		6,29	6,29	6,29

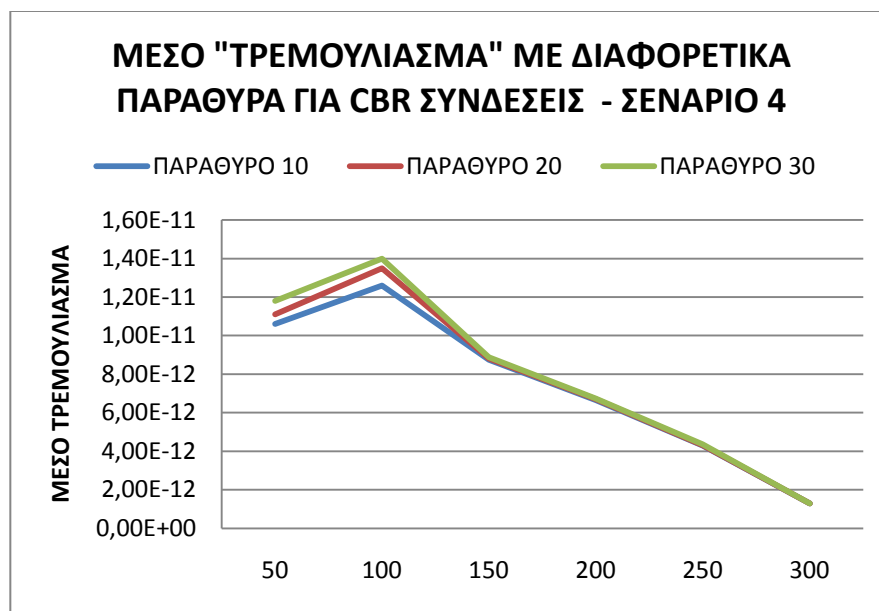
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.19 : ΤΙΜΕΣ ΜΕΣΗΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ



ΣΧΗΜΑ 6.16 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΗΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ-ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

	ΧΡΟΝΟΣ	ΜΕΣΟ "ΤΡΕΜΟΥΛΙΑΣΜΑ"(sec)		
		ΠΑΡΑΘΥΡΟ=10	ΠΑΡΑΘΥΡΟ=20	ΠΑΡΑΘΥΡΟ=30
ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΑΡΟΧΕΩΝ	50	1,06E-11	1,11E-11	1,18E-11
	100	1,26E-11	1,35E-11	1,40E-11
	150	8,75E-12	8,82E-12	8,88E-12
	200	6,66E-12	6,71E-12	6,74E-12
	250	4,29E-12	4,31E-12	4,36E-12
	300	1,30E-12	1,30E-12	1,30E-12

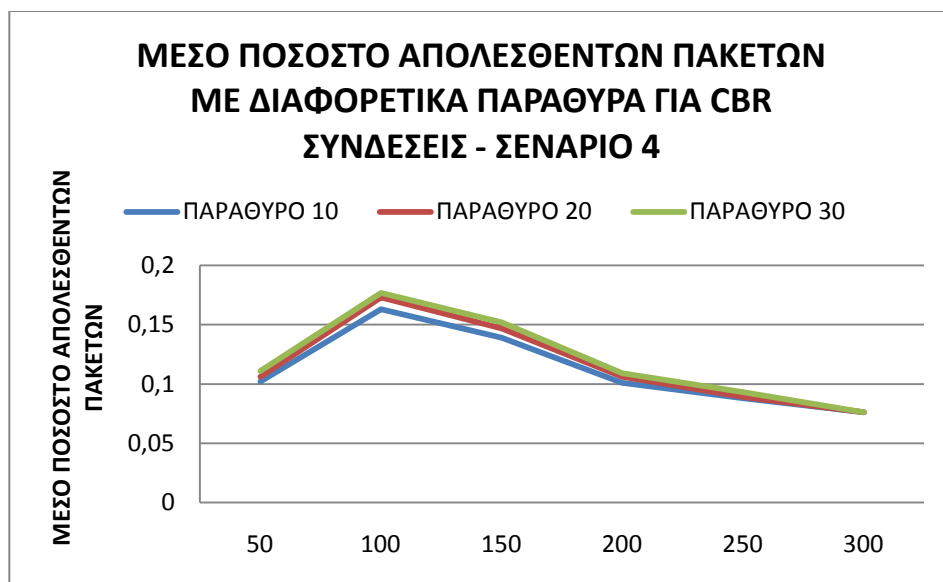
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.20 : ΤΙΜΕΣ ΜΕΣΟΥ «ΤΡΕΜΟΥΛΙΑΣΜΑΤΟΣ» ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ



ΣΧΗΜΑ 6.17 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΟΥ «ΤΡΕΜΟΥΛΙΑΣΜΑΤΟΣ»-ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

	ΧΡΟΝΟΣ	ΜΕΣΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ(ΠΑΚΕΤΑ)		
		ΠΑΡΑΘΥΡΟ=10	ΠΑΡΑΘΥΡΟ=20	ΠΑΡΑΘΥΡΟ=30
ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΑΡΟΧΕΩΝ	50	0,102	0,106	0,111
	100	0,163	0,173	1,77E-01
	150	0,139	0,147	1,52E-01
	200	0,101	0,106	1,09E-01
	250	0,088	0,089	9,30E-02
	300	0,076	0,076	7,60E-02

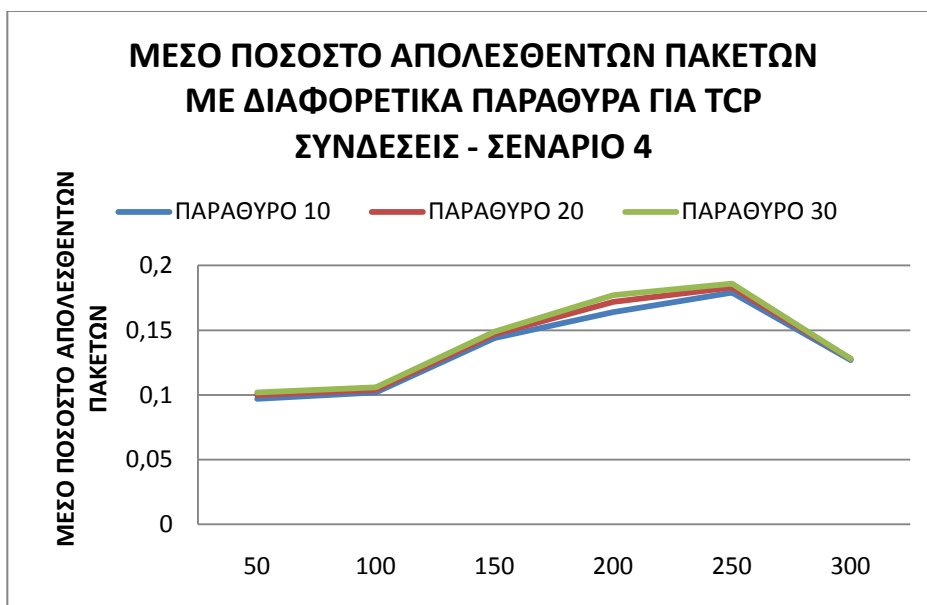
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.21 : ΤΙΜΕΣ ΜΕΣΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ



ΣΧΗΜΑ 6.18 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ - ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

		ΜΕΣΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ		
		ΠΑΡΑΘΥΡΟ=10	ΠΑΡΑΘΥΡΟ=20	ΠΑΡΑΘΥΡΟ=30
ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΑΡΟΧΕΩΝ	ΧΡΟΝΟΣ			
	50	0,097	0,1	0,102
	100	0,102	0,104	0,106
	150	0,144	0,147	0,149
	200	0,164	0,172	0,177
	250	0,179	0,183	0,186
	300	0,127	0,128	0,128

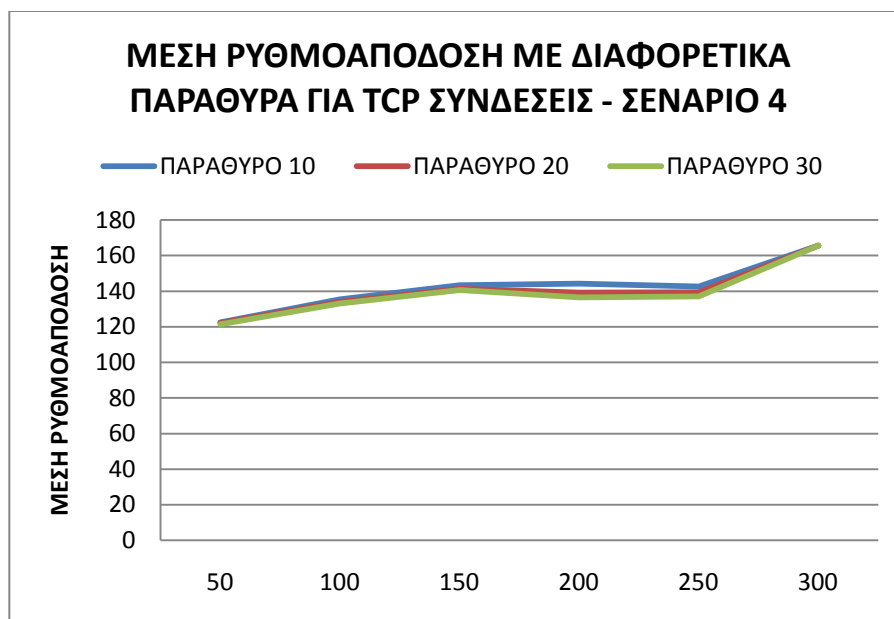
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.22 : ΤΙΜΕΣ ΜΕΣΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ



ΣΧΗΜΑ 6.19 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ - ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

		ΜΕΣΗ ΡΥΘΜΟΑΠΟΔΟΣΗ (Kbps)		
		ΧΡΟΝΟΣ	ΠΑΡΑΘΥΡΟ=10	ΠΑΡΑΘΥΡΟ=20
ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΑΡΟΧΕΩΝ	50	122,56	122,11	121,34
	100	135,45	134,07	133,01
	150	143,34	141,33	140,56
	200	144,23	139,15	136,55
	250	142,54	139,44	137,02
	300	165,56	165,59	165,56

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.23 : ΤΙΜΕΣ ΜΕΣΗΣ ΡΥΘΜΟΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ



ΣΧΗΜΑ 6.20 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΗΣ ΡΥΘΜΟΑΠΟΔΟΣΗΣ - ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

Επίσης το κόστος των πελατών κάθε τύπου υπηρεσίας, η συνολική απολαβή των παροχών και ο αριθμός των αλλαγών παροχέα κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης παριστάνονται στον παρακάτω πίνακα:

	ΠΑΡΑΘΥΡΟ=10	ΠΑΡΑΘΥΡΟ=20	ΠΑΡΑΘΥΡΟ=30
ΚΟΣΤΟΣ CBR ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ	22,47	21,23	20,98
ΚΟΣΤΟΣ ΤCΡ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ	18,18	16,78	16,49
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΟΛΑΒΗ ΠΑΡΟΧΕΩΝ	40,65	38,01	36,87
ΑΛΛΑΓΕΣ ΠΑΡΟΧΕΑ	19	14	12
ΟΙΚΕΙΟΘΕΛΕΙΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΠΑΡΟΧΕΑ	4	3	3

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.24 : ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΛΑΤΩΝ-ΑΠΟΛΑΒΕΣ ΠΑΡΟΧΕΩΝ-ΑΛΛΑΓΕΣ ΠΑΡΟΧΕΑ ΓΙΑ ΤΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

Παρατηρώντας τις γραφικές παραστάσεις, βλέπουμε ότι μικραίνοντας το παράθυρο ελέγχου έχουμε μία μικρή βελτίωση στους δείκτες που προσδιορίζουν την ποιότητα υπηρεσίας του δικτύου μας σε αντίθεση με ένα μεγαλύτερο παράθυρο. Αυτό είναι ένα πολύ λογικό συμπέρασμα, καθώς έχοντας ένα μικρό παράθυρο ελέγχου μπορούμε να ελέγχουμε περισσότερες κλήσεις πριν γίνουν αποδεκτές (έλεγχος αποδοχής) και να ελέγχουμε σε πιο τακτά χρονικά διαστήματα το συνολικό φορτίο των παροχέων (έλεγχος φορτίου) αποφεύγοντας με έναν πιο σύντομο τρόπο μία πιθανή συμφόρηση. Από την άλλη μεριά, παρατηρούμε ότι με τη χρήση ενός μικρού παράθυρου έχουμε περισσότερες αλλαγές παροχέα εξαιτίας των περισσότερων ελέγχων που γίνονται κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης, κάτι που οδηγεί στη διαμόρφωση ενός «αυστηρού» και αργού δικτύου καθώς οι συχνοί έλεγχοι μειώνουν σημαντικά την απόδοση του συστήματος.

Όσον αφορά το κόστος, παρατηρούμε ότι μικραίνοντας το παράθυρο ελέγχου αυξάνεται το κόστος των πελατών (αλλά αντισταθμίζεται από τη βελτίωση της ποιότητας υπηρεσίας) άρα αυξάνεται και η συνολική απολαβή των παροχέων και τέλος αυξάνονται και οι αλλαγές παροχέα. Αυτή η τελευταία παρατήρηση είναι ένας καταλυτικός παράγοντας όσον αφορά τη μείωση της απόδοσης του συστήματος που αναφέραμε παραπάνω.

Συνοψίζοντας, παρατηρούμε ότι μικραίνοντας το παράθυρο ελέγχου παρατηρούμε μία αύξηση περίπου ίση με 5% για τις cbr κλήσεις και 3% για τις tcp κλήσεις. Βλέπουμε επίσης μία αύξηση του κόστους των πελατών κατά 6% και 8% αντίστοιχα. Βλέπουμε δηλαδή ότι η αύξηση του κόστους είναι μεγαλύτερη από την αύξηση της ποιότητας υπηρεσίας και σε συνδυασμό με την μεγάλη αύξηση των αλλαγών παροχέα, το μικρότερο παράθυρο δεν απέδωσε όσο θα έπρεπε. Στο μεγαλύτερο παράθυρο είχαμε μείωση της ποιότητας υπηρεσίας γύρω στο 4% για τα δύο είδη συνδέσεων και αντίστοιχη μείωση του κόστους γύρω στο 1,5%. Άρα βλέπουμε ότι μία μικρή μείωση του κόστους συνδεόταν με μία λίγο μεγαλύτερη μείωση της ποιότητας υπηρεσίας και το παράθυρο αυτό είχε χειρότερη συμπεριφορά από το παράθυρο του κεντρικού σεναρίου.

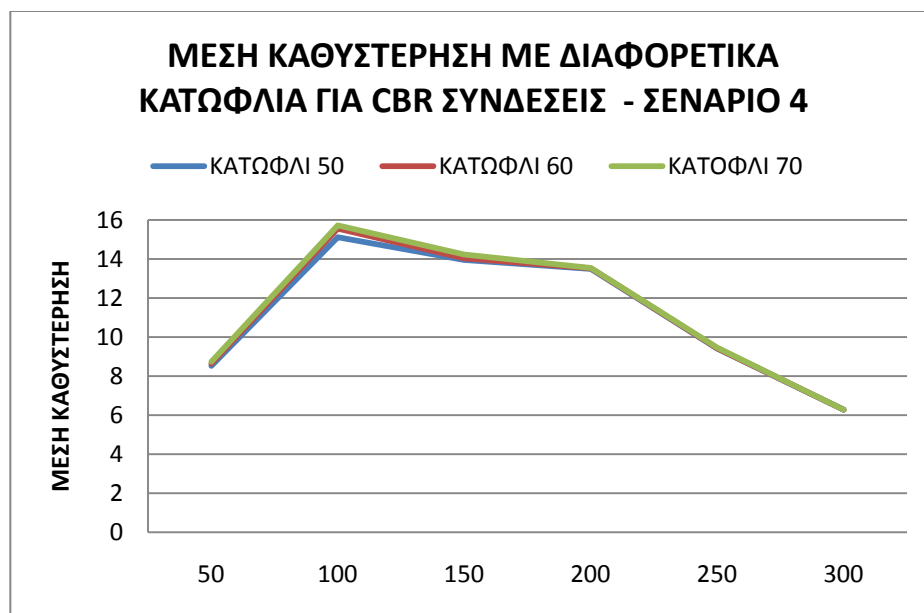
6.4 ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΚΑΤΩΦΛΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Η τελική δοκιμή που κάναμε ήταν να χρησιμοποιήσουμε το σενάριο της θεωρίας παιγνίων δοκιμάζοντας διαφορετικά κατώφλια ελέγχου στον έλεγχο φορτίου. Έτσι, ανάλογα με το αν αυξάνεται ή μειώνεται το παραπάνω κατώφλι, αυξάνονται ή μειώνονται οι πιθανότητες να γίνει ολικός ή τοπικός έλεγχος κατά τη διάρκεια του ελέγχου φορτίου. Υπενθυμίζουμε ότι στο κεντρικό σενάριο μας το κατώφλι ελέγχου ήταν στο 60% και οι δοκιμές μας έγιναν με κατώφλια 50% και 70%.

Στους παρακάτω πίνακες παραθέτουμε τις μέσες τιμές από τους τρεις παροχές των μεγεθών που υπολογίζουμε για κάθε τύπο υπηρεσίας καθώς και τα αντίστοιχα γραφήματα τους.

		ΜΕΣΗ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ(sec)		
		ΧΡΟΝΟΣ	ΚΑΤΩΦΛΙ=50%	ΚΑΤΩΦΛΙ=60%
ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΑΡΟΧΕΩΝ	50	8,53	8,65	8,74
	100	15,12	15,56	15,73
	150	13,96	14,04	14,23
	200	13,5	13,52	13,55
	250	9,42	9,43	9,46
	300	6,29	6,29	6,29

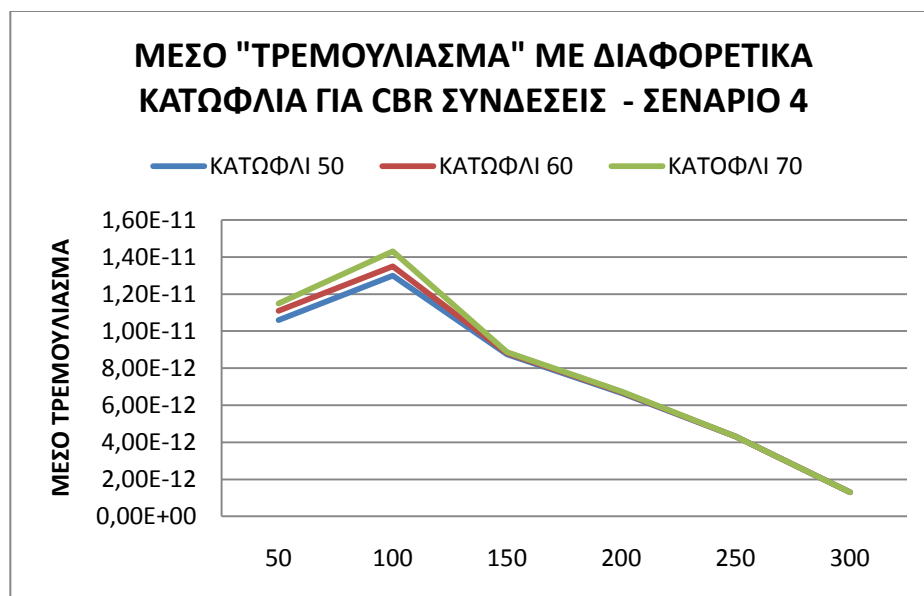
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.25 : ΤΙΜΕΣ ΜΕΣΗΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΚΑΤΩΦΛΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ



ΣΧΗΜΑ 6.21 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΗΣ ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗΣ-ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΚΑΤΩΦΛΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

	ΧΡΟΝΟΣ	ΜΕΣΟ "ΤΡΕΜΟΥΛΙΑΣΜΑ"(sec)		
		ΚΑΤΩΦΛΙ=50%	ΚΑΤΩΦΛΙ=60%	ΚΑΤΩΦΛΙ=70%
ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΑΡΟΧΕΩΝ	50	1,06E-11	1,11E-11	1,15E-11
	100	1,30E-11	1,35E-11	1,43E-11
	150	8,74E-12	8,82E-12	8,86E-12
	200	6,66E-12	6,71E-12	6,74E-12
	250	4,31E-12	4,31E-12	4,31E-12
	300	1,30E-12	1,30E-12	1,30E-12

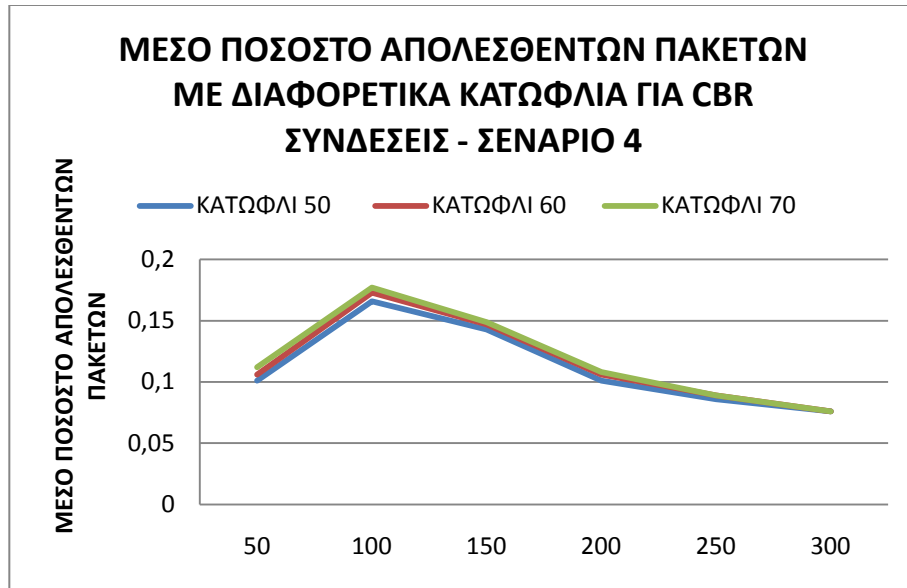
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.26 : ΤΙΜΕΣ ΜΕΣΟΥ «ΤΡΕΜΟΥΛΙΑΣΜΑΤΟΣ» ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΚΑΤΩΦΛΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ



ΣΧΗΜΑ 6.22 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΟΥ «ΤΡΕΜΟΥΛΙΑΣΜΑΤΟΣ»-ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΚΑΤΩΦΛΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

	ΧΡΟΝΟΣ	ΜΕΣΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ(ΠΑΚΕΤΑ)		
		ΚΑΤΩΦΛΙ=50%	ΚΑΤΩΦΛΙ=60%	ΚΑΤΩΦΛΙ=70%
ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΑΡΟΧΕΩΝ	50	0,101	0,106	0,112
	100	1,66E-01	0,173	0,177
	150	1,43E-01	0,147	0,149
	200	1,01E-01	0,106	0,108
	250	8,60E-02	0,089	0,089
	300	7,60E-02	0,076	0,076

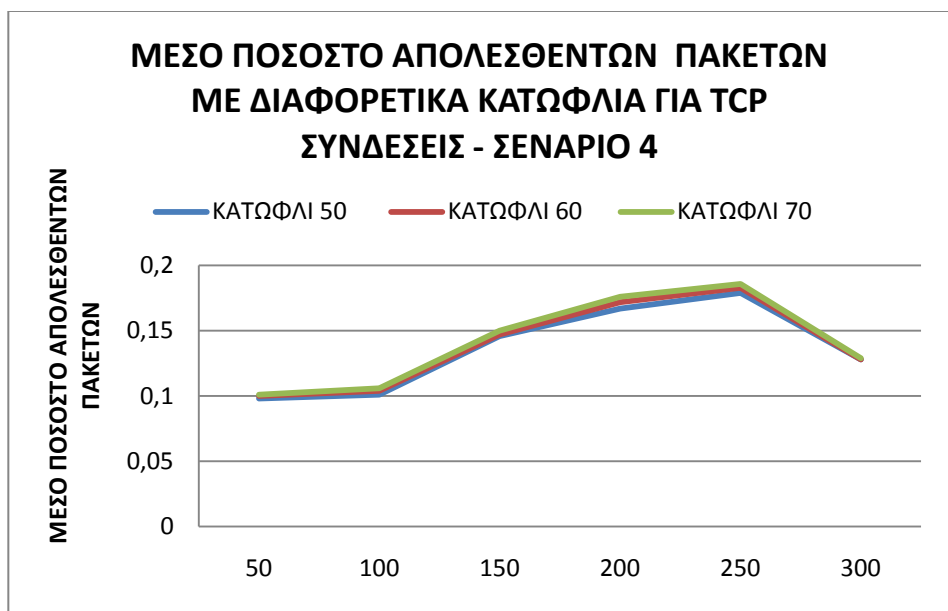
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.27 : ΤΙΜΕΣ ΜΕΣΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΚΑΤΩΦΛΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ



ΣΧΗΜΑ 6.23 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ - ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΚΑΤΩΦΛΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

	ΧΡΟΝΟΣ	ΜΕΣΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ(ΠΑΚΕΤΑ)		
		ΚΑΤΩΦΛΙ=50%	ΚΑΤΩΦΛΙ=60%	ΚΑΤΩΦΛΙ=70%
ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΑΡΟΧΕΩΝ	50	0,098	0,1	0,101
	100	0,101	0,104	0,106
	150	0,146	0,147	0,15
	200	0,167	0,172	0,176
	250	0,179	0,183	0,186
	300	0,128	0,128	0,129

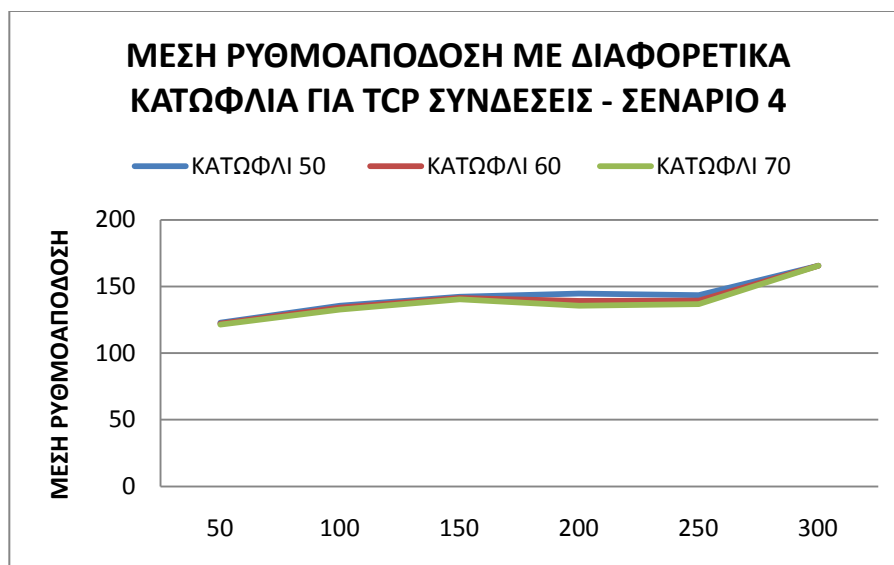
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.28 : ΤΙΜΕΣ ΜΕΣΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΚΑΤΩΦΛΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ



ΣΧΗΜΑ 6.24 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΟΥ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΑΠΟΛΕΣΘΕΝΤΩΝ ΠΑΚΕΤΩΝ - ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΚΑΤΩΦΛΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

	ΧΡΟΝΟΣ	ΜΕΣΗ ΡΥΘΜΟΑΠΟΔΟΣΗ(Kbps)		
		ΚΑΤΩΦΛΙ=50%	ΚΑΤΩΦΛΙ=60%	ΚΑΤΩΦΛΙ=70%
ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΑΡΟΧΕΩΝ	50	122,78	122,11	121,34
	100	135,56	134,07	132,78
	150	142,33	141,33	140,34
	200	144,68	139,15	135,56
	250	143,56	139,44	136,89
	300	165,56	165,59	165,56

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.29 : ΤΙΜΕΣ ΜΕΣΗΣ ΡΥΘΜΟΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΚΑΤΩΦΛΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ



ΣΧΗΜΑ 6.25 – ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΕΣΗΣ ΡΥΘΜΟΑΠΟΔΟΣΗΣ - ΧΡΟΝΟΥ ΓΙΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΚΑΤΩΦΛΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

Επίσης το κόστος των πελατών κάθε τύπου υπηρεσίας, η συνολική απολαβή των παροχέων και ο αριθμός των αλλαγών παροχέα κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης παριστάνονται στον παρακάτω πίνακα:

	ΚΑΤΩΦΛΙ=50%	ΚΑΤΩΦΛΙ=60%	ΚΑΤΩΦΛΙ=70%
ΚΟΣΤΟΣ CBR ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ	22,11	21,23	20,56
ΚΟΣΤΟΣ ΤCΡ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ	18,67	16,78	16,45
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΟΛΑΒΗ ΠΑΡΟΧΕΩΝ	40,78	38,01	37,01
ΑΛΛΑΓΕΣ ΠΑΡΟΧΕΑ	17	14	13
ΟΙΚΕΙΟΘΕΛΕΙΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΠΑΡΟΧΕΑ	5	3	4

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.30 : ΚΟΣΤΟΣ ΠΕΛΑΤΩΝ-ΑΠΟΛΑΒΕΣ ΠΑΡΟΧΕΩΝ-ΑΛΛΑΓΕΣ ΠΑΡΟΧΕΑ ΓΙΑ ΤΑ 3 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΚΑΤΩΦΛΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

Με βάση τα παραπάνω γραφήματα, παρατηρούμε ότι η χρήση ενός μικρότερου κατώφλιου οδηγεί σε μια μικρή βελτίωση των ποσοτικών μεγεθών που προσδιορίζουν την ποιότητα υπηρεσίας ενός δικτύου. Επίσης, παρατηρούμε ότι εισάγοντας ένα μεγαλύτερο κατώφλι έχουμε μία μικρή μείωση της ικανότητας του δικτύου μας να αντιμετωπίσει το φαινόμενο της συμφόρησης. Η βελτίωση της ποιότητας υπηρεσίας με τη χρήση ενός μικρότερου κατώφλιου έγκειται στο γεγονός ότι ένα μικρότερο κατώφλι αυξάνει τις πιθανότητες να εκτελείται τοπικός έλεγχος κατά τη διάρκεια του ελέγχου φορτίου, κάτι που σημαίνει ότι σε μία τέτοια περίπτωση θα εξετάζονται όλες οι ενεργές συνδέσεις του παροχέα μια προς μία και όχι συνολικά όπως συμβαίνει στον ολικό έλεγχο φορτίου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχει η πιθανότητα να έχουμε δύο ή και περισσότερες αποχωρήσεις κλήσεων από τον ίδιο παροχέα σε έναν έλεγχο φορτίου αν χρειάζεται προκειμένου να βελτιωθεί η συνολική ποιότητα του δικτύου. Από την άλλη μεριά, μεγαλύτερες πιθανότητες να εκτελείται τοπικός έλεγχος συνεπάγεται και μεγαλύτερη καθυστέρηση και «αυστηρότητα» του δικτύου, καθώς θα πρέπει να εξετάζει κάθε ενεργή σύνδεση μία προς μία περισσότερες φορές και έτσι θα μειώνεται και η απόδοση όλου του συστήματος. Αυτή τη πιθανή εκδοχή μπορούμε να την επιβεβαιώσουμε αν παρατηρήσουμε την αύξηση των αλλαγών παροχέα που έγιναν χρησιμοποιώντας ένα μικρότερο κατώφλι.

Όσον αφορά το κόστος, παρατηρούμε ότι με ένα μεγαλύτερο κατώφλι μεγαλώνει και η συνολική απολαβή των παροχέων, με αρνητικό όμως αποτέλεσμα την αύξηση των αλλαγών παροχέα, κάτι που οδηγεί στην μείωση της απόδοσης του συστήματος. Επίσης, χρησιμοποιώντας ένα μικρότερο κατώφλι ελέγχου, παρατηρούμε ότι αυξάνονται ελαφρά οι οικειοθελείς αλλαγές παροχέα.

Καταλήγοντας, παρατηρούμε ότι μικραίνοντας το κατώφλι ελέγχου πετυχαίνουμε μία αύξηση στην ποιότητα υπηρεσίας της τάξεως του 4% περίπου για τις cbr συνδέσεις και 5% για τις tcp συνδέσεις και μία ανάλογη αύξηση του κόστους των πελατών της τάξεως του 4% και 11% αντίστοιχα. Έτσι, βλέπουμε ότι σε γενικές γραμμές η αύξηση του κόστους είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη αύξηση της ποιότητας υπηρεσίας και σε συνδυασμό με την αύξηση των αλλαγών παροχέα συμπεραίνουμε ότι η μείωση του κατώφλιου ελέγχου δεν απέδωσε στην προσομοίωση μας. Όσον αφορά το μεγαλύτερο

κατώφλι ελέγχου, παρατηρούμε ότι έχουμε μία μείωση της ποιότητας υπηρεσίας κατά περίπου 4% και 6% για τις cbf και tcp συνδέσεις αντίστοιχα και το κόστος των πελατών μειώνεται κατά περίπου 3% και 2% αντίστοιχα. Έτσι, συμπεραίνουμε ότι η μείωση της ποιότητας υπηρεσίας είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη μείωση του κόστους των πελατών και καταλήγουμε στο ότι η χρήση του μεγαλύτερου κατωφλίου δεν απέδωσε στην προσομοίωση μας.

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Σε αυτήν την διπλωματική εργασία έγινε η προσπάθεια να μελετηθούν ορισμένοι από τους μηχανισμούς ελέγχου αποδοχής κλήσεων και ελέγχου φορτίου. Επικεντρωθήκαμε στην μελέτη και στην επίδραση του φαινομένου της συμφόρησης στην ποιότητα υπηρεσίας σε ένα ασύρματο δίκτυο. Πιο συγκεκριμένα, έγινε η προσπάθεια να μελετηθούν οι διακυμάνσεις συγκεκριμένων ποσοτικών μεγεθών τα οποία καθορίζουν την ποιότητα υπηρεσίας ενός δικτύου, όπως ήταν η καθυστέρηση πακέτου και η ρυθμοαπόδοση.

Μέσα από την υλοποίηση μετρήσεων και την εξαγωγή αριθμητικών αποτελεσμάτων, καταλήξαμε στο ότι την καλύτερη συμπεριφορά είχε το σενάριο της θεωρίας παιγνίων. Παρ' όλα αυτά, μία χρήσιμη ερευνητική προσπάθεια θα μπορούσε να επικεντρωθεί στην επίδραση της απόστασης στην συνολική ποιότητα υπηρεσίας που προσφέρει ένας συγκεκριμένος παροχέας στην περίπτωση που εφαρμόζουμε θεωρία παιγνίων. Μία τέτοια προσπάθεια θα είχε μεγάλο ενδιαφέρον, καθώς η εγγύηση ενός συγκεκριμένου επιπέδου ποιότητας υπηρεσίας ενδεχομένως να είναι πλασματική, καθώς μιλάμε για ένα ασύρματο περιβάλλον όπου πιθανές απώλειες διάδοσης (πυκνοκατοικημένες περιοχές) οδηγούν σε μία σημαντική μείωση της ποιότητας υπηρεσίας.

Ακόμα, στην διπλωματική εργασία έγινε μία προσπάθεια να εισαχθεί και η έννοια του κόστους στην επιλογή του καλύτερου σεναρίου για εμάς. Το κόστος που υπολογίζαμε εμείς ήταν ανάλογο των πακέτων που έχουν ληφθεί κατά την διάρκεια της προσομοίωσης μας. Έτσι, μία ερευνητική προσπάθεια η οποία θα επικεντρωνόταν στην αξιοποίηση του κόστους ως μέτρο ικανοποίησης των πελατών σε μία πιθανή προσομοίωση θα ήταν ιδιαίτερος ωφέλιμη. Πιο συγκεκριμένα, θα μπορούσε να εισαχθεί και η παράμετρος του κόστους στην πιθανή αλλαγή παροχέα των πελατών εφαρμόζοντας ένα κεντρικό σενάριο προσομοίωσης ανάλογο με το δικό μας.