

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΡΗΤΗΣ**

**Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών
Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής & Πολυμέσων**



Πτυχιακή Εργασία

“ Σχεδίαση, υλοποίηση και αξιολόγηση απόδοσης ενός δικτυακού περιβάλλοντος σύγκλισης IP/DVB για την παροχή υπηρεσιών VOIP σε αστικές και απομακρυσμένες περιοχές. ”

**ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΝΑΚΟΣ-ΚΟΤΣΙΩΝΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 23/10/2007**

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΜΑΡΚΑΚΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΡΗΤΗΣ**

Στην οικογένεια μου,
με ιδιαίτερη εκτίμηση και αγάπη

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας, η οποία υλοποιήθηκε στο Εργαστήριο Τηλεπικοινωνιών και Δικτύων (ΠΑΣΙΦΑΗ) του Α.Τ.Ε.Ι Κρήτης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους οι οποίοι βοήθησαν στην περάτωση αυτής της εργασίας.

Κατά κύριο λόγο, οφείλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντά μου από το Α.Τ.Ε.Ι Κρήτης κ. Μαρκάκη Ευάγγελο ο οποίος με υποστήριξε καθ' όλη τη διάρκεια της πτυχιακής εργασίας. Αισθάνομαι όσο λίγοι, ευνοημένος που στο διάστημα αυτό ένιωθα πάντα τη σιγουριά ότι σε κάθε βήμα είχα την υλική αλλά και ηθική βοήθεια που χρειαζόμουν για να προχωρήσω στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας. Ευγνωμοσύνη οφείλω και στους Ερευνητές καθηγητές του Α.Τ.Ε.Ι Κρήτης Δρ. Ζαχαρόπουλο Βασίλειο, Δρ. Πάλλη Ευάγγελο, Μαστοράκη Γεώργιο, Σιδέρη Ανάργυρο και Ξυλούρη Γεώργιο.

Τέλος, ευχαριστώ όλους εκείνους που ήταν δίπλα μου σε όλη αυτή την προσπάθεια παρέχοντας απεριόριστη ψυχολογική υποστήριξη και κατανόηση.

Ηράκλειο, Οκτώβριος 2007

Νάκος-Κοτσιώνης Κωνσταντίνος

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Περίληψη

Από το 1871 ξεκίνησε μια νέα εποχή η οποία οδήγησε στην εφεύρεση του τηλεφώνου το 1876 από τον Alexander Graham Bell. Ύστερα αυτή η λαμπρή εφεύρεση εξελίχτηκε και αναπτύχθηκε και έχει γίνει απαραίτητο εργαλείο επικοινωνίας για κάθε άνθρωπο. Στην αρχή σαν ενσύρματο μέσο τηλεφωνίας που υπήρχε σε κάθε οικεία, ενώ αργότερα εξελίχτηκε και σε ασύρματο κάνοντας δυνατή την επικοινωνία και εκτός οικείας. Παράλληλα όμως αναπτύχθηκε και μια άλλη μορφή επικοινωνίας το Internet η οποία έχει εξίσου τεράστια επιρροή στην επικοινωνία του ανθρώπου. Το μέλλον είναι γεμάτο εκπλήξεις και έτσι δημιουργήθηκε μια τεχνολογία επικοινωνίας η οποία ενώνει την τηλεφωνία και το Internet. Η τεχνολογία αυτή ονομάζεται VoIP και με τις δυνατότητες και την ανάπτυξη του Internet, γίνεται ο κυρίαρχος της επικοινωνίας του μέλλοντος, κάνοντας την τηλεφωνία πιο ποιοτική, πιο ευέλικτη, πιο προσβάσιμη και πιο φτηνή. Το Internet όμως έχει εφαρμοστεί σε πολλά συστήματα επικοινωνίας και με πολλούς διαφορετικούς τρόπους, όπως η εφαρμογή του στην τηλεόραση του μέλλοντος, την λεγόμενη ψηφιακή τηλεόραση (DVB). Οπότε υπάρχουν πολλά σενάρια υλοποίησης αυτού του είδους τηλεφωνίας τα οποία πρέπει να εξεταστούν.

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
1.1 Γενικά	8
1.2 Αντικείμενο εργασίας	8
1.3 Διάθρωση εργασίας	9
2. Μελέτη τεχνολογιών VoIP	10
2.1 VoIP	10
2.2 Το πρωτόκολλο TCP	11
2.3 Το πρωτόκολλο UDP	13
2.4 Το IPSec	14
2.5 Το πρωτόκολλο CDP	15
2.6 Το πρωτόκολλο RTP	16
2.7 Πρωτόκολλο Cisco Skinny Call Control Protocol (SCCP)	18
2.8 Η ομπρέλα πρωτοκόλλων H.323	21
2.4.1 Γενικά	21
2.4.2 Ιστορία	23
2.4.3 Πρωτόκολλα	23
2.4.4 Τυποποίηση	25
2.9 Κωδικοποίηση / Αποκωδικοποίηση	25
2.9.1 Δειγματοληψία	28
2.9.2 Κωδικοποίηση	29
2.9.3 Codec's	31
2.9.3.1 G.711	33
2.9.3.2 G.722	34
2.9.3.3 G.729	35
2.10 CISCO Call Manager	36
3. Παρουσίαση και Υλοποίηση Αρχιτεκτονικής Δικτύου Πειραματικών Μετρήσεων	38
3.1 Εισαγωγή	38
3.2 Σχεδιασμός / Υλοποίηση Τοπολογίας	38
3.3 Αναλυτική παρουσίαση τοπολογίας	42
3.3.1 Cisco Server/Gateway	42
3.3.2 Cisco Phone / Clients	44
3.3.3 Monitoring Computer	47
3.3.4 Traffic generator / router Computer	49

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

3.4	Ροή κίνησης	51
3.4.1	Σύνδεση Client στο δίκτυο	52
3.4.2	Ροή κίνησης στην χρήση υπηρεσιών	52
3.4.3	Κλήση από VoIP Client σε VoIP Client	53
3.4.4	Παρουσίαση ροών κατά το στάδιο μετρήσεων	54
4.	Ανάλυση του Cisco Call Manager Server.....	55
4.1	Εισαγωγή.....	55
4.2	CCM Serviceability	55
4.3	Βασικά πεδία συστήματος Cisco Call Manager Administration.....	56
4.3.1	Server.....	56
4.3.2	Call Manager και CM Group	57
4.3.3	Date/Time Group	59
4.3.4	Device Defaults	60
4.3.5	Region	61
4.3.6	Device Pool	62
4.3.7	Enterprise Parameters	64
4.4	Δήλωση νέας συσκευής τηλεφώνου.....	65
4.5	Δήλωση νέου λογισμικού τηλεφώνου που έχει εγκατασταθεί σε υπολογιστή (SoftPhone).....	69
5.	Μετρήσεις	70
5.1	Περιγραφή.....	70
5.2	Μετρική Επιδόσεων	72
5.3	Περιγραφή Προγραμμάτων.....	73
5.4	Παρουσίαση και Ανάλυση Αποτελεσμάτων.....	74
5.4.1	Σενάριο 1 (G.711 Codec)	74
5.4.1.1	Σενάριο 1.1 (G.711 Smooth Jitter)	75
5.4.1.2	Σενάριο 1.2 (G.711 One Way Delay)	79
5.4.1.3	Σενάριο 1.3 (G.711 Losses)	82
5.4.2	Σενάριο 2 (G.722 Codec)	83
5.4.2.1	Σενάριο 2.1 (G.722 Smooth Jitter)	83
5.4.2.2	Σενάριο 2.2 (G.722 One Way Delay)	87
5.4.2.3	Σενάριο 2.3 (G.722 Losses)	90
5.4.3	Σενάριο 3 (G.729 Codec)	90
5.4.3.1	Σενάριο 3.1 (G.729 Smooth Jitter)	91

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

5.4.3.2	Σενάριο 3.2 (G.729 One Way Delay)	94
5.4.3.3	Σενάριο 3.3 (G.729 Losses)	98
6.	Συμπεράσματα – Επίλογος	98
6.1	Αποτελέσματα	98
6.1.1	Σύγκριση σεναρίων 1.1 και 2.1 και 3.1 για το Smooth Jitter	99
6.1.2	Σύγκριση σεναρίων 1.2 και 2.2 και 3.2 για το One Way Delay	100
6.2	Μελλοντικές Προτάσεις	100
7.	Βιβλιογραφία – Αναφορές	102
8.	Παραρτήματα	103
8.1	Γλωσσάριο	104
8.2	Εντολές Δημιουργίας, “Σύλληψης” και Ανάλυσης Κίνησης	105
8.2.1	Συγχρονισμός ρολογιών	106
8.2.2	Δημιουργία	106
8.2.3	Σύλληψη	107
8.2.4	Ανάλυση	107
8.2.5	Γραφική Απεικόνιση	109
8.3	Προγράμματα Ανάλυσης UDP Κίνησης	109
8.3.1	Πρόγραμμα ipn4_createendfiles.pl	109
8.3.2	Πρόγραμμα ipn4_replicid.pl	116
8.3.3	Πρόγραμμα ipn_all_losses.pl	123
8.3.4	Πρόγραμμα ipn_all_sender_receiver_rate.pl	131
8.3.5	Πρόγραμμα ipn_all_align_for_delay_jitt.pl	135
8.3.6	Πρόγραμμα ipn_all_timestamp.pl	137
8.3.7	Πρόγραμμα ipn_all_inter_arrival_for_jitter.pl	140
8.3.8	Πρόγραμμα ipn_all_jitter.pl	149
8.3.9	Πρόγραμμα ipn_all_one_way_delay.pl	152
8.3.10	Πρόγραμμα calc_mean.c	155
8.3.11	Πρόγραμμα losses.gpl	157
8.3.12	Πρόγραμμα onewaydelay.gpl	158
8.3.13	Πρόγραμμα jitter.gpl	159
8.3.14	Πρόγραμμα jitter_smooth.gpl	159
8.3.15	Πρόγραμμα udp_ip_all_full_analysis	160

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Το VoIP είναι ακρώνυμο του Voice over Internet Protocol και αφορά την μετάδοση φωνής, μέσο παντός είδους δικτύων που χρησιμοποιούνε το πρωτόκολλο IP (κυρίως εφαρμόζεται στο Internet). Μέσο αυτής της τεχνολογίας οι χρήστες μπορούνε είτε χρησιμοποιώντας ειδικές τηλεφωνικές συσκευές, είτε υπολογιστές με το απαραίτητο λογισμικό καθώς και μικρόφωνο και ηχεία να επικοινωνήσουν φωνητικά με άλλους χρήστες που διαθέτουνε οποιαδήποτε από αυτές τις συσκευές. Καθώς επίσης μπορούν να πραγματοποιήσουνε και κλήσεις προς παγκόσμια σταθερά και κινητά τηλέφωνα. Τον καιρό αυτό το Internet είναι ευρέως διαδεδομένο. Κάθε σπίτι σχεδόν διαθέτει σύνδεση στο διαδίκτυο και μάλιστα με μεγάλο εύρος ζώνης. Οπότε εφαρμόζοντας τις υπηρεσίες VoIP στο σπίτι αποφεύγεται η επιπλέον υπηρεσία που προσφέρουν οι εταιρίες τηλεφωνίας, ενώ υπό-ορισμένες περιπτώσεις το VoIP είναι δωρεάν. Επίσης χάρις στο μεγάλο εύρος ζώνης των συνδέσεων Internet μπορεί να υπάρχει και καλύτερη ποιότητα ήχου και λιγότερη καθυστέρηση. Αυτοί οι παράγοντες καθιστούν το VoIP μια πολύ καλή οικονομική λύση στην υπηρεσία της τηλεφωνίας για το μέλλον.

1.2 Αντικείμενο εργασίας

Σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι να ερευνηθεί, αναλυθεί, υλοποιηθεί και αξιολογηθεί ένα δίκτυο VoIP χρησιμοποιώντας τον απαραίτητο εξοπλισμό της CISCO που αποτελείται από 2 Server, 2 VoIP τηλέφωνα και ένα gateway. Για αρχή θα ερευνηθούνε τεχνολογίες γύρο από το VoIP και το πώς επικοινωνούν και αλληλεπιδρούν η μία με την άλλη σε ένα τέτοιο δίκτυο. Ύστερα θα αναλυθεί και υλοποιηθεί μετέπειτα ένα δίκτυο μέσα από το οποίο θα μπορέσει να γίνει αξιολόγηση πάνω στο σύστημα.

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

1.3 Διάθρωση εργασίας

Ακολουθώντας την εισαγωγή, στο δεύτερο κεφάλαιο παρατίθενται οι απαραίτητες έρευνες τεχνολογιών VoIP που πραγματοποιήθηκαν για την επίτευξη αυτής της πτυχιακής εργασίας. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική του δικτύου παροχής υπηρεσιών VoIP που χρησιμοποιήθηκε και περιγράφεται η υλοποίηση του. Στο τέταρτο κεφάλαιο ακολουθεί η περιγραφή και ανάλυση των λειτουργιών του CISCO Call Manager. Στην συνέχεια, στο πέμπτο κεφάλαιο ακολουθεί η ανάλυση, η μελέτη και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από τις πειραματικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν. Τέλος στο έκτο κεφάλαιο διατυπώνονται τα συμπεράσματα της εργασίας και παρατίθενται κάποιες προτάσεις για μελλοντικές μελέτες.

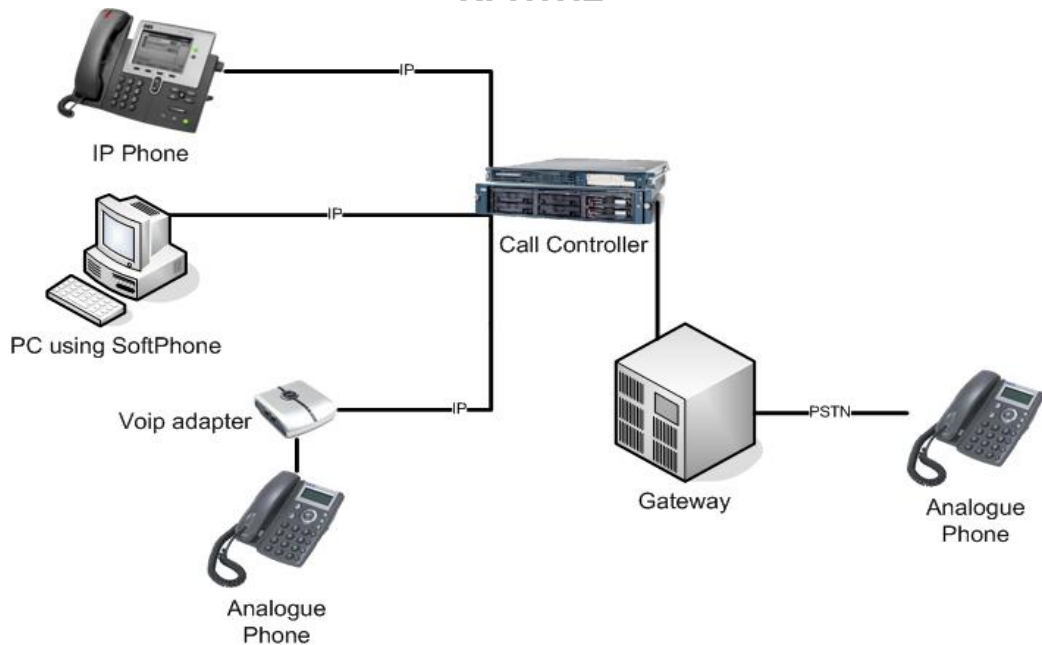
ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

2. Μελέτη τεχνολογιών VoIP

2.1 VoIP

Η τεχνολογία VoIP (Voice over IP) είναι η μετάδοση της φωνής κάνοντας χρήση των IP δικτύων και του Διαδικτύου, καθώς και των “παραδοσιακών” τηλεφωνικών δικτύων. Βασίζεται στη μετατροπή της αναλογικής φωνής σε ψηφιακή μορφή (Analog to Digital Conversion - ADC) και στο κατακερματισμό του ψηφιακού σήματος της φωνής σε πακέτα κατάλληλου μεγέθους. Τα πακέτα αυτά στη συνέχεια μεταδίδονται μέσω του Διαδικτύου με τη χρήση ειδικού πρωτοκόλλου για τη μετάδοση δεδομένων πραγματικού χρόνου (Real Time Protocol - RTP) μαζί με την απαραίτητη σηματοδότηση. Στον αποδέκτη με μια αντίστροφη διαδικασία αναδημιουργείται το αναλογικό σήμα (Digital to Analog Conversion - DAC) καταληπτό από το ανθρώπινο αυτί. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του VoIP είναι το μειωμένο κόστος. Οι υπηρεσίες VoIP είναι πολύ φθηνότερες από τις παραδοσιακές επίγειες υπηρεσίες και, σε ορισμένες περιπτώσεις, ακόμα και δωρεάν. Άλλο μεγάλο πλεονέκτημα του VoIP είναι η φορητότητα του, καθώς χρησιμοποιεί το παγκόσμιο δίκτυο του Διαδικτύου και έτσι οι χρήστες δεν δεσμεύονται με κάποια συγκεκριμένη τοποθεσία. Αρκεί κάποιος να έχει υπολογιστή, ευρυζωνική σύνδεση και, σε ορισμένες περιπτώσεις, έναν προσαρμογέα τηλεφώνου, για να μπορεί να κάνει κλήσεις χρησιμοποιώντας το λογαριασμό VoIP. Η σύνδεση σε ένα VoIP δίκτυο επιτυγχάνεται με την χρήση ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή που διαθέτει μικρόφωνο και ηχεία, με την χρήση ειδικής τηλεφωνικής συσκευής (VoIP Phones) ή χρησιμοποιώντας ένα κοινό τηλέφωνο που συνδέεται με ένα VoIP προσαρμογέα.

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



Σχήμα 1 : Γενική αρχιτεκτονική ενός VoIP δικτύου

2.2 Το πρωτόκολλο TCP

Το πρωτόκολλο μεταφοράς TCP (Transmission Control Protocol) είναι σήμερα το πιο δημοφιλές ίσως πρότυπο στις επικοινωνίες δεδομένων μέσω του Internet και όχι μόνο. Σχεδιάστηκε για πρώτη φορά το 1981 για χρήση στο αμερικανικό DARPA για να εξασφαλίσει αξιόπιστη επικοινωνία μεταξύ δύο τερματικών. Από τότε, έχει γίνει αντικείμενο πάμπολλων ερευνητικών προσπαθειών και έχει υποστεί πολλές προσθήκες και βελτιώσεις.

Το TCP παρέχει υπηρεσίες μεταφοράς δεδομένων με σύνδεση (Connection - Oriented) και έλεγχο ροής (Flow Control) χρησιμοποιώντας το IP ως επίπεδο δικτύου. Οργανώνει τα δεδομένα σε τμήματα (segments) με επικεφαλίδα, της οποίας τα πεδία διευκολύνουν τις λειτουργίες ελέγχου ροής και αποφυγής λαθών, όπως φαίνεται και από το σχήμα που ακολουθεί.

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



Σχήμα 2 : Η επικεφαλίδα TCP

Πολλές νοητές παράλληλες συνδέσεις μπορούν να εγκατασταθούν στην ίδια φυσική διαδρομή IP χάρη στις νοητές «πόρτες» (ports) των οποίων οι αριθμοί δηλώνονται στην αρχή της κεφαλίδας. Για ανίχνευση χαμένων πακέτων, το κάθε τμήμα αριθμείται με έναν συγκεκριμένο αριθμό ακολουθίας (sequence number) τον οποίο κάθε φορά ο αποστολέας αυξάνει κατά τον αριθμό των bytes που έχουν ως τώρα σταλεί επιτυχώς. Ο παραλήπτης απαντά δηλώνοντας στο πεδίο του αριθμού επιβεβαίωσης (acknowledgment number) τον αριθμό ακολουθίας του επόμενου τμήματος που αναμένει. Τμήματα για τα οποία η επιβεβαίωση καθυστερεί περισσότερο από ένα χρονικό διάστημα RTO (Retransmission Timeout) επανεκπέμπονται.

Προκειμένου να μην καθυστερείται η ανταλλαγή δεδομένων από τη φυσική καθυστέρηση του καναλιού, το TCP επιχειρεί να στείλει έναν συγκεκριμένο όγκο δεδομένων χωρίς να περιμένει την επιβεβαίωση για το πρώτο τμήμα. Ο όγκος αυτός των δεδομένων που ανά πάσα στιγμή βρίσκονται ανεπιβεβαίωτα στο δίκτυο λέγεται παράθυρο (TCP window) ή παράθυρο συμφόρησης (congestion window). Το παράθυρο συμφόρησης αρχίζει με την τιμή του ενός τμήματος και αυξάνεται με κάθε επιτυχή επιβεβαίωση, αυξάνοντας έτσι και την ταχύτητα μετάδοσης. Η αύξηση είναι

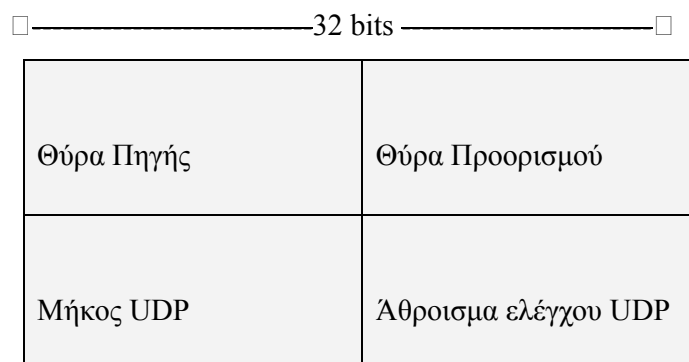
ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

αρχικά εκθετική (διαδικασία αργής εκκίνησης - «slow start») και αργότερα γραμμική (διαδικασία αποφυγής συμφόρησης - «congestion avoidance»). Το παράθυρο που χρησιμοποιεί ο αποστολέας δεν μπορεί να υπερβεί την ονομαστική τιμή (receiver advertised window) που δηλώνει ο παραλήπτης σε κάθε επιβεβαίωση χρησιμοποιώντας το αντίστοιχο πεδίο της επικεφαλίδας. Σε περίπτωση απώλειας πακέτου, ο αποστολέας μειώνει το παράθυρο συμφόρησης στο ήμισυ της προηγούμενης τιμής του, με αποτέλεσμα να μειώνεται αντίστοιχα και η ταχύτητα αποστολής.

Είναι γεγονός ότι το TCP είναι το πιο διαδεδομένο πρωτόκολλο στις διαδικτυακές συνδέσεις. Είναι χαρακτηριστικό ότι το 95% των bytes, το 90% των πακέτων και το 75% των συνδέσεων στο Internet σήμερα χρησιμοποιούν το TCP.

2.3 Το πρωτόκολλο UDP

Η στοίβα πρωτοκόλλων του Internet υποστηρίζει επίσης ένα πρωτόκολλο μεταφοράς πληροφοριών χωρίς σύνδεση, το Πρωτόκολλο γραφημάτων δεδομένων Χρήστη UDP (User Datagram Protocol). Το UDP προσφέρει έναν τρόπο για να στέλνουν οι εφαρμογές ενθυλακωμένα ακατέργαστα γραφήματα δεδομένων IP χωρίς να πρέπει να εγκαταστήσουν μια σύνδεση. Πολλές εφαρμογές πελάτη-εξυπηρετητή, που έχουν μία αίτηση και μία απόκριση, προτιμούν να χρησιμοποιήσουν το UDP παρά να μουν στον κόπο να εγκαταστήσουν και κατόπιν να απολύσουν μια σύνδεση.



Σχήμα 3 : Η επικεφαλίδα UDP

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Ένα τεμάχιο UDP αποτελείται από μια επικεφαλίδα των 8 byte (64 bit), ακολουθούμενη από δεδομένα. Η επικεφαλίδα φαίνεται στο παραπάνω σχήμα. Οι δύο θύρες εξυπηρετούν την ίδια λειτουργία όπως και στο TCP: την αναγνώριση των ακραίων σημείων στα μηχανήματα πηγής και προορισμού. Το πεδίο Μήκος UDP (UDP length) αφορά στην επικεφαλίδα 8 byte και στα δεδομένα. Το πεδίο Άθροισμα ελέγχου UDP (UDP checksum) περιλαμβάνει την ίδια ψευδό-επικεφαλίδα με το TCP, την επικεφαλίδα UDP και τα δεδομένα UDP, συμπληρωμένα ώστε να σχηματίζουν έναν άρτιο αριθμό, αν χρειασθεί. Το Άθροισμα ελέγχου UDP είναι προαιρετικό και καταχωρείται ως 0 όταν δεν υπολογίζεται. (Το πραγματικά υπολογισμένο 0 καταχωρείται με όλα τα bit ίσα με 1, που είναι το ίδιο σε συμπλήρωμα ως προς 1). Το να μην χρησιμοποιηθεί είναι ανόητο, εκτός εάν η ποιότητα των δεδομένων δεν έχει μεγάλη σημασία (π.χ. η ψηφιοποιημένη φωνή).

Το UDP είναι ένα μη αξιόπιστο πρωτόκολλο, για εφαρμογές που δεν θέλουν τον έλεγχο της ακολουθίας ή της ροής του TCP και επιθυμούν να χρησιμοποιήσουν δικό τους. Επίσης χρησιμοποιείται ευρέως σε γρήγορες εφαρμογές και ερωταποκρίσεις, τύπου πελάτη-εξυπηρετητή, όπου η άμεση παράδοση είναι σπουδαιότερη από τη σωστή παράδοση, όπως π.χ. είναι η μετάδοση φωνής που χρησιμοποιεί το VoIP.

2.4 Το IPSec

IPSec (IP Security) αφορά μια γκάμα πρωτοκόλλων για παροχή ασφάλειας στις επικοινωνίες που έχουνε βάση το Internet Protocol κρυπτογραφώντας και πιστοποιώντας τα IP πακέτα που μεταφέρονται στο δίκτυο. Αυτή η τεχνολογία εφαρμόζεται στο επίπεδο δικτύου (layer 3) σύμφωνα με το μοντέλο αναφοράς του OSI σε αντίθεση με άλλα πρωτόκολλα όπως το SSL, TLS, SSH που εφαρμόζεται στο επίπεδο 4-7. Έτσι το IPSec χάρις την ευελιξία του και την θέση του, μπορεί να παρέχει στα υψηλότερου επιπέδου πρωτόκολλα, όπως το TCP και UDP ασφάλεια στα πακέτα που μεταφέρουν .

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

2.5 Το πρωτόκολλο CDP

Το CDP (Cisco Discovery Protocol) είναι ένα πρωτόκολλο που αναπτύχθηκε από την εταιρία Cisco, εφαρμόζεται στο επίπεδο δικτύου (layer 2 network) στο μοντέλο αναφοράς του OSI και αναγνωρίζεται και υποστηρίζεται από όλες σχεδόν τις συσκευές της Cisco και HP. Χρησιμοποιείται για την αναγνώριση του είδους των συσκευών μέσα στο δίκτυο, καθώς και τι IP και τι λειτουργικό σύστημα χρησιμοποιούν, καθώς επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως κατ'επιλογήν εργαλείο δρομολόγησης γλιτώνοντας την λειτουργία άλλων πρωτοκόλλων για δρομολόγηση σε απλού τύπου δίκτυα.

Κάθε συσκευή που υποστηρίζει CDP στέλνει κάθε 60 δευτερόλεπτα ανακοινώσεις για τα στοιχεία της και λαμβάνει ανακοινώσεις από τα στοιχεία των άλλων συσκευών μέσω της Multicast Address **01-00-0c-cc-cc-cc** και τα αποθηκεύει σε έναν πίνακα που ανανεώνεται κάθε φορά που νέα στοιχεία αποστέλλονται. Αυτοί οι πίνακες είναι προσπελάσιμοι από το IOS της Cisco με την εντολή

```
#show cdp neighbors
```

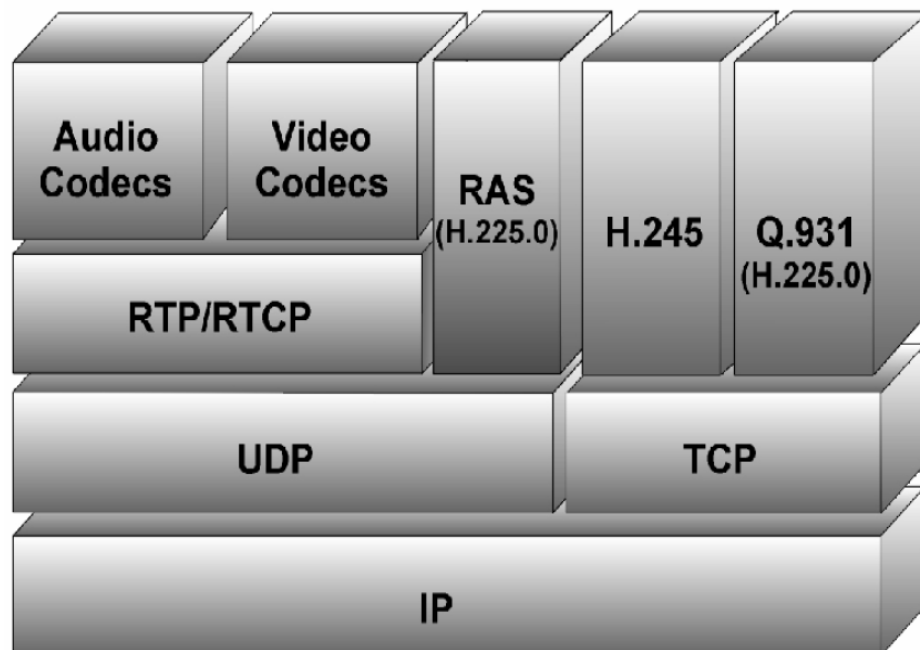
Συγκεκριμένα οι πληροφορίες που στέλνονται από κάθε χρήστη είναι το τι τύπου συσκευή είναι και τι έκδοση, τι λειτουργικό σύστημα χρησιμοποιεί και τι έκδοση, Hostname, κάθε διεύθυνση και πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται στην πόρτα του CDP frame, duplex setting και αν χρησιμοποιεί εικονικό δίκτυο και VTP για αυτό. Σε περίπτωση που αποτύχουνε 3 ενημερώσεις στην σειρά τότε ο πίνακας διαγράφεται και αναμένεται νέα ενημέρωση.

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

2.6 Το πρωτόκολλο RTP

Το Real-Time Transport Protocol (ή RTP) αναπτύχθηκε από την AVTWG (Audio Video Transport Working Group) της IETF και παρουσιάστηκε το 1996 ως RFC 1889.

Το RTP δημοσιοποιήθηκε επίσης από την ITUT ως H.225.0, όμως αργότερα αποσύρθηκε αφού η IETF δημοσιοποίησε ένα σταθερό κύκλο τυποποιήσεων RFC. Υπήρχε ως ένα διαδικτυακό στάνταρτ (STD 64), το οποίο οριζόταν στο RFC 3550. Το RFC 3551 (STD 65) καθορίζει ένα συγκεκριμένο προφίλ για τηλεδιασκέψεις ήχου και βίντεο με έναν ελάχιστο έλεγχο. Το RTP καθορίζει μια συγκεκριμένη τυποποίηση των πακέτων για παραλαβή ήχου και βίντεο μέσω του διαδικτύου. Αρχικά είχε σχεδιαστεί ως ένα πρωτόκολλο Multicasting, αλλά από τότε έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλές εφαρμογές Uni-cast.



Σχήμα 4 : Ιεραρχία Πρωτοκόλλων

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Χρησιμοποιείται συχνά σε συστήματα ακολουθιών media, συνυπάρχοντας με το RTSP, όπως και σε συστήματα video-conference (συνυπάρχοντας με τα πρωτόκολλα H.323 και SIP), καθιστώντας το RTP θεμέλιο στη βιομηχανία της διαδικτυακής τηλεφωνίας. Ειδικότερα το RTP παρέχει point to point παράδοση υπηρεσιών για δεδομένα με πραγματικού χρόνου χαρακτηριστικά. Τέτοιου είδους υπηρεσίες περιλαμβάνουν ένα είδος ωφέλιμου φορτίου για καθορισμό στοιχείου αναγνώρισης, σειράς ακολουθίας αριθμών, παρακολούθηση παράδοσης. Οι εφαρμογές τρέχουν συνήθως το RTP στην κορυφή του UDP για να κάνουν χρήση των υπηρεσιών πολυπλεξίας και αθροίσματος ελέγχου μνήμης του υπολογιστή 'checksum'. Στην πραγματικότητα και τα δυο πρωτόκολλα συμβάλλουν κατά ένα μέρος στη λειτουργικότητα του πρωτοκόλλου μεταφοράς. Όπως και να' χει, το RTP μπορεί να χρησιμοποιηθεί με άλλα κατάλληλα πρωτόκολλα μεταφοράς ή δικτύου που βρίσκονται σε χαμηλότερο επίπεδο OSI.

Το RTP δεν παρέχει στην πραγματικότητα κάποιο μηχανισμό για να εξασφαλίζει τα χρονικά όρια της παράδοσης των πακέτων ή την παροχή κάποιων εγγυήσεων για την ποιότητα των υπηρεσιών, αλλά απλά βρίσκεται σε χαμηλότερου επιπέδου υπηρεσίες για να κάνει κάτι τέτοιο. Επίσης απαιτεί τη χρησιμοποίηση ενός πρωτοκόλλου σηματοδότησης για να αποκαταστήσει μια σύνδεση και να διαπραγματευτεί το είδος των πληροφοριών που θα χρησιμοποιηθούν. Το RTP δεν εγγυείται παράδοση, ή εμποδίζει τη μη σωστή παράδοση των πακέτων αλλά και δεν θεωρεί ότι το δίκτυο είναι αξιόπιστο και ότι παραλαμβάνει τα πακέτα στη σωστή σειρά. Οι σειριακοί αριθμοί που περιλαμβάνονται στο RTP επιτρέπουν στον παραλήπτη να ανασυντάξει τη σειρά των πακέτων που του έχουν σταλεί από τον δέκτη. Παρ' όλα αυτά οι σειριακοί αριθμοί μπορεί να χρησιμοποιούνται επίσης για να καθορίσουν την κατάλληλη τοποθεσία ενός πακέτου χωρίς απαραίτητα να χρειάζεται η αποκωδικοποίηση του πακέτου στη σωστή σειρά.

Το RTP τείνει να γίνει εύπλαστο για να παρέχει την πληροφορία που απαιτείται από μια συγκεκριμένη εφαρμογή και συχνά θα αναβαθμίζεται μέσα στην επεξεργασία της εφαρμογής, αντί να γίνεται υλοποίηση του σε ξεχωριστό επίπεδο. Τείνει προς την κατεύθυνση ενός πρωτοκόλλου προσαρμοσμένου στις ανάγκες που δημιουργούνται από τις αλλαγές ή τα

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

καινούρια πράγματα που προστίθενται στις επικεφαλίδες Headers. Η βασική κεφαλίδα του RTP πρωτοκόλλου αποτελείται από 12 bytes. Για να ικανοποιήσει συγκεκριμένων εφαρμογών απαιτήσεις το H.225.0 καθορίζει κάποιες διαφοροποιήσεις στο RTP header – μια λίστα CSRCs (contributing source identifiers).

Τα standard της RTP επικεφαλίδας αποτελούνται από:

- 2 bit για την έκδοση
- 1 bit padding
- 1 bit extension
- 4 bit μετρητής CSRC
- 1 bit για σημάδεμα
- 7 bit για payload type
- 16 bit για ένα σειριακό αριθμό
- 32 bit για σφραγίδα χρόνου
- 32 bits για SSRC (Synchronization Source Identifier)

+ Bits	0-1	2	3	4-7	8	9-15	16-31
0	Ver.	P	X	CC	M	PT	Sequence Number
32	Timestamp						
64	SSRC identifier						
96	... CSRC identifiers ...						
96+(CC×32)	Extension header (optional).						
96+(CC×32) + (X×((EHL+1)×32))	Data						

Σχήμα 5 : Η επικεφαλίδα RTP

2.7 Πρωτόκολλο Cisco Skinny Call Control Protocol (SCCP)

Το Cisco Skinny Call Control Protocol (SCCP) είναι ένα τερματικό πρωτόκολλο ελέγχου που αρχικά δημιουργήθηκε από την εταιρία Selcius (Πρόκειται για την ίδια εταιρία που δημιούργησε αρχικά τον Call Manager

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

όπου αργότερα αγόρασε η Cisco όπως έχει προαναφέρει) και ύστερα αγοράστηκε από την Cisco Systems Inc. Η Cisco μετέτρεψε αυτό το πρωτόκολλο σε ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας μηνυμάτων μεταξύ ενός Skinny Client με τον CCM. Μερικοί από αυτούς τους Client είναι όλη η 7900 σειρά VoIP τηλεφώνων της Cisco. Πρόκειται για ένα πολύ ελαφρύ πρωτόκολλο που επιτρέπει στον CCM να λειτουργεί σαν PROXY για τις τηλεφωνικές κλήσεις πάνω από οποιοδήποτε σχετικό με κλήσεις πρωτόκολλο. Βασίζεται πάνω στο πρωτόκολλο TCP και είναι σχεδιασμένο για επικοινωνία δύο hardware τερματικών συσκευών με αυξημένη επεξεργαστική ισχύ. Το πρωτόκολλο αυτό χρησιμοποιείται (στην αρχική του έκδοση) και από άλλες εταιρίες που κατασκευάζουν τερματικές συσκευές τηλεφωνίας, καθώς και από συστήματα VoIP βασισμένα σε ASTERISK. Η Cisco όμως έχει μετατρέψει αυτό το πρωτόκολλο σύμφωνα με τις δικές τις απαιτήσεις για δική της χρήση και το έχει εφαρμόσει ακόμα και στα τηλέφωνα που χρησιμοποιούνε το SIP πρωτόκολλο αλλά και τα software τηλέφωνα.

Μηνύματα επικοινωνίας μέσω Skinny protocol

Code	Station Message ID Message
0x0000	Keep Alive Message
0x0001	Station Register Message
0x0002	Station IP Port Message
0x0003	Station Key Pad Button Message
0x0004	Station Enbloc Call Message
0x0005	Station Stimulus Message
0x0006	Station Off Hook Message
0x0007	Station On Hook Message
0x0008	Station Hook Flash Message
0x0009	Station Forward Status Request Message
0x11	Station Media Port List Message
0x000A	Station Speed Dial Status Request Message
0x000B	Station Line Status Request Message
0x000C	Station Configuration Status Request Message
0x000D	Station Time Date Request Message
0x000E	Station Button Template Request Message
0x000F	Station Version Request Message
0x0010	Station Capabilities Response Message
0x0012	Station Server Request Message
0x0020	Station Alarm Message
0x0021	Station Multicast Media Reception Ack Message
0x0024	Station Off Hook With Calling Party Number Message
0x22	Station Open Receive Channel Ack Message
0x23	Station Connection Statistics Response Message
0x25	Station Soft Key Template Request Message

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

0x26	Station Soft Key Set Request Message
0x27	Station Soft Key Event Message
0x28	Station Unregister Message
0x0081	Station Keep Alive Message
0x0082	Station Start Tone Message
0x0083	Station Stop Tone Message
0x0085	Station Set Ringer Message
0x0086	Station Set Lamp Message
0x0087	Station Set Hook Flash Detect Message
0x0088	Station Set Speaker Mode Message
0x0089	Station Set Microphone Mode Message
0x008A	Station Start Media Transmission
0x008B	Station Stop Media Transmission
0x008F	Station Call Information Message
0x009D	Station Register Reject Message
0x009F	Station Reset Message
0x0090	Station Forward Status Message
0x0091	Station Speed Dial Status Message
0x0092	Station Line Status Message
0x0093	Station Configuration Status Message
0x0094	Station Define Time & Date Message
0x0095	Station Start Session Transmission Message
0x0096	Station Stop Session Transmission Message
0x0097	Station Button Template Message
0x0098	Station Version Message
0x0099	Station Display Text Message
0x009A	Station Clear Display Message
0x009B	Station Capabilities Request Message
0x009C	Station Enunciator Command Message
0x009E	Station Server Respond Message
0x0101	Station Start Multicast Media Reception Message
0x0102	Station Start Multicast Media Transmission Message
0x0103	Station Stop Multicast Media Reception Message
0x0104	Station Stop Multicast Media Transmission Message
0x105	Station Open Receive Channel Message
0x0106	Station Close Receive Channel Message
0x107	Station Connection Statistics Request Message
0x0108	Station Soft Key Template Respond Message
0x109	Station Soft Key Set Respond Message
0x0110	Station Select Soft Keys Message
0x0111	Station Call State Message
0x0112	Station Display Prompt Message
0x0113	Station Clear Prompt Message
0x0114	Station Display Notify Message
0x0115	Station Clear Notify Message
0x0116	Station Activate Call Plane Message
0x0117	Station Deactivate Call Plane Message
0x118	Station Unregister Ack Message

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

2.8 Η ομπρέλα πρωτοκόλλων H.323

2.4.1 Γενικά

Το H.323 είναι μια ομπρέλα πρωτοκόλλων, περιέχει δηλαδή πολλά διαφορετικά πρωτόκολλα τα οποία όμως χρησιμοποιούνται όλα για δημιουργία συνδέσεων οπτικό-ακουστικού περιεχομένου ανάλογα τις απαιτήσεις της επικοινωνίας σε κάθε δίκτυο πακέτων και δημιουργήθηκε από την ITU-T. Χρησιμοποιείται κυρίως από τις εφαρμογές επικοινωνίας διαδικτύου πραγματικού χρόνου NetMeeting, Ekiga και CISCO.

Το H.323 είναι μέρος της σειράς πρωτοκόλλων H.32X που εφαρμόζονται για δημιουργία επικοινωνίας σε δίκτυα PSTN, ISDN, SS7. Βέβαια το H.323 επικεντρώνεται σε επικοινωνία οπτικό-ακουστικού περιεχομένου και έτσι αυτό το κάνει το πλέον ποιο πολυχρησιμοποιούμενο πρωτόκολλο για VoIP υπηρεσίες μέχρι σήμερα όπως και το SIP το οποίο είναι και αυτό πρωτόκολλο για VoIP υπηρεσίες το οποίο έχει περίπου τον ίδιο σκοπό με το H.323. Το πρωτόκολλο IP βασίζεται στη μεταγωγή πακέτου (packet-switching) και δεν παρέχει εγγυημένη ποιότητα υπηρεσίας, αλλά είναι ένα πρωτόκολλο καλύτερης προσπάθειας (μεταβλητές καθυστερήσεις μετάδοσης, μη-εξασφαλισμένο εύρος ζώνης).

Το H.323 ορίζει την επικοινωνία πραγματικού χρόνου πάνω από δίκτυα IP (LAN, Intranet, Internet). Το H.323 είναι ένα σχετικά παλιό πρωτόκολλο και πλέον αντικαθίσταται από το πρωτόκολλο SIP – Session Initiation Protocol (Πρωτόκολλο εκκίνησης συνόδου). Ένα από τα πλεονεκτήματα του SIP είναι ότι πρόκειται για πολύ λιγότερο περίπλοκο πρωτόκολλο και μοιάζει με τα πρωτόκολλα HTTP / SMTP. Το H.323 έχει σχεδιαστεί για να τρέχει στην κορυφή της αρχιτεκτονικής των κοινών δικτύων. Καθώς η δικτυακή τεχνολογία εξελίσσεται, και καθώς οι τεχνικές διαχείρισης εύρους ζώνης βελτιώνονται, οι λύσεις βασισμένες στο H.323 θα είναι σε θέση να επωφεληθούν από αυτές τις αναβαθμισμένες δυνατότητες. Το H.323 standard παρέχει μία βάση για οπτικές, ακουστικές και επικοινωνίες δεδομένων μέσω IP δικτύων, όπως και του Internet. Μέσω του H.323 τα πολυμεσικά προϊόντα

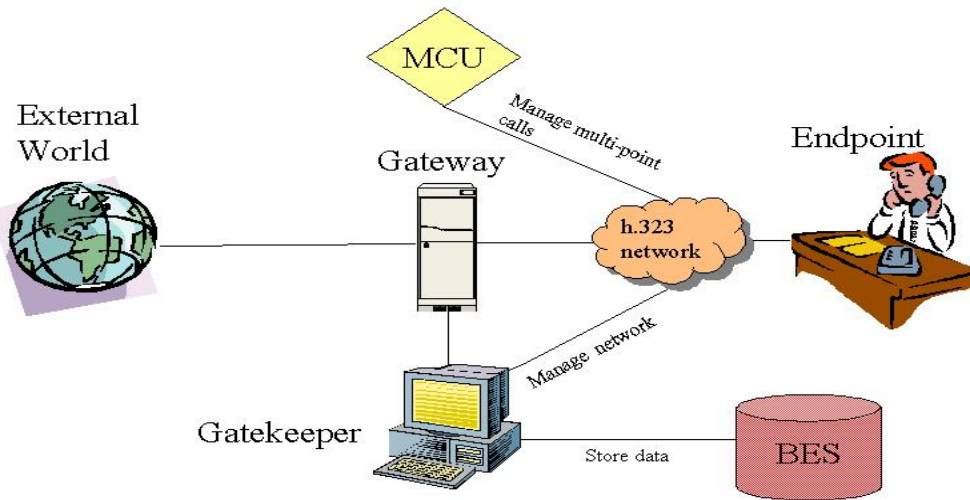
ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

και εφαρμογές διαφόρων προμηθευτών μπορούν να λειτουργούν μεταξύ τους, επιτρέποντας στους χρήστες να επικοινωνούν χωρίς να ανησυχούν για συμβατότητα. Το H.323 θα αποτελέσει την αφετηρία για προϊόντα βασισμένα στο LAN για καταναλωτικές, επιχειρηματικές και ψυχαγωγικές εφαρμογές.

Το H.323 αποτελεί μία "ομπρέλα", την οποία συνιστά το Διεθνές Σωματείο Τηλεπικοινωνιών (ITU) και θέτει standard's για πολυμεσικές επικοινωνίες μέσω Τοπικών Δικτύων (Local Area Networks LAN), τα οποία δεν παρέχουν υπηρεσίες εγγυημένης ποιότητας (QoS). Αυτά τα δίκτυα κυριαρχούν στα σημερινά συνδεδεμένα Desktops και περιλαμβάνουν 'packet switched' TCP/IP και IPX μέσω Ethernet, Fast Ethernet και Token ring τεχνολογίες δικτύων. Για τον λόγο αυτό, τα standard του H.323 αποτελούν ιδιαίτερα σημαντικές βάσεις για ένα νέο ευρύ πεδίο, LAN based εφαρμογών για πολυμεσικές επικοινωνίες. Το H.323 εγκρίθηκε το 1996 από την ομάδα μελέτης του ITU.

Η έκδοση 2 εγκρίθηκε τον Ιανουάριο του 1998. Το standard είναι μεγάλο σε έκταση και καλύπτει και μεμονωμένες συσκευές (standalone devices) και τεχνολογία προσωπικού υπολογιστή (personal computer), καθώς και διασκέψεις από σημείο σε σημείο και πολλαπλών σημείων. Το H.323 απευθύνεται σε έλεγχο κλήσης, χρήση πολυμέσων και διαχείριση εύρους ζώνης, καθώς και σε interfaces ανάμεσα σε LAN και άλλα δίκτυα. Το H.323 αποτελεί μέρος μιας ευρύτερης σειράς standard επικοινωνιών που καθιστούν δυνατή τη βίντεο-διάσκεψη σε μια γκάμα δικτύων. Η σειρά αυτή είναι γνωστή H32X και περιλαμβάνει H.320 και το H.324 που απευθύνονται σε επικοινωνίες τύπου ISDN και PSTN αντίστοιχα. Ακόμα μπορεί να υποστηρίξει και μουσική σε κλήσεις που βρίσκονται σε αναμονή (MOH) καθώς και Voice Mail υπηρεσίες.

H.323 Architecture



Σχήμα 6 : Αρχιτεκτονική ενός VoIP δικτύου

2.4.2 Ιστορία

Το H.323 αναπτύχθηκε τα τελευταία χρόνια (1996-1998) παράλληλα με την εξάπλωση του Internet και την αύξηση του εύρους ζώνης των δικτύων δεδομένων. Το H.323 αρχικά δημιουργήθηκε για απλή μεταφορά πολυμεσικών αρχείων μέσω δικτύων όμως αργότερα ήταν το πρώτο το οποίο επικεντρώθηκε στην υποστήριξη των VoIP υπηρεσιών καθώς ήταν και το πρώτο που υποστήριξε RTP (Real-Time transport Protocol) για οπτικό-ακουστικό περιεχόμενο πάνω σε IP δίκτυα. Το H.323 αρχικά βασίστηκε στο ITU-T Recommendation Q.931 πρωτόκολλο και προοριζόταν για επικοινωνίες γεφυρώνοντας IP και ISDN.

2.4.3 Πρωτόκολλα

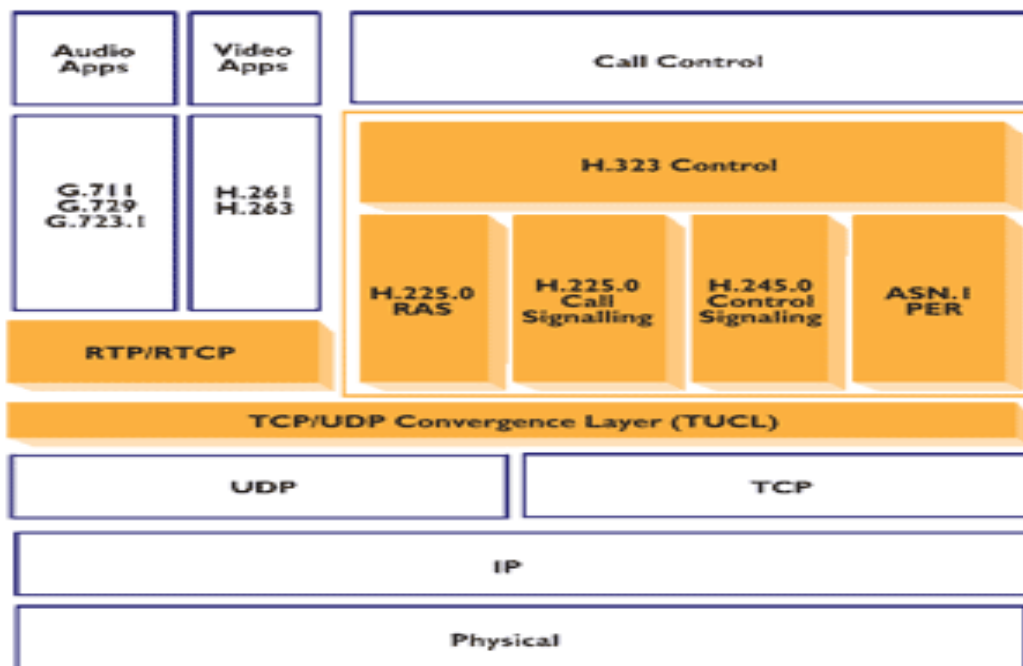
Το H.323 περιέχει τα παρακάτω πρωτόκολλα :

- H.225: Είναι ένα πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για την περιγραφή του σήματος μιας κλήσης, των οπτικό-ακουστικών

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

μέσων, την ροή των πακέτων και τον έλεγχο του τύπου των μηνυμάτων.

- H.245: Πρωτόκολλο για τον έλεγχο των πολυμεσικών επικοινωνιών που περιγράφει τα μηνύματα που ανταλλάσσονται και τις διαδικασίες για το άνοιγμα και το κλείσιμο λογικών καναλιών για ήχο, βίντεο και δεδομένα, ικανότητα ανταλλαγών και ελέγχους.
- H.450: Περιγράφει τις εφεδρικές υπηρεσίες.
- H.235: Περιγράφει την ασφάλεια στο H.323.
- H.239: Περιγράφει διπλή οπτικό-ακουστική ροή αλλά συνήθως ένα για ζωντανή παραγωγή βίντεο και ένα για παρουσίαση.
- H.460.17-19: Περιγράφει τις λειτουργίες του Firewall
- H.261, H.263, H.264: Περιγράφει την κωδικοποίηση Βίντεο



Σχήμα 7 : H.323

Το H.323 ορίζει 4 βασικές συνιστώσες: α) Τερματικά, β) MCU, γ) Gateway, δ) Gatekeeper. Ο Gatekeeper τυποποιεί διαδικασίες ελέγχου της πρόσβασης στο δίκτυο και διαχείρισης του εύρους ζώνης που διατίθεται για την τηλεδιάσκεψη. Το H.323 περιλαμβάνει συστάσεις που αφορούν

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

την κωδικοποίηση της εικόνας (H.261, H.263), του ήχου (G.711, G.722, G.728, G.723, G.729), τον συγχρονισμό της μεταδιδόμενης πληροφορίας και τον έλεγχο (H.225, H.245), καθώς και την επικοινωνία δεδομένων (T.120).

2.4.4 Τυποποίηση

Πολλοί προμηθευτές ανέπτυξαν προϊόντα και υπηρεσίες για να τροφοδοτήσουν με τα απαιτούμενα τις ανάγκες της αγοράς για διαδικτυακή επικοινωνία. Αυτά τα προϊόντα και οι υπηρεσίες ήταν βασισμένα σε ιδιοκτησιακά πρωτόκολλα που εμπόδιζαν την εξάπλωση για χρησιμοποίησή τους.

Το H.323 είναι ένα πρωτόκολλο ευρέως αποδεκτό. Αυτό μπορεί να συμβάλει θετικά σε μεγαλύτερη ενημερότητα, διαθεσιμότητα και αποδοχή των χρήσεων multimedia των δικτύων βασισμένων στη μεταγωγή πακέτων. Οι γέφυρες H.323 παρέχουν επικοινωνίες multimedia μεταξύ δικτύων βασισμένων σε πακέτα και δικτύων βασισμένων σε στοιχεία μεταγωγής (switched - circuit, SCN). Οι υπάρχοντες χρήστες του SCN που βασίζονται σε πρότυπα όπως το H.320 (ISDN), H.321 (ATM) και H.324 (PSTN) μπορούν να έχουν ενδοεπικοινωνία με τους χρήστες του H.323. Για παράδειγμα, είναι δυνατό για μια κλήση από έναν χρήστη H.323 σε ένα κοινό τηλέφωνο του PSTN. Σε επίπεδο επιχειρήσεων αυτή η δυνατότητα επιτρέπει τη μεταπήδηση φωνής και βίντεο από υπάρχοντα δίκτυα στα δίκτυα των επιχειρήσεων.

2.9 Κωδικοποίηση / Αποκωδικοποίηση

Ένας κωδικοποιητής-αποκωδικοποιητής μετατρέπει τα αναλογικά σήματα σε ένα ψηφιακό stream από bits, και ένας άλλος ίδιος κωδικοποιητής-αποκωδικοποιητής στο μακρινό τέλος της επικοινωνίας μετατρέπει το ψηφιακό stream από bits πίσω σε ένα αναλογικό σήμα. Στον κόσμο VoIP, ο κωδικοποιητής-αποκωδικοποιητής χρησιμοποιείται για να κωδικοποιήσει τη φωνή για τη μετάδοση στα δίκτυα IP.

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Ο κωδικοποιητής-αποκωδικοποιητής για τη χρήση VoIP αναφέρεται επίσης ως *V-Coder*, για τους "κωδικοποιητές φωνής". Το Codec παρέχει γενικά μια ικανότητα συμπίεσης να σωθεί το εύρος ζώνης δικτύων. Μερικά codec υποστηρίζουν επίσης την καταστολή σιωπής, όπου η σιωπή δεν κωδικοποιείται ή διαβιβάζεται.

Κωδικοποιητής-αποκωδικοποιητής	Αλγόριθμος	Ποσοστό δυαδικών ψηφίων (Kb/s)	Σχόλια
ITU G.711	PCM (διαμόρφωση κώδικα σφυγμού)	64	G.711 με τον ΜU-ΝΟ'ΜΟ που χρησιμοποιείται στη Βόρεια Αμερική και την Ιαπωνία, ενώ G.711 με τον α-νόμο που χρησιμοποιείται στον υπόλοιπο κόσμο.
ITU G.722	SBADPCM (διαμόρφωση κώδικα σφυγμού υπό-ζωνών προσαρμοστική διαφορική)	48, 56 και 64	
ITU G.723	Κωδικοποιητής πολύ-ποσοστού	5.3 και 6.4	
ITU G.726	ADPCM (προσαρμοστική διαφορική διαμόρφωση κώδικα σφυγμού)	16, 24 ..32, και 40	

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΡΗΤΗΣ**

ITU G.727	Variable rate ADPCM	16-40	
ITU G.728	LD- CELP (ο κώδικας χαμηλός-καθυστερήσης διέγειρε τη γραμμική πρόβλεψη)	16	
ITU G.729	Καίσιο- ACELP (ο συζευγμένος αλγεβρικός-κώδικας δομών διέγειρε τη γραμμική πρόβλεψη)	8	
ILBC	Χαμηλός κωδικοποιητής- αποκωδικοποιητής ποσοστού δυαδικών ψηφίων Διαδικτύου	13.33 και 15.20	
Spreex	CELP (ο κώδικας διέγειρε τη γραμμική πρόβλεψη)	2.15-44.2	Μέρος του προγράμματος GNU και διαθέσιμος κάτω από την παραλλαγή Xiph.org της άδειας BSD
GSM - πλήρες ποσοστό	Ρπε- LTP (κανονική μακροπρόθεσμη πρόβλεψη διέγερσης σφυγμού)	13	
GSM - ενισχυμένο πλήρες ποσοστό	ACELP (ο αλγεβρικός κώδικας διέγειρε τη γραμμική πρόβλεψη)	12.2	

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

GSM - μισό ποσοστό	VSELP (ο κώδικας διεγείρει τη γραμμική πρόβλεψη - διανυσματική συγκινημένη ποσό γραμμική πρόβλεψη)	11.4	
DoD 1016	CELP (ο κώδικας διεγείρει τη γραμμική πρόβλεψη)	4.8	

2.9.1 Δειγματοληψία

Κατά την εισαγωγή του αναλογικού ήχου μέσω του μικροφώνου, αυτό πρέπει να ψηφιοποιηθεί ώστε να μπορεί να επεξεργασθεί κατάλληλα από τον Υ/Η και να μεταδοθεί. Κάθε αναλογικό σήμα αποτελεί μία συνεχή συνάρτηση τάσης . Για να μπορέσει να ψηφιοποιηθεί εκτελείτε η διαδικασία της δειγματοληψίας σύμφωνα με την οποία ανά τακτά χρονικά διαστήματα (ίσα με το αντίστροφο της συχνότητας δειγματοληψίας) λαμβάνεται η στιγμιαία τιμή του πλάτους του σήματος. Σύμφωνα με την θεωρία του Nyquist για να επιταχυνθεί η ανακατασκευή του σήματος από το ψηφιοποιημένο πρέπει η συχνότητα δειγματοληψίας να είναι τουλάχιστον διπλάσια από την μέγιστη συχνότητα που περιέχει το σήμα.

Για μετάδοση φωνής έχει αποδειχθεί ότι οι κυριότερες συνιστώσες της βρίσκονται έως τα 4KHz και το εύρος αυτό είναι ικανό να διατηρήσει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της φωνής ,ώστε αυτή να είναι αναγνωρίσιμη. Άρα θα υπάρχει πλήρης αναπαράσταση με συχνότητα δειγματοληψίας 8KHz .Η συχνότητα αυτή χρησιμοποιείται ευρέως για την δειγματοληψία λόγου και είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στην τηλεφωνία. Σε περίπτωση που χρειάζεται να καλυφθεί το πλήρες φάσμα

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

των συχνοτήτων που αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο αυτί (20 Hz έως 20KHz) χρησιμοποιείται συχνότητα άνω των 40KHz και συγκεκριμένα έχει τυποποιηθεί στα 44.1KHz.

2.9.2 Κωδικοποίηση

Οι τιμές του πλάτους του σήματος (ήχου) που λαμβάνονται κατά την δειγματοληψία κωδικοποιούνται σε ένα διακριτό αριθμό σταθμών κωδικοποίησης των οποίων ο αριθμός εξαρτάται από τον αριθμό των bits που χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση της κάθε τιμής . Για τον ψηφιακό ήχο τα bits της λέξης κωδικοποίησης ποικίλουν από 8 (256 στάθμες) έως 16 (65536 στάθμες) . Ο κβαντισμός των δειγμάτων του σήματος εισάγει σφάλμα στο προς κωδικοποίηση σήμα αφού κάποια πληροφορία θα χαθεί κατά την στρογγυλοποίηση της τιμής. Όσο περισσότερες είναι όμως οι στάθμες (περισσότερα bits για κάθε λέξη) τόσο μικρότερο είναι το εισαγόμενο σφάλμα.

Ο πιο απλός τρόπος κωδικοποίησης είναι η παλμό-κωδικό διαμόρφωση (Pulse Code Modulation) και χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά για την κωδικοποίηση φωνής μιας και δεν είναι ιδιαίτερα αποδοτική . Υπάρχουν διάφοροι τρόποι αντιστοίχισης των σταθμών στο εύρος των τιμών που επιθυμείται να καλυφθεί. Κατά την γραμμική (ομοιόμορφη) κωδικοποίηση το πλήθος των σταθμών κατανέμεται εξίσου σε όλο το εύρος του πεδίου τιμών του σήματος. κατά την κωδικοποίηση αυτή δεν πραγματοποιείται συμπίεση και το προκύπτων σήμα έχει πολύ μεγάλο μέγεθος.

Για τον λόγο αυτό έχουν προταθεί άλλες τεχνικές αντιστοίχισης όπως η λογαριθμική κωδικοποίηση PCM. Οι τεχνικές αυτές είναι γνωστές ως μ-law PCM και A-law PCM και πετυχαίνουν συμπίεση ικανή ώστε να καθίσταται δυνατή η συμπίεση και από-συμπίεση του ήχου σε πραγματικό χρόνο, όπως απαιτείται στα συστήματα τηλεδιάσκεψης.

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

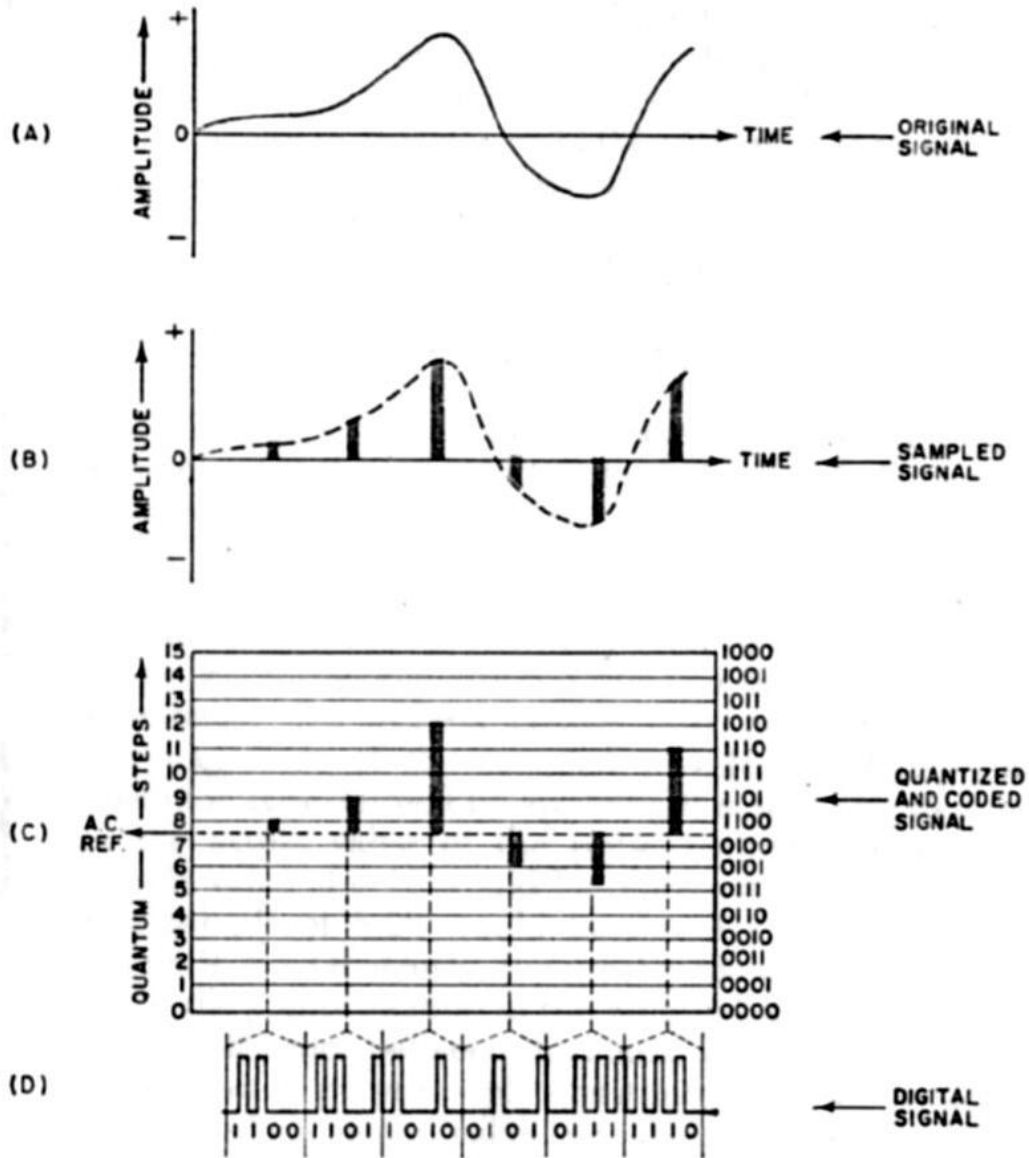
μ-law PCM και A-law PCM

Η διαφορά της λογαριθμικής αντιστοίχισης από την ομοιόμορφη, έγκειται στο πλεονέκτημα της πρώτης να αντιστοιχεί περισσότερες στάθμες στις χαμηλές συχνότητες και λιγότερες στις υψηλές . Στις χαμηλές συχνότητες περιέχεται το μεγαλύτερο ποσοστό της πληροφορίας ενώ στις υψηλότερες παρουσιάζεται το πρόβλημα του υψηλό-συχνού θορύβου. Χρησιμοποιώντας την λογαριθμική κωδικοποίηση υπάρχει καλύτερη αναπαράσταση του σήματος και ταυτόχρονα επιτυγχάνεται συμπίεση.

Χρησιμοποιώντας 8 bits και λογαριθμική κωδικοποίηση καλύπτεται το ίδιο εύρος τιμών με ομοιόμορφη PCM κωδικοποίηση 14 bits. Πρόκειται για μία συμπίεση της τάξης του 1,75 προς 1. Για την κωδικοποίηση φωνής με δειγματοληψία 8 bits και για την μετάδοση ενός μόνο καναλιού απαιτείται bandwidth 64Kbps. Οι μ-law και A-law PCM μέθοδοι κωδικοποίησης έχουν τυποποιηθεί από το διεθνή τηλεπικοινωνιακό φορέα ITU-T (International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector) στο πρότυπο **G.711, "Pulse Code Modulation (PCM) of voice frequency's"** .

Το πρότυπο αυτό είναι μέρος των γενικής σύστασης **H.320, H.321, H.322 ,H323** του ίδιου οργανισμού για την τυποποίηση της τηλεδιάσκεψης. Το **G.711** περιγράφει τους πίνακες σύμφωνα με τους οποίους πραγματοποιούνται τα δύο είδη κωδικοποίησης . Η μ-law χρησιμοποιείται κυρίως σε δίκτυα ISDN (Integrated Services Digital Network) κυρίως στην Βόρεια Αμερική και την Ιαπωνία ενώ ο A-law χρησιμοποιείται στα ISDN στις υπόλοιπες χώρες .

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



Σχήμα 8 : PCM

2.9.3 Codec's

Ένας κωδικοποιητής/αποκωδικοποιητής (Coder/Decoder ή Compressor/De-compressor) χρησιμοποιείται για μετατροπές αναλογικού σήματος σε ψηφιακό και το αντίστροφο. Ο codec παίρνει την αναλογικής μορφής φωνή και τη μετατρέπει σε ψηφιακή για μετάδοση της σε ένα δίκτυο δεδομένων. Ένας codec επίσης χρησιμοποιείται στη μεριά του δέκτη ο οποίος αναλύει την πληροφορία ψηφιακής μορφής στην αρχική

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

της μορφή για να μπορέσει ο δέκτης να ακούσει τον πραγματικό ήχο που παρήγαγε ο αποστολέας. Οι codec's είναι σημαντικοί για δυο κυρίως λόγους:

1. Χωρίς τους codec's δε θα ήταν δυνατή η μετάδοση της φωνής μέσα από ένα δίκτυο δεδομένων. Κάθε συσκευή VoIP χρησιμοποιεί έναν codec.

2. Ο codec είναι στοιχείο – κλειδί στον καθορισμό του συνολικού εύρους ζώνης και την ποιότητα της φωνής σε μια συνομιλία. Ο τύπος του codec που χρησιμοποιείται μπορεί να μη χρησιμοποιεί συμπίεση και για αυτό το λόγο μπορεί να επηρεάζεται το συνολικό εύρος ζώνης και η ποιότητα του ήχου της συνομιλίας.

Υπάρχει ένας αριθμός από codec's, με χρησιμοποιημένα διαδεδωμένους ευρέως κυρίως τους παρακάτω:

G.711, G.722, G.728, G.723, G.729, T.120 και εκδόσεις βελτιστοποίησης και ξεχωριστής λειτουργικότητας τους.

Χρόνος Πακεταρίσματος της Φωνής

Στο ψηφιακό φτιάξιμο των σημάτων της φωνής, οι codec παράγουν μια ακολουθία από δεδομένα για αποστολή στον προορισμό. Για την πραγματοποίηση αυτής της μεταφοράς, τα δεδομένα κόβονται σε πακέτα στα οποία έχει προστεθεί και ένα τμήμα header. Η επικεφαλίδα (header) περιλαμβάνει διάφορες διευθύνσεις, τύπο της υπηρεσίας και πληροφορίες για τη δρομολόγηση που ορίζονται από το πρωτόκολλο ή τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται. Αντί για πακέτα δεδομένων τα οποία μπορεί να είναι πολύ μακριά, τα πακέτα φωνής πρέπει να είναι σχετικά μικρά λόγω της πραγματικού χρόνου φύσης της επικοινωνίας φωνής. Αν τα πακέτα ήταν αρκετά μακριά, μια ενοχλητική καθυστέρηση θα έκανε την εισαγωγή της στην συνομιλία εξ' αιτίας του χρόνου που χρειάζεται για να αποθηκευτούν τα δεδομένα στον buffer και να ξανακατασκευαστούν στη κατάλληλη φωνή στην άκρη του λήπτη. Η πληροφορία της φωνής δεν είναι απαραίτητα ο μεγαλύτερος παράγοντας στο συνολικό εύρος ζώνης που καταναλώνεται από τα πακέτα φωνής. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται, ότι επιπρόσθετα της πληροφορίας της πραγματικής φωνής,

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

υπάρχουν επίσης άλλου είδους πληροφορίες που πρέπει να προσαρτηθούν.

Το RTP και το IP προσθέτουν 40 bytes σε κάθε δείγμα πακέτου. Διαφορετικές τεχνολογίες χρησιμοποιούν διαφορετικού ποσού επιπρόσθετες πληροφορίες με αποτέλεσμα οι πληροφορίες της φωνής να αποτελούν ένα κομμάτι μόνο του συνολικού πακέτου που αποστέλλεται. Όσο μικρότερος είναι ο χρόνος πακεταρίσματος, τόσο μεγαλύτερη είναι η αναλογία μεταξύ του φόρτου των πακέτων και της αποτελεσματικής φωνής που μεταφέρεται. Αυτή η αναλογία δείχνει την ανταλλαγή μεταξύ του χρόνου πακεταρίσματος (καθυστέρηση) και της κατανάλωσης εύρους ζώνης.

Audio compression	ISO/IEC	MPEG-1 Layer III (MP3) • MPEG-1 Layer II • MPEG-1 Layer I • AAC • HE-AAC • HE-AAC v2
	ITU-T	G.711 • G.722 • G.722.1 • G.722.2 • G.723 • G.723.1 • G.726 • G.728 • G.729 • G.729.1 • G.729a
	Others	AC3 • Apple Lossless • ATRAC • FLAC • iLBC • Monkey's Audio • μ-law • Musepack • Nellymoser • OptimFROG • RealAudio • SHN • Speex • Vorbis • WavPack • WMA • TAK

Σχήμα 9 : Audio compression Codec's

2.9.3.1 G.711

Ο V-coder G.711 χρησιμοποιεί στην ουσία τις τεχνικές διαμόρφωσης του φωνητικού σήματος του PCM.

Εφαρμογές:

- Προσωπικές επικοινωνίες
- Wideband τηλεφωνία IP
- Διάσκεψη ήχου και βίντεο
- Ασύρματα συστήματα GPRS EDGE
- Τηλέφωνα Wi-Fi Voice over WLAN

Χαρακτηριστικά:

- Interface κοινού συμπιεσμένου πλαισίου φωνής για υποστήριξη συστημάτων με πολλαπλούς κωδικοποιητές φωνής.
- Εξειδικευμένο για υψηλές αποδόσεις σε κύριες αρχιτεκτονικές DSP.

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

- Συμβατό σε περιβάλλοντα multitasking.
- Μπορεί να ενοποιηθεί με τους ακυρωτές echo των G.168 και G.165 και με εντοπισμό/αναπαραγωγή τόνων.
- Υλοποίηση πολλών καναλιών.
- Βελτιωμένη υλοποίηση.
- Ο ρυθμός εισόδου εκτείνεται έως τα 64Kb/s.
- Ο ρυθμός εξόδου έως 104 ή 112 Kb/s.
- Επιλογή μεγέθους μνήμης frame / buffer ανάλογα με τις ανάγκες του συστήματος.

2.9.3.2 G.722

Το G.722 περιγράφει τα χαρακτηριστικά ενός συστήματος κωδικοποίησης ήχου το οποίο μπορεί να χρησιμοποιείται για μια ποικιλία εφαρμογών υψηλής ποιότητας φωνής. Το σύστημα κωδικοποίησης χρησιμοποιεί SB-ADPCM (sub-band adaptive differential pulse code modulation) με ένα ρυθμό bit rate των 64kb/s. Το σύστημα αναφέρεται ως κωδικοποίηση ήχου 64Kb/s (7KHz). Στην τεχνική SB-ADPCM η συχνότητα χωρίζεται σε δυο sub-band μέρη (υψηλή και χαμηλή) και τα σήματα σε κάθε sub-band μέρος κωδικοποιούνται χρησιμοποιώντας ADPCM. Το σύστημα έχει τρεις βασικές λειτουργίες που αντιστοιχούν στους ρυθμούς bit rate που χρησιμοποιούνται για κωδικοποίηση ήχου στα 7 KHz: 64, 56, 48 Kb per second. Οι δυο τελευταίες περιπτώσεις επιτρέπουν ένα βοηθητικό κανάλι δεδομένων των 8 και 16 Kb/s αντίστοιχα το οποίο παρέχεται μαζί με τα 64Kb/s κάνοντας χρήση των bit από το χαμηλό sub-band.

Ο 64Kb/s (7kHz) κωδικοποιητής φωνής περιλαμβάνει την εκπομπή ενός κομματιού ήχου το οποίο μετατρέπει ένα σήμα ήχου σε ένα αμετάβλητο ψηφιακό σήμα το οποίο με τη σειρά του κωδικοποιείται χρησιμοποιώντας 14bits με δειγματισμό 16kHz και ένα κωδικοποιητή SB-ADPCM ο οποίος μειώνει το bit rate στα 64kb/s. Ο

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

64Kb/s (7kHz) αποκωδικοποιητής φωνής περιλαμβάνει έναν αποκωδικοποιητή SB-ADPCM ο οποίος εκτελεί την αντίστροφη λειτουργία από τον κωδικοποιητή. Λαμβάνει υπ' όψιν του ότι ως είσοδο κωδικοποιημένου ήχου μπορεί να έχει σήμα των 64, 56 ή 48 Kb/s.

Οι τρεις βασικές καταστάσεις λειτουργίας οι οποίες αντιστοιχούν στους ρυθμούς bit rate που είναι διαθέσιμοι για κωδικοποίηση ήχου στην είσοδο του αποκωδικοποιητή είναι: Κατάσταση 1, 64 Kb/s, κατάσταση 2, 56 Kb/s και κατάσταση 3, 48 Kb/s.

Εφαρμογές:

- Προσωπικές επικοινωνίες
- Wideband τηλεφωνία IP
- Διάσκεψη ήχου και βίντεο
- Ασύρματα συστήματα GPRS EDGE
- Τηλέφωνα WiFi VoWLAN

Χαρακτηριστικά:

- Half και Full Duplex καταστάσεις λειτουργίας.
- Εγκεκριμένο από την ITU.
- Interface κοινού συμπιεσμένου πλαισίου φωνής για υποστήριξη συστημάτων με πολλαπλούς κωδικοποιητές φωνής (G.729, G.728, G.726 ,..).
- Εξειδικευμένο για υψηλές αποδόσεις σε κύριες αρχιτεκτονικές DSP.
- Συμβατό σε περιβάλλοντα multi task .
- Υλοποίηση πολλών καναλιών.

2.9.3.3 G.729

Οι κωδικοποιητές G.729, G.729A και G.729AB παρέχουν υψηλής ποιότητας φωνή με λογικές απαιτήσεις επεξεργασίας και χρόνους καθυστέρησης. Είναι επίσης αποτελεσματικοί σε τυχαία λάθη

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

των bit (bit error's). Είναι βασισμένοι στο μοντέλο του CELP (Code Excited Linear Prediction) και του CS (Conjugate Structure) – CELP. Μερικές εφαρμογές των G.729, G.729A και G.729AB περιλαμβάνουν οπτική τηλεφωνία, ασύρματη τηλεφωνία και ψηφιακά δορυφορικά επικοινωνιακά συστήματα.

Ο G.729 προσφέρει μεγαλύτερη εκμετάλλευση του εύρους ζώνης, πράγμα το οποίο του δίνει τη δυνατότητα χρησιμοποίησης του ως εναλλακτικό σε εφαρμογές που προηγούμενα χρησιμοποιούσαν 32kbps ADPCM. Ο G.729A συμπιέζει 8 kHz γραμμικού ηχητικού σήματος και το κωδικοποιεί για μετάδοση στα 8Kbps με λιγότερη πολυπλοκότητα από το G.729. Οι G.729B και G.729AB πραγματοποιούν συμπίεση σιωπής (silence compression) για τους G.729 και G.729A.

Χαρακτηριστικά: Συμπιέζουν τον ήχο στα 8Kbps και ενεργούν σε πλαίσια των 10ms με αλγόριθμους που εισάγουν μικρή καθυστέρηση.

2.10 CISCO Call Manager

Ο CISCO Call Manager (CCM) είναι ένα προϊόν της CISCO Systems. Ο CISCO Call Manager διατέθηκε στην αγορά το 1994 ως Multimedia Manager 1.0 για διαχείριση σήματος από σημείο σε σημείο για βίντεο. Το 1997 άλλαξε ονομασία σε Selsius-Call Manager και άλλαξε λειτουργία σε δρομολογητής φωνητικών κλήσεων σε IP δίκτυα. Ενώ το 1998 αγοράστηκε από την CISCO Systems. Ο CCM ανιχνεύει όλους τους ενεργούς παράγοντες VoIP σε ένα δίκτυο, δηλαδή τηλέφωνα, gateways, συνεδρίες, κουτιά ηχητικών μηνυμάτων και κάθε άλλη Cisco συσκευή. Ο CCM μπορεί να εγκατασταθεί είτε σε ένα CISCO Media Convergence Server (MCS) είτε σε έναν CISCO πιστοποιημένο Server.

Το 2004 η CISCO δημοσίευσε το Call Manager 4.1 ο οποίος μπορούσε να διαχειριστεί πάνω από 200 κλήσεις ταυτόχρονα με την διαθεσιμότητα μιας μόνο γραμμής. Αργότερα επήλθαν και άλλες πολλές βελτιώσεις στον CCM όπως Client Matter Code, Forced Account Code, Multilevel Precedence and

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Preemption and Malicious Call Identification. Επίσης ο CCM διαθέτει την ικανότητα κρυπτογράφησης τόσο της δικτυακής κίνησης όσο και του σήματος.

Αργότερα το 2006 η CISCO προχώρησε πάλι σε μετονομασία του CCM σε Cisco Unified Call Manager (CUCM) αφού δημοσίευσε τον CCM 5.0 και 4.2. Η διαφορά του CUCM 5.0 είναι ότι πλέον χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο SIP σε σχέση με τον 4.2 που εξακολουθεί να χρησιμοποιεί το H.323, καθώς και ότι έχει μια λειτουργία προστασίας εγκατάστασης λογισμικού στον Server. Μελλοντικά ο CCM θα μπορεί να εγκατασταθεί και σε μηχανήματα με Linux λογισμικό και όχι μόνο σε Windows 2000 και 2003 Server.



Σχήμα 10 : Λογότυπο Call Manager Administration

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

3. Παρουσίαση και Υλοποίηση Αρχιτεκτονικής Δικτύου Πειραματικών Μετρήσεων

3.1 Εισαγωγή

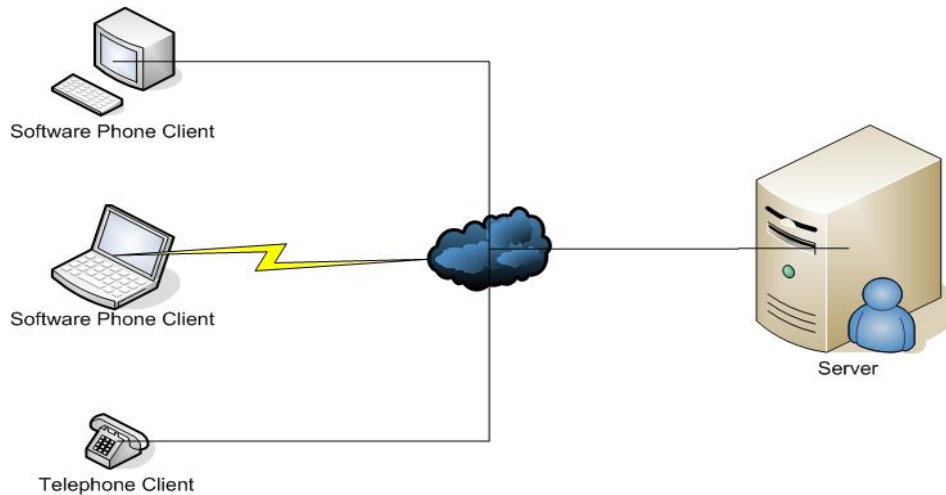
Στο υποκεφάλαιο 2.1 έγινε μια γενική περιγραφή ενός δικτύου Voice over IP. Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστεί και αναλυθεί η αρχιτεκτονική του δικτύου που υλοποιήθηκε και χρησιμοποιήθηκε για να εφαρμοστεί, ερευνηθεί και να αξιολογηθεί το σύστημα παροχής Voice over IP από την Cisco. Η αρχιτεκτονική που θα περιγραφεί σχεδιάστηκε με σκοπό να επιτευχθεί μια πλήρης έρευνα, ανάλυση και αξιολόγηση πάνω στις υπηρεσίες του συστήματος.

3.2 Σχεδιασμός / Υλοποίηση Τοπολογίας

Όπως έχει ήδη αναφέρει το VoIP είναι ένα σύστημα παροχής υπηρεσιών τηλεφωνίας μέσω διαδραστικού δικτύου IP και βασίζεται στο μοντέλο Client-Server.

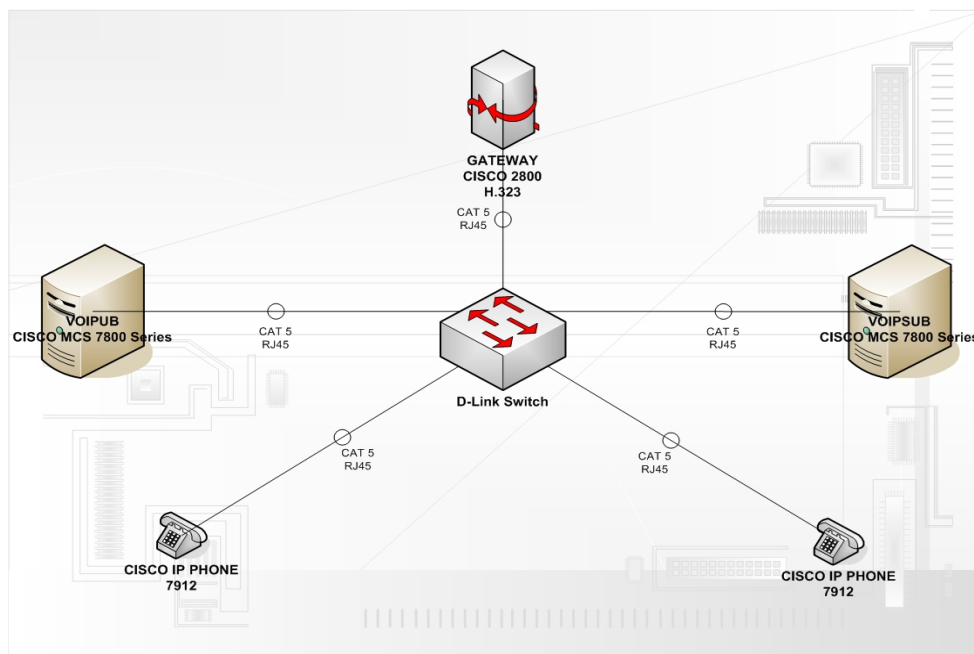
Όπου όλοι οι Clients ζητάνε τις πληροφορίες που χρειάζονται για την επικοινωνία τους από τους Servers και αντίστοιχα οι Servers τους απαντούν και διαχειρίζονται τα δικαιώματα τους και την επικοινωνία τους μέσα στο δίκτυο. Στο συγκεκριμένο δίκτυο ο κάθε Client ζητάει από τον Server να του παρέχει μία διεύθυνση IP μέσα στο δίκτυο καθώς και να τον ενημερώσει για το ποιος είναι ο αριθμός κλήσης τους, σε ποιους Servers μπορεί ακόμα να εξυπηρετηθεί, ποια είναι η διεύθυνση κάθε υπηρεσίας, καθώς και το πού και αν υπάρχει ο άλλος Client που θέλει να επικοινωνήσει. Ακόμα ο Client ενημερώνεται από τον Server για νέα μηνύματα (Voice Mail).

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



Σχήμα 11 : Μοντέλο Client-Server

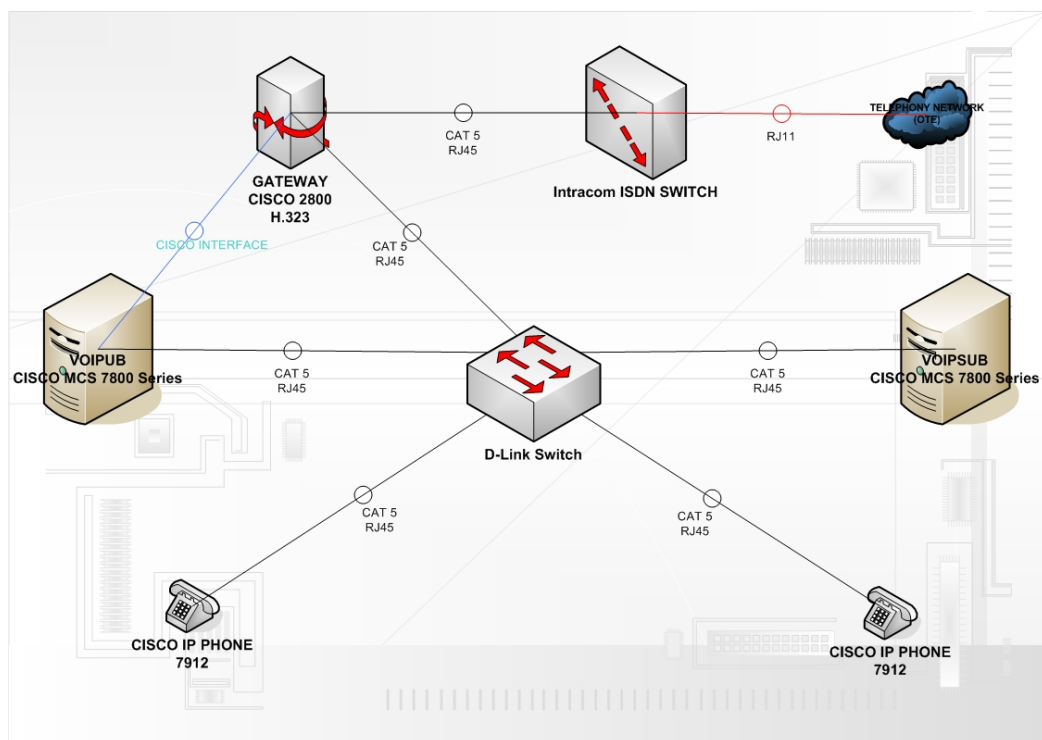
Στο μοντέλο αυτό θα χρησιμοποιηθεί διασύνδεση εύρους ζώνης 100MB/s Full-Duplex μέσω ενός Switch D-Link το οποίο συνδέει όλους τους παράγοντες του δικτύου. Αυτό συμπεριλαμβάνει τον Cisco Gateway Cisco (2800 Series), τους 2 Server (Cisco MCS 7800 series) καθώς και τους 2 clients (Cisco IP Phone 7912 Series). Για μία τέτοια διασύνδεση θα χρησιμοποιηθούν καλώδια τύπου UTP ή CAT.5 με βύσματα τύπου RJ-45.



ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Σχήμα 12 : Γενική τοπολογία δικτύου

Επίσης πρέπει να γίνει διασύνδεση του Gateway με ένα Server έτσι ώστε να μπορεί να υπάρχει πρόσβαση στο Cisco IOS και να μεταβληθούν οι ρυθμίσεις του. Επίσης θα πρέπει να προστεθεί και ένα ISDN Modem μέσω τηλεφωνικού καλωδίου τύπου σύνδεσης RJ-11 έτσι ώστε να υπάρχει πρόσβαση στο Public Switched Telephone Network για τα τηλέφωνα που θα έχουν προορισμό τηλέφωνα του δημόσιου δικτύου και συνεπώς δεν είναι VoIP.



Σχήμα 13 : Πλήρης τοπολογία δικτύου

Για να μπορούν να πραγματοποιηθούν μετρήσεις πάνω σε αυτό το δίκτυο που θα παρουσιαστούν και αξιολογηθούν στο 5 κεφάλαιο βάση διαφορετικών κωδικοποιήσεων, θα πρέπει να προστεθούν δύο υπολογιστές που θα βρίσκονται σε δύο διαφορετικά υπό-δίκτυα ώστε να περιοριστεί η κίνηση που δημιουργείται από μία κλήση στο μονοπάτι του δικτύου που επιθυμείται.

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Ο ένας υπολογιστής (Monitor Computer) θα πρέπει να διαθέτει 3 κάρτες δικτύου και να είναι σε θέση να καταγράψει κάθε άκρο της επικοινωνίας μεταξύ των δύο τηλεφώνων. Δηλαδή όχι μόνο τα πακέτα IP όταν τα στέλνει ο πρώτος ομιλητής μέσω του τηλεφώνου του, αλλά και αυτά όταν τα λαμβάνει ο δεύτερος ομιλητής. Αυτό μπορεί να γίνει μόνο αν τα πακέτα περνάνε μέσα από μια κάρτα δικτύου αυτού του υπολογιστή χωρίς όμως να επηρεάζουν το μονοπάτι της επικοινωνίας.

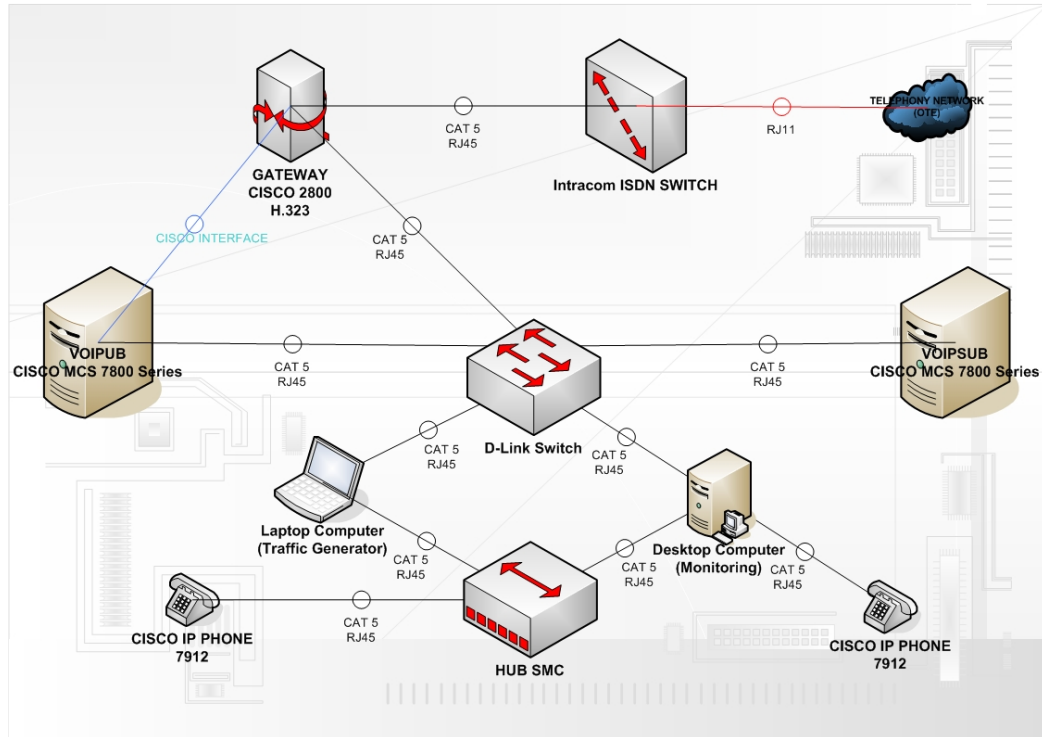
Για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει να εισαχθεί για αρχή ένα HUB της SMC που έχει την ιδιότητα να ανακατευθύνει όλη την κίνηση που δέχεται από την μία θύρα του σε όλες τις υπόλοιπες θύρες του χωρίς να φιλτράρει και αλλάζει τίποτα στην κίνηση αυτή, μετά το Switch και πριν από ένα τηλέφωνο. Δηλαδή να συνδεθεί στο HUB ένα καλώδιο (CAT.5) που θα συνδέεται στο Switch και ένα που θα συνδέεται στο τηλέφωνο και συνεπώς άλλο ένα που θα συνδέεται σε μία κάρτα δικτύου του υπολογιστή (eth0). Όσον αφορά το άλλο άκρο της επικοινωνίας δηλαδή το άλλο τηλέφωνο, θα πρέπει να συνδεθεί με του ίδιου τύπου καλώδιο σε μία διαφορετική κάρτα δικτύου του υπολογιστή (eth4) δημιουργώντας ένα ακόμα interface και από μία άλλη κάρτα του υπολογιστή (eth5) να συνδεθεί στο Switch.

Ενώ από το άλλο άκρο πρέπει να εισαχθεί ο άλλος υπολογιστής (Traffic Generator Computer) μεταξύ του HUB και του Switch Device. Δηλαδή να καταργηθεί το ήδη υπάρχον κανάλι επικοινωνίας μεταξύ του HUB και Switch και το HUB και το Switch να συνδέεται με τον Traffic Generator Computer.

Σε αυτήν την περίπτωση όμως τα δύο αυτά υπό-δίκτυα δεν γίνεται να επικοινωνήσουν διότι δεν αναγνωρίζει το ένα το άλλο. Για αυτόν τον λόγο πρέπει να θεσπιστεί στον Traffic Generator Computer ως κεντρικός Gateway ο Monitor Computer αλλά και το αντίστροφο.

Ακόμη πρέπει να ενεργοποιηθεί η προώθηση (forwarding) μεταξύ των interfaces eth4 και eth5 του Monitoring Computer και μεταξύ των interfaces eth1 και eth2 του Traffic Generator Computer ώστε να μπορεί να ανακατευθυνθεί η κίνηση, από το κάθε τηλέφωνο, στο δίκτυο χωρίς να επηρεάζεται η διαδρομή του.

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



Σχήμα 14 : Τελική τοπολογία δικτύου

3.3 Αναλυτική παρουσίαση τοπολογίας

3.3.1 Cisco Server/Gateway

Το δίκτυο που δημιουργήθηκε αποτελείται από 2 Server (Cisco MCS 7800 series) που τρέχουν το λειτουργικό σύστημα Windows 2000 Server, τον Publisher και τον Subscriber ή αλλιώς τον Πρωτεύοντα και τον Δευτερεύοντα οι οποίοι λειτουργούν παράλληλα και σε περίπτωση δυσλειτουργίας του Πρωτεύοντα αναλαμβάνει πρωτεύοντα ρόλο ο Δευτερεύοντας ή αλλιώς ο αναπληρωματικός Server.

Σε ένα δίκτυο VoIP ίσως χρειάζονται παραπάνω από 2 Server ανάλογα τους Client αν είναι παρά πολλοί, την τοπολογία του δικτύου αν αυτή έχει πολλά υπό-δίκτυα, αν επιθυμείται περισσότερη ασφάλεια

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

σε περίπτωση πτώσης του Publisher Server και σε περίπτωση που χρειάζεται να παρέχεται καλύτερη εξυπηρέτηση μοιράζοντας τις διεργασίες σε διαφορετικούς Server. Σε κάθε Server υπάρχει βάση δεδομένων βασισμένη πάνω σε SQL που περιέχει τα μητρώα των πληροφοριών των Client καθώς και το λογισμικό για την διαχείριση του VoIP ο Cisco Call Manager όπου ο κάθε CCM επικοινωνεί με τους CCM των άλλων Server. Επίσης οι Server διαθέτουν υπηρεσίες όπως TFTP, FTP και HTTP.

Όσον αφορά το ζήτημα καθορισμού διεύθυνσης IP σε συγκεκριμένους Client που έχουν συγκεκριμένο αριθμό κλήσης, υπάρχει στο Πρωτεύοντα Server υπηρεσία DHCP και DNS έτσι ώστε να υπάρχει μια συγκεκριμένη IP Address σε κάθε Client όπως είναι καταχωρημένο στον CCM σύμφωνα με την MAC Address της κάθε συσκευής και με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται το IP Duplication Conflict και υπάρχει καλύτερη ασφάλεια διότι αναγνωρίζεται ποιος είναι ποιος μέσα στο δίκτυο. Για να συνδεθεί κάποιος χρήστης στο δίκτυο θα πρέπει να πάρει IP από τον Server μέσω του πρωτοκόλλου TCP και CDP καθώς και να πληροί τις προϋποθέσεις του IPSec. Για λόγους σταθερότητας πάρα ταύτα και ευχρηστίας και ευελιξίας στον καθορισμό διευθύνσεων για να έρθουν εις πέρας οι μετρήσεις απενεργοποιήθηκε το DHCP μέσω των services.msc list του λειτουργικού Windows 2000 Server.

Ο Publisher Server στο δίκτυο αυτό έχει την IP 192.168.1.200 και ως Gateway την IP του υπολογιστή που παράγει την κίνηση στο παρασκήνιο (για την μέτρηση της απόδοσης του δικτύου που θα εκτελεστεί αργότερα) 192.168.1.1 καθώς και ο Subscriber Server έχει την IP 192.168.1.201 με Subnet Mask 255.255.255.0 και ως DNS έχει ο Publisher την IP του Subscriber δηλαδή 192.168.1.201 και ο Subscriber του Publisher 192.168.1.200 .

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



Σχήμα 15 : Cisco Publisher and Subscriber Server

Ως Gateway IP Address στους Server έχει ορίσει η IP του Gateway, δηλαδή 192.168.1.222. Σε περίπτωση που κάποιος χρήστης θέλει να πάρει ένα τηλέφωνο προς ένα τηλέφωνο που βρίσκεται στο PSTN θα πρέπει να πάρει έγκριση από τον Server πρώτα και μετά ο Server να δώσει εντολή στον Gateway για να κάνει την κλήση. Η επικοινωνία με έναν χρήστη από το PSTN Network κατευθύνεται μέσα από τον Gateway στον Client και αντίστροφα μέσω UDP (MGCP) connection πάλι.



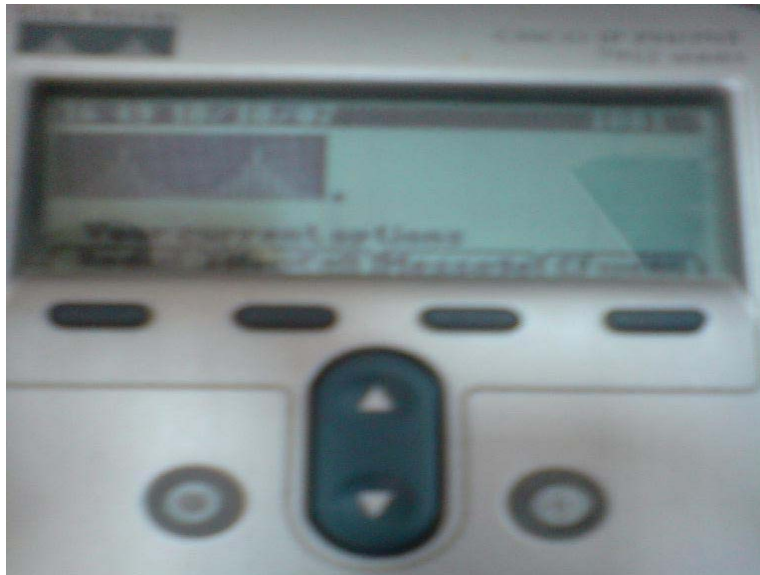
Σχήμα 16 : Cisco PSTN GATEWAY

3.3.2 Cisco Phone / Clients

Χρησιμοποιήθηκαν 2 τηλεφωνικές συσκευές της Cisco (Cisco IP Phone 7912 Series) οι οποίες συνδέονται στο δίκτυο μέσω Ethernet κάρτας 10/100 που επικοινωνούν με το δίκτυο.

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Οι συσκευές αυτές έχουν την δυνατότητα να επικοινωνούν αυτόματα με Server μέσα στο δίκτυο και συνεπώς να παίρνουν αυτόματα IP Address και Subnet Mask και Gateway όπως και DNS από τον DHCP Server. Επίσης χάρις στο CDP και VLAN μπορούν να αναγνωρίζουν το δίκτυο και τις συσκευές μέσα σε αυτό όπως τους CCM Server και τα υπόλοιπα τηλέφωνα και Gateways. Πάρα ταύτα τα τηλέφωνα υποστηρίζουν και χειροκίνητη ρύθμιση υπηρεσιών και διευθύνσεων και γενικά επιλογών ρύθμισης μέσα από το περιβάλλον διαχείρισης που διαθέτουν. Στην περίπτωση που χρειάζεται όμως να τροποποιηθεί χειροκίνητα απαιτείται εισαγωγή κωδικού μέσα στο menu του. Για να ξεκλειδωθούν οι ρυθμίσεις πρέπει πρώτα να γίνει εισαγωγή στο menu (πατώντας το πλήκτρο με το σχήμα της Γής) να γίνει πλοήγηση στο menu Settings μέσω των Navigation Buttons και να επιλεγεί ύστερα εισαγωγή στην επιλογή Network Configuration (Συνολικό μονοπάτι Menu > Settings > Network Configuration). Ύστερα απαιτείται να πληκτρολογηθεί ***# έτσι ώστε η κλειδαριά στη οθόνη να ξεκλειδώσει και να μπορούν να γίνουν οι ρυθμίσεις που επιθυμούνται.



Σχήμα 17 : Οθόνη τηλεφώνου

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Ακόμα τα τηλέφωνα μπορούνε να παρέχουνε διαφορετικό τύπο τροφοδοσίας. Έτσι χρησιμοποιήθηκε το ένα τηλέφωνο αντλώντας ρεύμα κανονικά μέσω του μετασχηματιστή του και συνδέοντας το με το κεντρικό Switch. Ενώ στο δεύτερο τηλέφωνο χρησιμοποιήθηκε Ethernet Supply μέσω μιας συσκευής που παρεμβάλλεται στο καλώδιο δικτύου που το συνδέει με το υπόλοιπο δίκτυο. Στην δεύτερη περίπτωση όμως δεν συνδέεται το τηλέφωνο κατευθείαν πάνω στο Switch αλλά πάνω στον υπολογιστή που θα χρησιμοποιηθεί για να εκτελεστούν οι μετρήσεις στο δίκτυο.



Σχήμα 18 : Αριστερά τροφοδοσία μέσω μετασχηματιστή, Δεξιά τροφοδοσία μέσω Ethernet

Για λόγους ευχρηστίας και σταθερότητας σχετικά με τις μετρήσεις, απενεργοποιήθηκε το Automatic Configuration του δικτύου για την απονομή IP διευθύνσεων και ορίστηκαν χειροκίνητα ρυθμίσεις σε κάθε τηλέφωνο. Επίσης παρεμβάλλοντας δύο υπολογιστές πριν από κάθε τηλέφωνο χρειάζεται να αλλάξει ο δρομολογητής στο δίκτυο οπότε η χειροκίνητη τροποποίηση του δικτύου είναι απαραίτητη.

Στο τηλέφωνο που βρίσκεται συνδεδεμένο πάνω στο HUB έγιναν οι εξής τροποποιήσεις :

- DHCP Server = NO
- BOOTP Server = NO
- IP Address = 192.168.0.11
- Subnet Mask = 255.255.255.0
- Default Router = 192.168.0.1
- DNS Server = 192.168.1.201

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

- VLAN Enabled = YES
- CDP Enabled = YES
- Call Manager 1 = 192.168.1.200
- Call Manager 2 = 192.168.1.201
- DHCP Enabled = NO
- Alternate DNS = YES

Στο τηλέφωνο που βρίσκεται συνδεδεμένο με τον υπολογιστή για τις μετρήσεις έγιναν οι παρακάτω τροποποιήσεις :

- DHCP Server = NO
- BOOTP Server = NO
- IP Address = 192.168.2.11
- Subnet Mask = 255.255.255.0
- Default Router = 192.168.2.1
- TFTP Server 1 = 192.168.1.200
- DNS Server 1 = 192.168.1.201
- VLAN Enabled = YES
- CDP Enabled = YES
- Call Manager 1 = 192.168.1.200
- Call Manager 2 = 192.168.1.201
- DHCP Enabled = NO
- Alternate TFTP = YES
- Alternate DNS = YES
- Alternate Domain = YES

3.3.3 Monitoring Computer

Για να παρατηρηθεί η κίνηση VoIP που δημιουργείται στο δίκτυο και να εκτελεστούν οι μετρήσεις έπρεπε να προστεθεί ένας υπολογιστής. Ο υπολογιστής αυτός τρέχει λειτουργικό σύστημα Linux (Ubuntu) γιατί έχει μεγαλύτερη και καλύτερη γκάμα εργαλείων για να

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

επεξεργαστεί την κίνηση και το δίκτυο καθώς και να αναλύσει τα πακέτα με ειδικά scripts.

Το μηχάνημα αυτό όμως για να είναι σε θέση να εκτελέσει σύλληψη των πακέτων από το ένα τηλέφωνο στο άλλο θα πρέπει να είναι συνδεδεμένο και με τα δύο υπό-δίκτυα στα οποία εμπεριέχονται τα τηλέφωνα καθώς και μέσα στο κεντρικό δίκτυο όπως έχει προαναφέρει στην γενική παρουσίαση της τοπολογίας. Για αυτόν τον λόγο πρέπει να έχει 3 διαφορετικές κάρτες δικτύου.

Στη μία (eth0) να είναι συνδεδεμένος με το HUB έτσι ώστε να μπορεί να ανιχνεύσει κάθε κίνηση του ενός τηλεφώνου. Για να μην υπάρχει όμως περίπτωση να δημιουργηθεί γεφύρωση του δικτύου και συνεπώς αλλάξουν τα μονοπάτια που ακολουθούν οι κλήσεις πρέπει να οριστεί ένα διαφορετικό εντελώς υπό-δίκτυο σε αυτό το Interface όπως 13.13.13.13 .

Στην δεύτερη (eth4) να είναι συνδεδεμένος με το τηλέφωνο στο υπό-δίκτυο που είναι αυτό δηλωμένο σαν κεντρικός δρομολογητής του τηλεφώνου με την IP Address 192.168.2.1 .

Στην Τρίτη (eth5) να είναι συνδεδεμένος με το Switch που θα συνδέει τον υπολογιστή με το κεντρικό δίκτυο και πρέπει να έχει την IP Address 192.168.1.2 .

Για να γίνει ο ορισμός αυτών των διευθύνσεων απαιτείται η χρήση του εργαλείου `ifconfig` από το τερματικό παράθυρο εντολών (Terminal). Στην περίπτωση αυτή χρειάστηκαν 3 μόνο εντολές :

1. `#ifconfig eth0 13.13.13.13`
2. `#ifconfig eth5 192.168.1.2`
3. `#ifconfig eth4 192.168.2.1`

Επίσης για να επικοινωνήσει σωστά το τηλέφωνο με το υπόλοιπο δίκτυο και συνεπώς με το άλλο τηλέφωνο που βρίσκεται σε άλλο υπό-δίκτυο, χρειάστηκε να θεσπιστεί ως κεντρικός gateway η διεύθυνση IP 192.168.1.1 του Υπολογιστή παραγωγής κίνησης (Traffic Generator Computer) του δικτύου, που συνδέεται με το Switch

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

με την χρήση της εντολής 'route' από το τερματικό παράθυρο εντολών

```
#route add default gw 192.168.1.1
```

Καθώς και να ενεργοποιηθεί η δρομολόγηση των πακέτων μεταξύ των Interfaces (forwarding) βάση των ορισμάτων που θεσπίστηκαν στο routing (route -n).

```
#echo 1 > /proc/sys/net/ipv4/conf/all/forwarding
```



Σχήμα 19 : Ξεκινώντας από κάτω προς τα πάνω : eth5, eth4 και eth0

3.3.4 Traffic generator / router Computer

Προκειμένου να αξιολογηθεί η συμπεριφορά του δικτύου σε καταστάσεις συμφόρησης του δικτύου έπρεπε να προστεθεί τεχνητή κίνηση μέσα στο δίκτυο και να αξιολογηθεί η απόδοση με αυτή την

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

κίνηση ενεργή στο παρασκήνιο. Για να το επιτευχθεί αυτό χρειάστηκε να εισαχθεί ένας υπολογιστής (με λειτουργικό σύστημα Linux) στο δίκτυο και συγκεκριμένα να παρεμβληθεί μεταξύ του HUB και του Switch. Ακόμα για σιγουριά ότι η κίνηση του δικτύου κατά την διάρκεια μια κλήσης θα ακολουθούσε την διαδρομή μέσα από το Switch και προς το άλλο υπό-δίκτυο, προς το άλλο τηλεφωνικό άκρο έπρεπε να δημιουργηθεί ένας ακόμα κατευθυντήρας κίνησης για αυτό το άκρο. Βάση αυτών των κριτηρίων χρησιμοποιήθηκε ένα Laptop με δύο κάρτες δικτύου για να καλύψει και τις δύο αυτές απαιτήσεις. Οπότε το μόνο που χρειάστηκε ήταν να θεσπιστεί η IP 192.168.1.1 στο δικτυακό interface που συνδέεται με το Switch, ενώ στο άλλο (interface) η διεύθυνση 192.168.0.1 που θα αποτελούσε τον δρομολογητή του τηλεφώνου προς το δίκτυο. Για να υπάρχει όμως επικοινωνία με το άλλο τηλέφωνο που βρίσκεται σε διαφορετικό υπό-δίκτυο πρέπει να οριστεί ως κεντρικός Gateway το Interface του Monitor Computer που συνδέεται με το Switch που έχει την διεύθυνση 192.168.1.2 και να ενεργοποιηθεί η δυνατότητα για ανακατεύθυνσης.

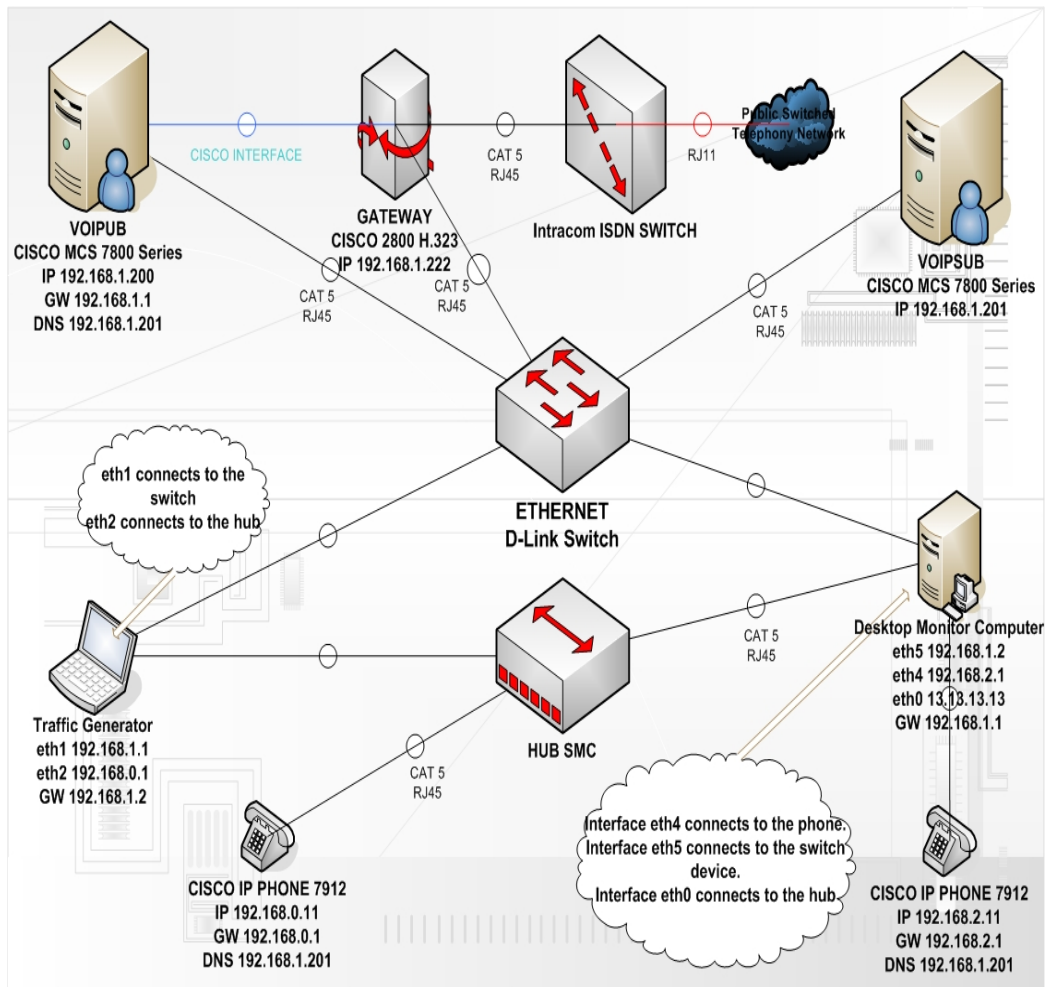
```
#ifconfig eth1 192.168.1.1
```

```
#ifconfig eth2 192.168.0.1
```

```
#route add default gw 192.168.1.2
```

```
# echo 1 > /proc/sys/net/ipv4/conf/all/forwarding
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



Σχήμα 20 : Τελική μορφή τοπολογίας δικτύου

3.4 Ροή κίνησης

Σε ένα τέτοιου τύπου δίκτυο υπάρχουν πολλές και διαφορετικού τύπου επικοινωνίες βάση τού πρωτοκόλλου που χρησιμοποιείται. Στη περίπτωση επικοινωνίας CDP η κίνηση γίνεται broadcasting των πακέτων σε όλο το δίκτυο προς όλες τις κατευθύνσεις. Στην περίπτωση άντλησης δεδομένων από τον εκάστοτε Server δημιουργείται TCP αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ Client και Server με Sessions και Authorizations. Ενώ στην επικοινωνία μιας κλήσης χρειάζεται ίδρυση UDP σύνδεσης από το ένα τηλέφωνο προς το άλλο και άλλη μία UDP σύνδεση από το άλλο τηλέφωνο προς το άλλο.

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

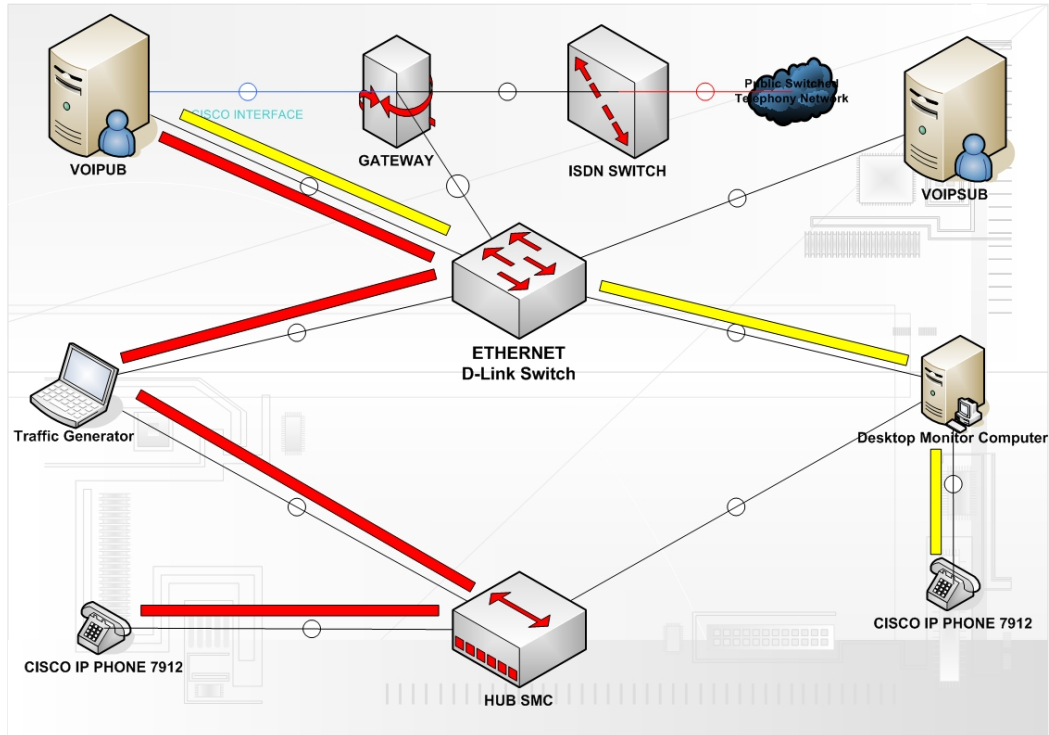
3.4.1 Σύνδεση Client στο δίκτυο

Στο δίκτυο με το που συνδεθεί κάποιος client τότε προσπαθεί να αναγνωρίσει το δίκτυο και τους κόμβους του μέσα σε αυτό αναγνωρίζοντας το VLAN μέσω του πρωτοκόλλου CDP κάνοντας broadcast τα στοιχεία του και ενημερώνοντας τον πίνακα του με τους κόμβους του δικτύου. Άμεσος μόλις ενταχθεί στο δίκτυο προσπαθεί να πάρει Authentication από τον Server μέσω του πρωτοκόλλου TFTP. Ύστερα από την έγκριση από τον Server και αναγνώριση του στο Directory Number του κάθε 60 λεπτά στέλνει μέσω CDP στοιχεία της θέσης του και αναμένει ειδοποίηση από το Server για τυχόν εισερχόμενες κλήσεις. Αν τυχόν 'πέσει' ο Server τότε αμέσως μέσω του CDP ενημερώνεται για το ότι ο Server άλλαξε στον δευτερεύον.

3.4.2 Ροή κίνησης στην χρήση υπηρεσιών

Όταν ένας χρήστης σηκώσει το ακουστικό του τηλεφώνου του ή έστω προσπαθήσει να χρησιμοποιήσει κάποια λειτουργία που έχει να κάνει με το Directory Number του ή έστω πάει να αποστείλει ένα μήνυμα σε ένα άλλο χρήστη τότε αμέσως ενεργοποιείται ασφαλής επικοινωνία μεταφοράς δεδομένων μεταξύ client-server μέσω του πρωτοκόλλου Cisco Skinny που βασίζεται πάνω στο TCP. Μερικές τέτοιου είδους πληροφορίες είναι ακόμα και ο ήχος κλήσης στο ακουστικό του τηλεφώνου, ο ήχος των κουμπιών στο ακουστικό και η υπηρεσία MOH (Music on Hold).

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



Σχήμα 21 : Κίνηση επικοινωνίας από κάθε Client με τον Server

3.4.3 Κλήση από VoIP Client σε VoIP Client

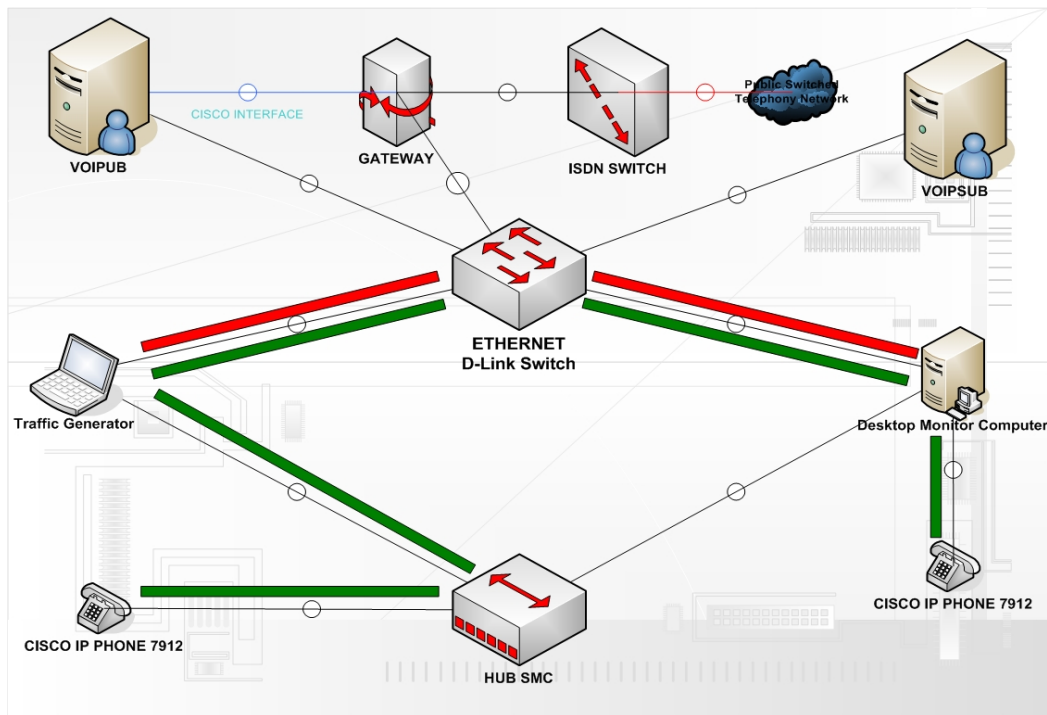
- Επικοινωνία μέσω του Cisco Skinny για την ενημέρωση του Server από τον αιτούντα της κλήσης. (Ανάγνωση πληκτρολόγησης Soft key και κατανόηση του αριθμού κλήσης 'Speed Dial')
- Authentication από τον Server στον αιτούντα μέσω TFTP
- Αποστολή του ήχου κλήσης στον αιτούντα
- Ειδοποίηση του παραλήπτη Client και Authentication του μέσω TFTP
- Αποστολή του ήχου κλήσης στον παραλήπτη
- Έγκριση από τον παραλήπτη για την κλήση
- Ακύρωση ήχου κλήσης και προς τους δύο Client
- Ίδρυση RTP σύνδεσης από Client σε Client

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

- Ολοκλήρωση κλήσης (κλείσιμο ακουστικού), αποστολή πληροφορίας τερματισμού κλήσης προς τον Server μέσω Cisco Skinny
- Ενημέρωση του άλλου Client για το τέλος της επικοινωνίας

3.4.4 Παρουσίαση ροών κατά το στάδιο μετρήσεων

Κατά την διάρκεια των μετρήσεων θα πραγματοποιηθεί εκτέλεση κινήσεων background παράλληλα με την κίνηση επικοινωνίας από κάθε Client στον άλλον. Η background κίνηση παράγεται από τον Traffic Generator Computer προς τον Traffic Monitor Computer μέσω του switch και από το ίδιο μονοπάτι περνάει και η κίνηση της επικοινωνίας των Client. Κατά το διάστημα εκτέλεσης των κινήσεων αυτών θα πραγματοποιηθεί λήψη των πακέτων της κίνησης που παράγεται από την επικοινωνία των Client μεταξύ τους. Στο σχήμα που ακολουθεί η πράσινη κίνηση παρομοιάζει την κίνηση των Client ενώ η κόκκινη την background κίνηση.



Σχήμα 22 : Ροές κινήσεων κατά την διάρκεια μετρήσεων

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

4. Ανάλυση του Cisco Call Manager Server

4.1 Εισαγωγή

Ο Cisco Call Manager Server είναι το πιο σημαντικό κομμάτι ενός δικτύου Cisco VoIP και αυτό συμβαίνει διότι όλοι οι παράγοντες του δικτύου εξαρτώνται από αυτόν. Πρόκειται για ένα Server υπολογιστή που περιέχει τις βάσεις δεδομένων με τα στοιχεία του συστήματος αλλά και όλων των Client και χρηστών, καθώς και TFTP, DHCP, DNS Server. Το πιο σημαντικό κομμάτι του όμως είναι διαχείριση του συστήματος (Administration) η οποία γίνεται μέσω μιας διεπαφής της Cisco, σε σελίδα που περιέχεται μέσα στον Apache Server του CCM και είναι προσβάσιμη από όλο το δίκτυο από τους διαχειριστές του συστήματος. Ο κάθε client δεν μπορεί να έχει οποιοδήποτε Directory Number αλλά μόνο αυτό που του έχει θεσπιστεί από τον CCM Server βάση της IP και MAC Address του και μόνο όταν είναι παρόντας ο CCM Server. Όπως και μια κλήση από έναν εξωτερικό αριθμό δεν μπορεί να ολοκληρωθεί αν δεν είναι παρόντας ο CCM Server για να δώσει την έγκριση να προωθηθεί η κλήση αυτή. Ακόμα μέσα από τον CCM Server ορίζονται τα δικαιώματα χρήσης όλων των υπηρεσιών των τηλεφωνικών συσκευών. Ο Call Manager Server είναι αυτός στον οποίο θα θεσπιστεί μια νέα συσκευή ή ένας άλλος CCM Server ή ένας User μέσα στο δίκτυο.

4.2 CCM Serviceability

Πρόκειται για μια ακόμα λειτουργία του CCM που παρέχει την δυνατότητα να ανιχνευθεί η λειτουργία των υπηρεσιών στο δίκτυο. Ακόμα και για να χρησιμοποιηθεί μια υπηρεσία από τον Server πρέπει εκτός από το να είναι εγκατεστημένη στο σύστημα να έχει ενεργοποιηθεί και η χρήση της από τον Server. Αυτού του είδους οι ρυθμίσεις γίνονται μέσα από την http secure διεπαφή της Cisco στο URL <https://voipub/CCMService/> όπου voipub το όνομα του Server.

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



Σχήμα 23 : Serviceability

4.3 Βασικά πεδία συστήματος Cisco Call Manager Administration

Κάθε χώρα στον κόσμο έχει διαφορετικά στάνταρ, διαφορετική ώρα και κάθε διαχειριστής διαφορετικές πεποιθήσεις. Για αυτόν τον λόγο κάποια βασικά πεδία διαφέρουν στην διαχείριση του συστήματος. Η πρόσβαση σε αυτές τις υπηρεσίες γίνεται μέσω του URL <https://voipub/CCMAdmin/>. Πρέπει να αναφερθεί ότι για κάθε αλλαγή στα παρακάτω πεδία απαιτείται εκτός από την αποθήκευση των αλλαγών και επανεκκίνηση όλων των συσκευών του δικτύου.

4.3.1 Server

Οι Server του δικτύου ορίζονται αυστηρά από την MAC Address της κάρτας δικτύου τους που είναι μοναδική στον κόσμο ακολουθούμενοι από ένα description. Μπορούν να υπάρχουν πολλοί Server σε ένα δίκτυο ανάλογα τις απαιτήσεις για υποστήριξη χρηστών αν είναι πάρα πολλοί ή

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

ακόμα και για τον διαμοιρασμό των διεργασιών για καλύτερη εξυπηρέτηση.

System Route Plan Service Feature Device User Application Help

Cisco CallManager Administration
For Cisco IP Telephony Solutions

CISCO SYSTEMS

Server Configuration

[Add a New Server](#)
[Back to Find/List Servers](#)

Current Server: New
Status: Ready

Host Name/IP Address*

MAC Address

Description

Note: You must update the DNS server when a DNS name is used.
* indicates required item

Σχήμα 24 : Server Configuration

4.3.2 Call Manager και CM Group

Ο κάθε 'Call Manager' μπορεί να υποστηρίζει διαφορετικής εμβέλειας αριθμούς τηλεφώνων αυτόματα όπως π.χ. από το 1200 έως το 2200 στο group τηλεφώνων που ανήκουν αυτοί οι αριθμοί (partition) αρκεί να εισαχθούν οι προτιμήσεις και να ενεργοποιηθεί η αυτοματοποιημένη εισαγωγή τηλεφώνων. Στην περίπτωση αυτή μπορεί ακόμα να εισαχθούν χειροκίνητα νέα τηλέφωνα στο δίκτυο , αναγνωρίζοντας τις ήδη υπάρχουσες κρατήσεις ο Server. Το External Phone Number Mask αφορά το πώς θα εμφανίζεται ο αριθμός του τηλεφώνου στις εξωτερικές προς το PSTN δίκτυο κλήσεις. Αν δηλαδή το τηλέφωνο έχει τον αριθμό 1000 και έχει θεσπιστεί ως external mask number ο αριθμός 1234, τότε σε μία εξωτερική κλήση θα φαίνεται σαν να χρησιμοποιεί τον αριθμό 1234 1000.

Ακόμα πρέπει να θεσπιστούν συγκεκριμένες πόρτες επικοινωνίας για κάθε τομέα. Το πρωτόκολλο Skinny βρίσκεται στην πόρτα 2000 οπότε σαν πόρτα τηλεφώνου πρέπει να οριστεί η 2000 και σαν ψηφιακή

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

πόρτα την 2001 όμως για επικοινωνία μέσω software phone χρειάζεται η χρήση του Skinny πάνω σε windows συστήματα οπότε σαν Analog Port εισάγεται η 2002. Όπως και για την επικοινωνία με τον Gateway πρέπει να χρησιμοποιηθεί η ορισμένη πόρτα για το πρωτόκολλο MGCP που είναι η 2427 και για να μένει ανοιχτή η σύνδεση ορίζεται η αμέσως επόμενη πόρτα η 2428.



The screenshot displays the Cisco CallManager Administration web interface. At the top, there is a navigation menu with links for System, Route Plan, Service, Feature, Device, User, Application, and Help. The main header area includes the Cisco CallManager Administration logo and the Cisco Systems logo. The page title is "Cisco CallManager Configuration". On the right side, there are two links: "Add a New Cisco CallManager" and "Back to Find/List Cisco CallManagers". The main content area is titled "Cisco CallManager: New" and shows the status as "Ready". There is an "Insert" button. The configuration is organized into several sections: "Server Information" with fields for "Cisco CallManager Server*" (a dropdown menu showing "-- Not Selected --"), "Cisco CallManager Name*", and "Description"; "Auto-registration Information" with fields for "Starting Directory Number*" (1000), "Ending Directory Number*" (1000), "Partition" (a dropdown menu showing "< None >"), and "External Phone Number Mask"; and "Cisco CallManager TCP Port Settings for this Server" with fields for "Ethernet Phone Port*", "Digital Port*", "Analog Port*", "MGCP Listen Port*", and "MGCP Keep-alive Port*". A note at the bottom states "* indicates required item."

Σχήμα 25 : Call Manager Configuration

Υπάρχει ακόμα η δυνατότητα να οριστεί ένα σύνολο από CM που εμπεριέχονται μέσα όσοι CM Server επιθυμούνται. Απλά επιλέγοντας τον Server και εισάγοντας τον στο πεδίο των επιλεγμένων CM.

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

The screenshot displays the Cisco CallManager Administration web interface. At the top, there is a navigation menu with links for System, Route Plan, Service, Feature, Device, User, Application, and Help. Below the menu is the Cisco CallManager Administration logo and the Cisco Systems logo. The main heading is "Cisco CallManager Group Configuration". On the right side, there are three links: "Add new Cisco CallManager Group", "Back to Find/List Cisco CallManager Groups", and "Dependency Records".

The configuration details for the "pasiphae" group are shown below:

- Cisco CallManager Group:** pasiphae
- Status:** Ready
- Buttons: Copy, Update, Delete, Reset Devices
- Cisco CallManager Group Settings:**
 - Cisco CallManager Group*: pasiphae
 - Auto-registration Cisco CallManager Group
- Cisco CallManager Group Members:**
 - Available Cisco CallManagers: (Empty list)
 - Selected Cisco CallManagers (ordered by highest priority): VOIPUB, VOIPSUB

* indicates required item

Σχήμα 26 : Call Manager Group Configuration

4.3.3 Date/Time Group

Όλες τα τηλέφωνα hardware και software συγχρονίζουν την ώρα τους από τον Server οπότε ο Server πρέπει να έχει την σωστή ζώνη ώρας για την χώρα στην οποία βρίσκεται. Σε περίπτωση που υπάρχει ένα WAN VoIP δίκτυο που εκτείνεται μεταξύ δύο χωρών μπορεί να θεσπιστεί διαφορετικό time zone για το κάθε group τηλεφώνων κάθε χώρας.

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

The screenshot shows the Cisco CallManager Administration web interface. At the top, there is a navigation menu with links: System, Route Plan, Service, Feature, Device, User, Application, and Help. Below the menu is a header bar with the Cisco CallManager Administration logo and the Cisco Systems logo. The main content area is titled "Date/Time Group Configuration" and shows the configuration for a group named "CMLocal". The status is "Ready". There are buttons for "Copy", "Update", "Delete", and "Reset Devices". The configuration fields are: Group Name* (CMLocal), Time Zone* ((GMT+02:00) Athens, Helsinki, Istanbul), Separator* (/ (slash) (applies to Date Format only)), Date Format* (M/D/Y), and Time Format* (24-hour). A note at the bottom states "* indicates required item".

Σχήμα 27 : Time zone Configuration

4.3.4 Device Defaults

Σε αυτήν την κατηγορία ρυθμίσεων περιέχονται οι πληροφορίες για κάθε τύπο συσκευής που περιέχει το δίκτυο. Έτσι ο Call Manager αναγνωρίζει τις δυνατότητες κάθε συσκευής και καθορίζεται η σωστή επικοινωνία μαζί τους. Κάθε συσκευή έχει τον δικό της κωδικό στο Load Information και στο Phone Template έτσι ώστε να αναγνωρίζονται π.χ. όλες οι λειτουργίες όλων των πλήκτρων σε μια τηλεφωνική συσκευή. Επίσης εδώ καταγράφεται σε ποια κατηγορία συσκευών (device pool) κάθε συσκευή εντάσσεται.

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

System Route Plan Service Feature Device User Application Help

Cisco CallManager Administration
For Cisco IP Telephony Solutions

CISCO SYSTEMS

Device Defaults Configuration

Status: Ready
Update

Device Type	Load Information	Device Pool	Phone Template
7914 14-Button Line Expansion Module	S00104000100	Default	None
Analog Access	A001D031	Default	None
Analog Access WS-X6624	A00204000009	Default	None
Analog Phone	None	Default	Standard Analog
Cisco 12 S	P00203010100	Default	Standard 12 S
Cisco 12 SP	P00203010100	Default	Standard 12 SP
Cisco 12 SP+	P00203010100	Default	Standard 12 SP+
Cisco 30 SP+	P00103010100	Default	Standard 30 SP+
Cisco 30 VIP	P00203010100	Default	Standard 30 VIP
Cisco 7902	CP7902060000SCCP05012	Default	Standard 7902
Cisco 7905	CP7905060000SCCP05012	Default	Standard 7905
Cisco 7910	P00405000600	Default	Standard 7910
Cisco 7912	CP7912060000SCCP05012	Default	Standard 7912
Cisco 7920	cmterm_7920.4.0-01-08	Default	Standard 7920
Cisco 7935	P00503010900	Default	Standard 7935
Cisco 7936	cmterm_7936.3-3-7-0	Default	Standard 7936
Cisco 7940	P00307010200	Default	Standard 7940

Σχήμα 28 : Device Defaults Configuration

4.3.5 Region

Το Region αφορά τους τύπους κωδικοποίησης που επιθυμείται να χρησιμοποιηθούν στο δίκτυο για την επικοινωνία κάθε συσκευής. Μπορούν να θεσπιστούν πολλά διαφορετικά regions με διαφορετικές κωδικοποιήσεις στον δίκτυο ανάλογα τις απαιτήσεις για κάθε συσκευή, αλλά και να χρησιμοποιηθεί το ίδιο region για όλες τις συσκευές του δικτύου.

Οι κωδικοποιήσεις που υποστηρίζονται από τον CCM 4.1 είναι οι εξής :

- G.711

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

- G.723
- G.729
- G.722
- GSM
- G.728
- Wideband

Ακόμα σε κάθε region μπορεί να θεσπιστεί το μέγιστο εύρος ζώνης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για μία βίντεο κλήση.

System Route Plan Service Feature Device User Application Help

Cisco CallManager Administration
For Cisco IP Telephony Solutions

CISCO SYSTEMS

Region Configuration

[Add a New Region](#)
[Back to Find/List Regions](#)
[Dependency Records](#)

Region: Default
Status: Ready

Update Delete Restart Devices

Region Information

Region Name* Default

Call Information

The maximum audio codec/video bandwidth supported within this region is:

Region	Audio Codec	Video Call Bandwidth
Default (Within this Region)	G.711	<input type="radio"/> None <input checked="" type="radio"/> 384 kbps

Items per page: 10

* indicates required item

Next Last Page 1 of 1

Σχήμα 29 : Region Configuration

4.3.6 Device Pool

Το Device Pool είναι ουσιαστικά ένα Group συσκευών με συγκεκριμένες απαιτήσεις και δυνατότητες που θεσπίζονται ανάλογα των

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

απαιτήσεων. Σε κάθε Device Pool μπορεί να ενταχθεί όποια συσκευή επιθυμείται.

Βάση αυτών των επιλογών θεσπίζεται το ποιόν CM θα χρησιμοποιούν οι συσκευές στο Pool αυτού, τι time zone θα χρησιμοποιούν και συνεπώς θα εμφανίζουν στις οθόνες τους, με τι region θα πρέπει να επικοινωνούν, δηλαδή κωδικοποίηση και video call bandwidth limit, σε τι partition θα είναι ενταγμένα, τι δικαιώματα θα έχουνε και τι γλώσσα χρησιμοποιούν τα τηλέφωνα αυτά. Μέσο αυτής της υπηρεσίας μπορεί να οριστεί ποιος Gateway θα χρησιμοποιεί το Pool και αν θα χρησιμοποιεί. Καθώς και τι δείγμα μουσικής για την υπηρεσία αναμονής κλήσεων (Music on Hold parameters), αν αυτή επιλεγεί να χρησιμοποιείται.

Το Device Pool μπορεί να χαρακτηριστεί ως το πιο σημαντικό στοιχείο ενός CM Server αφού συνδέει όλους τους παράγοντες που εμπεριέχει αυτός.

System Route Plan Service Feature Device User Application Help

Cisco CallManager Administration
For Cisco IP Telephony Solutions

CISCO SYSTEMS

Device Pool Configuration

[Add new Device Pool](#)
[Back to Find/List Device Pools](#)

Device Pool: New
Status: Ready

Device Pool Settings

Device Pool Name*	<input type="text"/>
Cisco CallManager Group*	<input type="text" value="— Not Selected —"/>
Date/Time Group*	<input type="text" value="— Not Selected —"/>
Region*	<input type="text" value="— Not Selected —"/>
Softkey Template*	<input type="text" value="— Not Selected —"/>
SRST Reference*	<input type="text" value="— Not Selected —"/>
Calling Search Space for Auto-registration	<input type="text" value="< None >"/>
Media Resource Group List	<input type="text" value="< None >"/>
Network Hold MOH Audio Source	<input type="text" value="< None >"/>
User Hold MOH Audio Source	<input type="text" value="< None >"/>
Network Locale	<input type="text" value="< None >"/>
User Locale	<input type="text" value="< None >"/>
Connection Monitor Duration***	<input type="text" value="120"/>

Multilevel Precedence and Preemption (MLPP) Information

MLPP Indication*	<input type="text" value="Default"/>
MLPP Preemption*	<input type="text" value="Default"/>
MLPP Domain (e.g., "0000FF")	<input type="text"/>

Σχήμα 30 : Device Pool Configuration

4.3.7 Enterprise Parameters

Αφορά την παραμετροποίηση ορισμένων εργαλείων διαχείρισης. Μπορεί για απλούς χρήστες να οριστούν δικαιώματα χρήσης υπηρεσιών και για διαχειριστές του συστήματος επιλογές εμφάνισης πληροφοριών. Επιλογές για παραμετροποίηση επιλογών στις υπηρεσίες του Server. Επιλογές για την ασφάλεια του συστήματος. Αλλαγή μονοπατιών για υπηρεσίες που άλλαξαν διεύθυνση. Για προσδιορισμό των εγγραφών στις βάσεις δεδομένων. Για δικαιώματα στην αναζήτηση στοιχείων, υπηρεσιών δικτύου καθώς και των δυνατοτήτων των υπηρεσιών παρακολούθησης.

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

System Route Plan Service Feature Device User Application Help

Cisco CallManager Administration
For Cisco IP Telephony Solutions

CISCO SYSTEMS

Enterprise Parameters Configuration

Enterprise Parameter: All i

Status: Ready

Parameter Name	Parameter Value	Suggested Value
Synchronization Between Auto Device Profile and Phone Configuration*	<input type="text"/>	
Max Number of Device Level Trace*	<input type="text"/>	
URL Help*	<input type="text"/>	
DSCP for SCCP Phone-based Services*	<input type="text"/>	
DSCP for SCCP Phone Configuration*	<input type="text"/>	
DSCP for Cisco CallManager to Device Interface*	<input type="text"/>	
Connection Monitor Duration*	<input type="text"/>	

Parameter Name	Parameter Value	Suggested Value
Max List Box Items*	<input type="text"/>	
Max Lookup Items*	<input type="text"/>	
Enable Dependency Records*	<input type="text"/>	

Σχήμα 31 : Enterprise Parameters Configuration

4.4 Δήλωση νέας συσκευής τηλεφώνου

Η δήλωση μιας νέας συσκευής στο σύστημα είναι μια διαδικασία που περιλαμβάνει κάθε παράγοντα. Για αρχή πρέπει να προστεθεί μια νέα καταγραφή στο DHCP Server μέσω των Windows και να δηλωθεί μια νέα IP για την MAC Address του τηλεφώνου που καταγράφεται στο menu του, έτσι ώστε το τηλέφωνο να συνδεθεί στο δίκτυο. Ύστερα επιλέγοντας Device > Phone και στη συνέχεια “Add a New Phone” από την διεπαφή του CCM Administration, ενεργοποιείται η διαδικασία εγγραφής νέας τηλεφωνικής συσκευής. Στην πρώτη καρτέλα εισάγεται ο τύπος της συσκευής που

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

επιθυμείται να εγγραφεί. Αυτό το βήμα είναι πολύ σημαντικό γιατί ανάλογα τον τύπο της συσκευής ο CCM χρησιμοποιεί τις απαραίτητες παραμέτρους για να μπορέσει να επικοινωνήσει μαζί του. Ο τύπος της κάθε συσκευής αναγράφεται πάνω στην συσκευή.



Σχήμα 32 : Adding new phone “Device Type”

Στην δεύτερη καρτέλα πρέπει να δηλωθούν οι παράμετροι του τηλεφώνου αυτού. Για αρχή δηλώνεται η MAC Address του σε περίπτωση που αλλάξει να μην υπάρχει δυσλειτουργία στο σύστημα και δεν μπορεί το τηλέφωνο να αντλήσει τα στοιχεία του από τον Server.

Ύστερα πρέπει να προσδιοριστεί σε ποιο Device Pool θα ανήκει αυτή η συσκευή. Βάση αυτής της δήλωσης το τηλέφωνο ενημερώνεται για όλες τις παραμέτρους που θα χρησιμοποιεί, δηλαδή για το ποιο Region (κωδικοποίηση) θα χρησιμοποιεί, με ποιον CM θα επικοινωνεί, τι Time Zone θα χρησιμοποιεί, μέσω ποιού Gateway θα επικοινωνεί με το PSTN δίκτυο, τι πηγές τυποποιημένων ήχων θα χρησιμοποιεί και σε ποια περιοχή βρίσκεται και αναγνωρίζεται στο δίκτυο του. Έπειτα επιλέγοντας εισαγωγή γίνεται εισχώρηση της καταγραφής στο σύστημα και μπορεί πλέον να χρησιμοποιηθεί η συσκευή αυτή.

System Route Plan Service Feature Device User Application Help

Cisco CallManager Administration
For Cisco IP Telephony Solutions

CISCO SYSTEMS

Phone Configuration

[Add a new phone](#)
[Back to Find/List Phones](#)

Directory Numbers
Lines can be added after the new phone is inserted in the database.

Phone: New
Status: Ready

Phone Configuration (Model = Cisco 7912)

Device Information

MAC Address*	<input type="text"/>
Description	<input type="text"/>
Owner User ID	<input type="text"/> (Select User ID)
Device Pool*	<input type="text" value="Not Selected"/> (View details)
Calling Search Space	<input type="text" value="None"/>
AAR Calling Search Space	<input type="text" value="None"/>
Media Resource Group List	<input type="text" value="None"/>
User Hold Audio Source	<input type="text" value="None"/>
Network Hold Audio Source	<input type="text" value="None"/>
Location	<input type="text" value="None"/>
User Locale	<input type="text" value="None"/>
Network Locale	<input type="text" value="None"/>
Privacy	<input type="text" value="Default"/>

Ignore Presentation Indicators (internal calls only)

Phone Button Template Information

Phone Button Template*	<input type="text" value="Standard 7912"/> (View button list)
------------------------	---

Σχήμα 33: Adding new phone “Phone Configuration”

Στην επόμενη και τελευταία καρτέλα ορίζονται οι απαιτήσεις για την κατοχύρωση του Directory Number που θα χρησιμοποιεί αυτό το τηλέφωνο μέσα στο δίκτυο. Το Directory Number μπορεί να είναι οποιοδήποτε μέσα όμως στο εύρος που μπορεί να καλύπτει και έχει θεσπιστεί στον CM που θα διαχειρίζεται το τηλέφωνο αυτό και φυσικά να μην είναι κατοχυρωμένο ήδη από κάποιο άλλο τηλέφωνο. Όμως αυτός ο αριθμός πρέπει να εντάσσεται στο σωστό Partition που θα δηλωθεί το τηλέφωνο. Στη συνέχεια πρέπει να δηλωθούν οι λειτουργίες που θα ενεργοποιηθούν στο τηλέφωνο αυτό και δηλώνεται σε ποιο Calling Search Space θα ανήκει καθώς και τι χαρακτήρες χρησιμοποιεί.

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

System Route Plan Service Feature Device User Application Help

Cisco CallManager Administration For Cisco IP Telephony Solutions CISCO SYSTEMS

Directory Number Configuration [Configure Device \(SEP0014A97282EE\)](#)

Associated With

Directory Number: New
 Status: Ready
 Note: Any update to this Directory Number automatically resets the associated devices

Directory Number

Directory Number*
 Partition

Directory Number Settings

Voice Mail Profile
 (Choose <None> to use default)
 Calling Search Space
 AAR Group
 User Hold Audio Source
 Network Hold Audio Source
 Auto Answer

Call Forward and Pickup Settings

	Voice Mail	Coverage/ Destination	Calling Search Space
Forward All	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value=" < None >"/>
Forward Busy Internal	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value=" < None >"/>
Forward Busy External	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value=" < None >"/>
Forward No Answer Internal	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value=" < None >"/>
Forward No Answer External	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value=" < None >"/>
Forward No Coverage Internal	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value=" < None >"/>
Forward No Coverage External	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value=" < None >"/>

No Answer Ring Duration (seconds)
 Call Pickup Group [\(View Details\)](#)

MLPP Alternate Party Settings

Target (Destination)
 Calling Search Space
 No Answer Ring Duration (seconds)

Line Settings for all Devices

Alerting Name

Line Settings for this Device

Display (Internal Caller ID)
 Line Text Label
 External Phone Number Mask
 Message Waiting Lamp Policy Not available on this device.
 Ring Setting (Phone Idle) Not available on this device.
 Ring Setting (Phone Active)** Not available on this device.

Multiple Call / Call Waiting Settings

Maximum Number of Calls* (1 - 6)
 Busy Trigger* (<= Max. Calls)

Forwarded Call Information Display

Caller Name Caller Number
 Redirected Number Dialed Number

* indicates required item; changes to Line or Directory Number settings require restart.
Note:
 If you are using a language other than English for Display (Internal Caller ID) or Line Text Label text, make sure the correct character set (shown below) is selected. Text displays incorrectly if the wrong character set is selected. (English characters are included in all character sets.)
 Character Set

Σχήμα 34 :Adding new phone “Directory Number”

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

4.5 Δήλωση νέου λογισμικού τηλεφώνου που έχει εγκατασταθεί σε υπολογιστή (SoftPhone)

Στην περίπτωση εγκατάστασης νέου τηλεφώνου το οποίο λειτουργεί σαν πρόγραμμα που χρησιμοποιεί τα ηχεία και μικρόφωνο του υπολογιστή σαν ακουστικό για την επικοινωνία, χρειάζονται επιπλέον μορφοποιήσεις σε κάποιους τομείς.

Αρχικά απαιτείται η δημιουργία ενός νέου χρήστη από το Menu User > Add a New User και η ενεργοποίηση της επιλογής στο menu δημιουργίας του χρήστη “Enable CTI Application Use”. Η διαδικασία εισαγωγής της συσκευής, είναι ίδια όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο 4.4, μόνο που το Software Phone δηλώνεται ως τύπος συσκευής CTI Port και απαιτείτε να εισαχθεί ο χρήστης που θα το διαχειρίζεται. Ύστερα χρειάζεται να οριστεί στον χρήστη το τηλέφωνο που θα διαχειρίζεται. Επιλέγοντας User > Global Directory και κάνοντας ανεύρεση χρηστών, επιλέγεται ο χρήστης που ορίστηκε για αυτήν την συσκευή. Πρώτα πρέπει να θεσπιστεί η IP που θα χρησιμοποιεί ο χρήστης αυτός, από το SoftPhone σύνδεσμο στις επιλογές του χρήστη. Ενώ πρέπει να θεσπιστεί και το ποια συσκευή θα λειτουργεί αυτός ο χρήστης από το “Device Association” σύνδεσμο που πρέπει να επιλεγεί “Select Devices” και να μαρκαριστεί η συσκευή που έχει οριστεί για αυτόν και να γίνει ανανέωση. Μετά από αυτές τις διαδικασίες ο χρήστης του SoftPhone εφόσον έχει την IP που ορίστηκε να συνδεθεί μέσω της εφαρμογής SoftPhone με τα στοιχεία του και να πραγματοποιήσει κλήσεις. Βέβαια απαραίτητη προϋπόθεση είναι το λογισμικό του SoftPhone να υποστηρίζει τον συγκεκριμένο Call Manager που χρησιμοποιείτε.

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

5. Μετρήσεις

5.1 Περιγραφή

Στην ενότητα αυτή θα γίνει μια περιγραφή της πειραματικής διαδικασίας που θα ακολουθηθεί μέσω κάποιων σεναρίων, κάθε ένα από τα οποία θα καλύψει συγκεκριμένες περιπτώσεις δικτυακής κίνησης. Σκοπός είναι να παρατηρηθεί η συμπεριφορά του δικτύου και να αξιολογηθεί η επίδοση του από την μέτρηση κάποιων χαρακτηριστικών που επηρεάζουν την ποιότητα των υπηρεσιών VoIP του δικτύου.

Θα μελετηθεί η συμπεριφορά του δικτύου στην δικτυακή κίνηση που παράγεται από μια κλήση, με την παρουσία δικτυακής κίνησης στο παρασκήνιο, πρωτοκόλλου μεταφοράς δεδομένων UDP με 6 διαφορετικές τιμές : α) 0 Mega Bit per Second, β) 20 Mega Bit per Second (Packets per Second = 2441.40625 και Packet Size = 1024), γ) 40 Mega Bit per Second (Packets per Second = 4882.8125 και Packet Size = 1024), δ) 60 Mega Bit per Second (Packets per Second = 7324.21875 και Packet Size = 1024), ε) 80 Mega Bit per Second (Packets per Second = 9765.625 και Packet Size = 1024), στ) 100 Mega Bit per Second (Packets per Second = 12207.03125 και Packet Size = 1024). Αυτή η σειρά μετρήσεων θα επαναληφθεί 3 φορές για τρεις βασικούς τύπους κωδικοποίησης δεδομένων που θα εφαρμόζονται στην κλήση : α) G.711, β) G.722, γ) G.729 . Κάθε μέτρηση θα περιλαμβάνει τα πακέτα που μεταφέρθηκαν κατά την διάρκεια της κλήσης η οποία για κάθε μέτρηση είναι σταθερή 60 δευτερόλεπτα. Δοκιμάστηκαν πολλά εργαλεία για την κατάλληλη παραγωγή της κίνησης δικτύου στο παρασκήνιο και τελικά θεωρήθηκε λόγω περιορισμών και πιστότητας καταλληλότερο το MGEN.

Σενάρια μετρήσεων :

- **Σενάριο 1**

Περιλαμβάνει μετρήσεις για την κωδικοποίηση G.711

- **Σενάριο 1.1**

Περιλαμβάνει μετρήσεις στην σειρά για κινήσεις background 0, 20, 40, 60, 80, 100 M bit / s που

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

αφορούν το εξομαλυμένο τρέμουλο για κωδικοποίηση G.711.

- **Σενάριο 1.2**

Περιλαμβάνει μετρήσεις στην σειρά για κινήσεις background 0, 20, 40, 60, 80, 100 M bit / s που αφορούν την καθυστέρηση για κωδικοποίηση G.711.

- **Σενάριο 1.3**

Περιλαμβάνει μετρήσεις στην σειρά για κινήσεις background 0, 20, 40, 60, 80, 100 M bit / s που αφορούν τις απώλειες για κωδικοποίηση G.711.

- **Σενάριο 2**

Περιλαμβάνει μετρήσεις για την κωδικοποίηση G.722

- **Σενάριο 2.1**

Περιλαμβάνει μετρήσεις στην σειρά για κινήσεις background 0, 20, 40, 60, 80, 100 M bit / s που αφορούν το εξομαλυμένο τρέμουλο για κωδικοποίηση G.722

- **Σενάριο 2.2**

Περιλαμβάνει μετρήσεις στην σειρά για κινήσεις background 0, 20, 40, 60, 80, 100 M bit / s που αφορούν την καθυστέρηση για κωδικοποίηση G.722.

- **Σενάριο 2.3**

Περιλαμβάνει μετρήσεις στην σειρά για κινήσεις background 0, 20, 40, 60, 80, 100 M bit / s που αφορούν τις απώλειες για κωδικοποίηση G.722.

- **Σενάριο 3**

Περιλαμβάνει μετρήσεις για την κωδικοποίηση G.729

- **Σενάριο 3.1**

Περιλαμβάνει μετρήσεις στην σειρά για κινήσεις background 0, 20, 40, 60, 80, 100 M bit / s που αφορούν το εξομαλυμένο τρέμουλο για κωδικοποίηση G.729

- **Σενάριο 3.2**

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Περιλαμβάνει μετρήσεις στην σειρά για κινήσεις background 0, 20, 40, 60, 80, 100 M bit / s που αφορούν την καθυστέρηση για κωδικοποίηση G.729.

ο Σενάριο 3.3

Περιλαμβάνει μετρήσεις στην σειρά για κινήσεις background 0, 20, 40, 60, 80, 100 M bit / s που αφορούν τις απώλειες για κωδικοποίηση G.729.

5.2 Μετρική Επιδόσεων

Η αξιολόγηση δικτύων μεταφοράς φωνής σε πραγματικό χρόνο μέσω του Internet Protocol (VoIP) εξαρτάται από ένα σύνολο χαρακτηριστικών μεγεθών βάσει των οποίων μπορεί να γίνει η μελέτη του δικτύου.

Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι :

- Η Καθυστέρηση (Delay – Latency) : Στην UDP επικοινωνία είναι γνωστή με τον όρο Μονόδρομη Καθυστέρηση (One Way Delay) και αναφέρεται στον χρόνο που χρειάζεται ένα πακέτο για να μεταδοθεί από ένα δικτυακό κόμβο σε έναν άλλο.
- Το Εξομαλυμένο Τρέμουλο (Smooth Jitter), που είναι η διακύμανση της καθυστέρησης, δηλαδή του χρόνου μεταφοράς από άκρο σε άκρο σε εξομαλυμένη μορφή.
- Οι Απώλειες (Losses) : Στην UDP κίνηση ορίζεται ως ο λόγος του αριθμού των πακέτων που ελήφθησαν προς τον αριθμό των πακέτων που στάλθηκαν.

Από μελέτες που έχουν γίνει οι τιμές που θεωρούνται πολύ καλές για τα παραπάνω χαρακτηριστικά είναι : για την καθυστέρηση 0 - 150 ms, για το jitter 0 – 10 ms και για τις απώλειες 0%. Σαν αποδεκτά όρια τιμών θα είναι : για την καθυστέρηση 150 - 200 ms, για το jitter 10 – 20 ms και για τις απώλειες 0 – 0.5%. Κακές τιμές θα θεωρηθούν : για την καθυστέρηση

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

μεγαλύτερες από 200 ms, για το jitter μεγαλύτερες από 50 ms και για τις απώλειες μεγαλύτερες από 1.5%. [19]

5.3 Περιγραφή Προγραμμάτων

Για την επίτευξη της πτυχιακής εργασίας έγινε χρήση διάφορων λογισμικών εφαρμογών και προγραμμάτων. Τα προγράμματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για την παραγωγή δικτυακής κίνησης, την “σύλληψη”, παρουσίαση και ανάλυση των χαρακτηριστικών αυτής και για την υλοποίηση του μηχανισμού Cisco VoIP. Παρακάτω γίνεται μια αναφορά στα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν.

- Το Iperf είναι ένα εργαλείο για δημιουργία TCP και UDP κινήσεων, το οποίο λειτουργεί σε όλα τα συστήματα (Unix, Windows, MacOS κλπ.). Μερικά από τα χαρακτηριστικά του γνωρίσματα είναι ότι παρέχει χρήσιμες πληροφορίες και αποτελέσματα για το εύρος ζώνης, τις απώλειες, την διακύμανση της καθυστέρησης και γενικότερα για την απόδοση του δικτύου.
- Το MGEN (Multi-Generator) είναι ένα λογισμικό ανοιχτού κώδικα και παρέχει τη δυνατότητα να εκτελεστούν μετρήσεις για την απόδοση δικτύων που παρέχουν IP υπηρεσίες, δημιουργώντας UDP κίνηση.
- Το D-ITG είναι ένα πρόγραμμα ικανό να παράγει δικτυακές κινήσεις στα επίπεδα δικτύου, μεταφοράς και εφαρμογής. Στις πειραματικές μετρήσεις της συγκεκριμένης πτυχιακής το εργαλείο D-ITG θα χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία VoIP επικοινωνίας.
- Το IPTraf είναι ένα εργαλείο που παρουσιάζει το μέγεθος τις κίνησης σε κάθε δικτυακό interface του υπολογιστή που εκτελείται.
- Το Tcpdump είναι ένα εργαλείο “σύλληψης” και παρακολούθησης της δικτυακής κυκλοφορίας, το οποίο σε συνεργασία με άλλα προγράμματα βοηθάει στην ανάλυση των διαφόρων χαρακτηριστικών των δικτυακών κινήσεων.

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

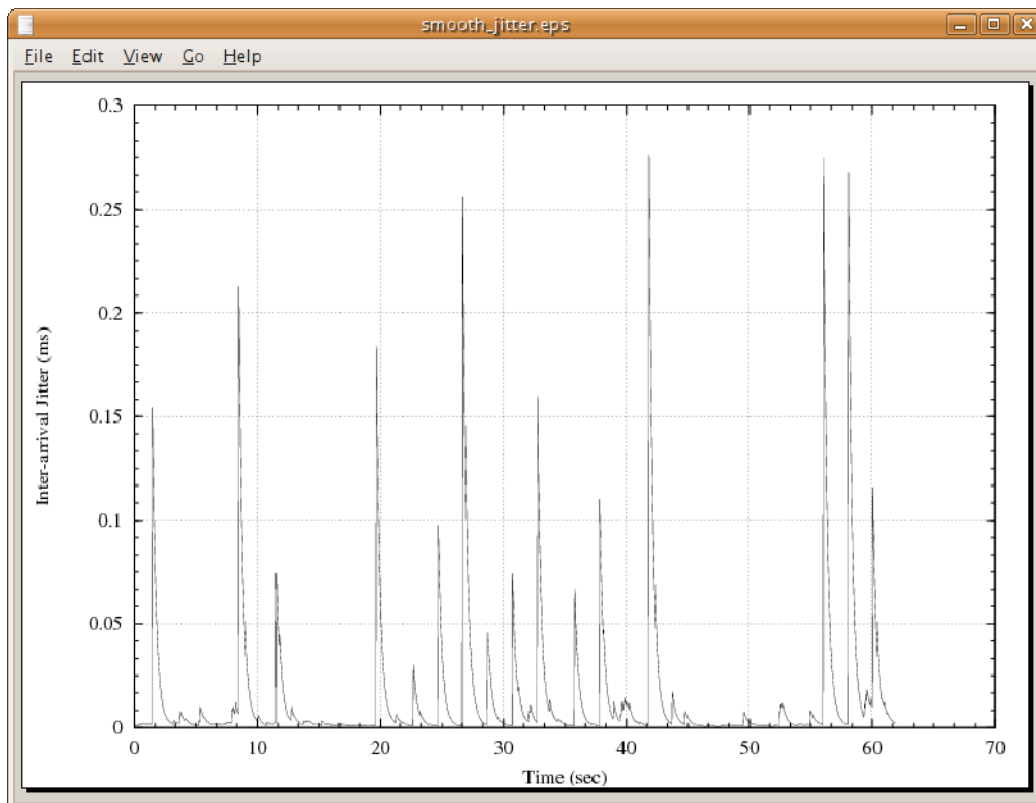
- Το Trctrace είναι ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται για την ανάλυση αρχείων που έχουν δημιουργηθεί από διάφορα προγράμματα “σύλληψης” δικτυακής κίνησης, όπως είναι το tcpdump και το WinDump. Το trctrace μπορεί να παράγει αρχεία τα οποία περιέχουν διαφόρους τύπους πληροφοριών για κάθε υπαρκτή κίνηση, όπως αναμεταδόσεις, καθυστέρηση, ρυθμό-απόδοση και άλλα. Μπορεί επίσης να παράγει γραφικές παραστάσεις για κάθε μια από τις παραπάνω πληροφορίες, για περαιτέρω ανάλυση.
- Το εργαλείο iptables χρησιμοποιείται και αυτό για την διαχείριση της δικτυακής κίνησης. Μέσα στις λειτουργίες που παρέχει είναι το φιλτράρισμα πακέτων με την εισαγωγή κανόνων και η σήμανση των πεδίων ToS και DSCP της επικεφαλίδας των IP πακέτων.
- Το εργαλείο brctl χρησιμοποιείται για διαχείριση δικτυακών interfaces ενός υπολογιστή, που επιθυμείται η ένωση 2 interfaces του και δημιουργεί “bridging”, δηλαδή προώθηση της κίνησης από το ένα interface στο άλλο interface σε επίπεδο “OSI layer 2”.
- Gnuplot και Xplot, τα δύο αυτά προγράμματα χρησιμοποιούνται για την γραφική απεικόνιση συνόλων δεδομένων.

5.4 Παρουσίαση και Ανάλυση Αποτελεσμάτων

5.4.1 Σενάριο 1 (G.711 Codec)

Σε αυτήν την υπό-ενότητα θα παρουσιαστεί η συμπεριφορά της κίνησης της επικοινωνίας μιας κλήσης που χρησιμοποιεί τον κωδικοποιητή G.711, με Background κίνηση 0, 20, 40, 60, 80, 100 Mega Bit per Second σε Smooth Jitter, One Way Delay, Losses.

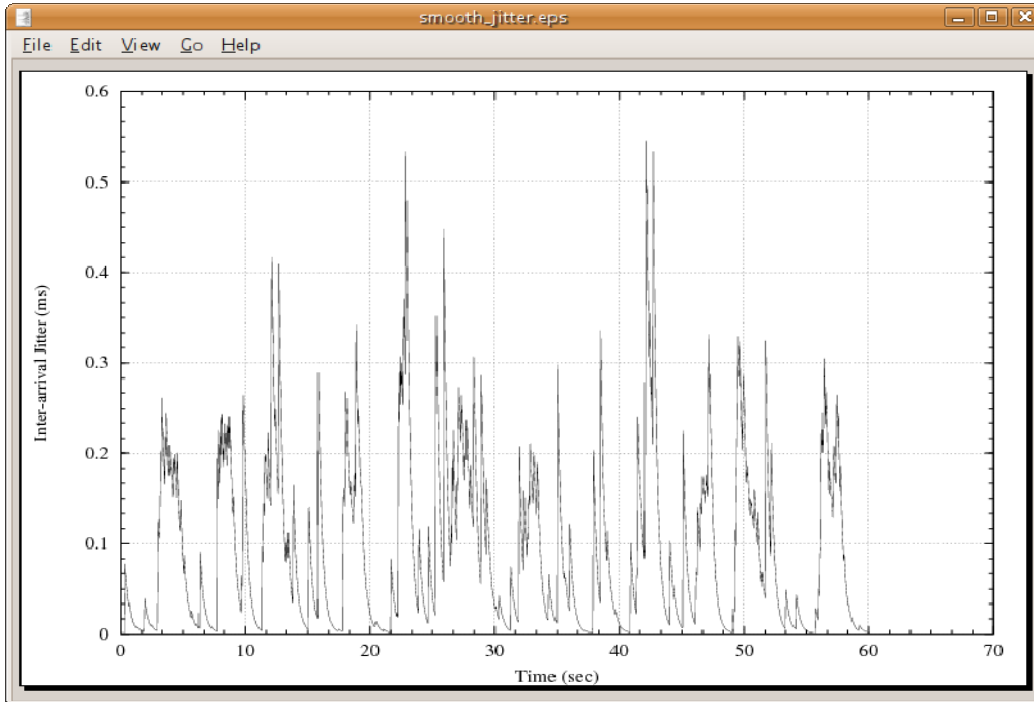
5.4.1.1 Σενάριο 1.1 (G.711 Smooth Jitter)



Σχήμα 35 : 0 M Bit/s εξομαλομένο Jitter

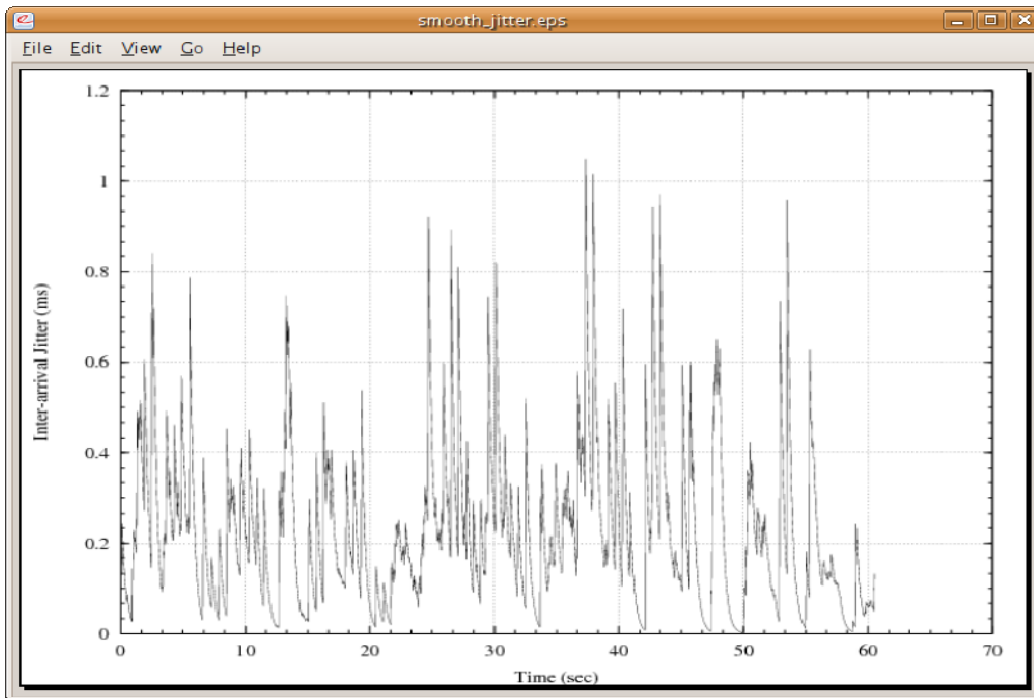
Απειροελάχιστες τιμές παρατηρούνται που είναι εντελώς αποδεκτές εφόσον το δίκτυο είναι πλήρως διαθέσιμο σε όλο το εύρος ζώνης του και από πλευράς συνδέσεων.

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



Σχήμα 36 : 20 M Bit/s εξομαλομένο Jitter

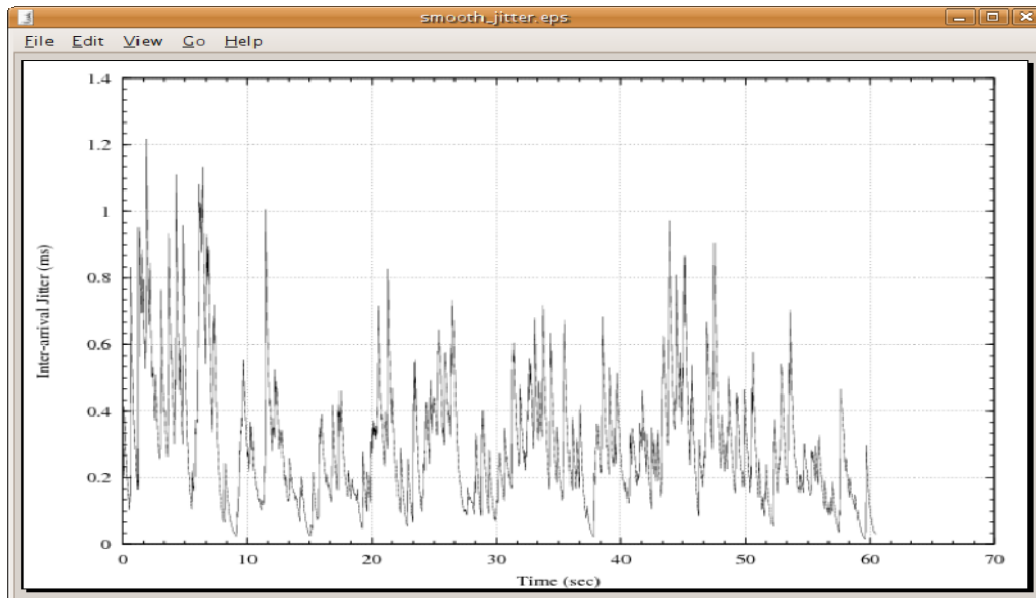
Παρατηρήθηκε μια αναμενόμενη σταδιακή αύξηση των τιμών σε σχέση με την background κίνηση, σε αποδεκτά επίπεδα, απολύτως κατάλληλη για επικοινωνία VoIP.



ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Σχήμα 37 : 40 M Bit/s εξομαλομένο Jitter

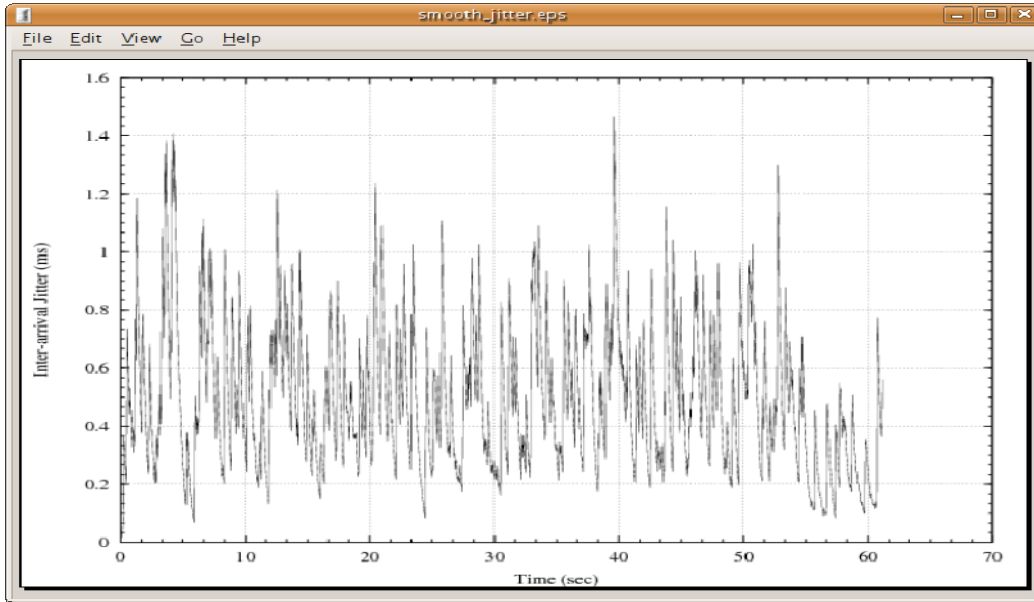
Παρατηρήθηκε μια αναμενόμενη σταδιακή αύξηση των τιμών σε σχέση με την background κίνηση, σε αποδεκτά επίπεδα, απολύτως κατάλληλη για επικοινωνία VoIP.



Σχήμα 38 : 60 M Bit/s εξομαλομένο Jitter

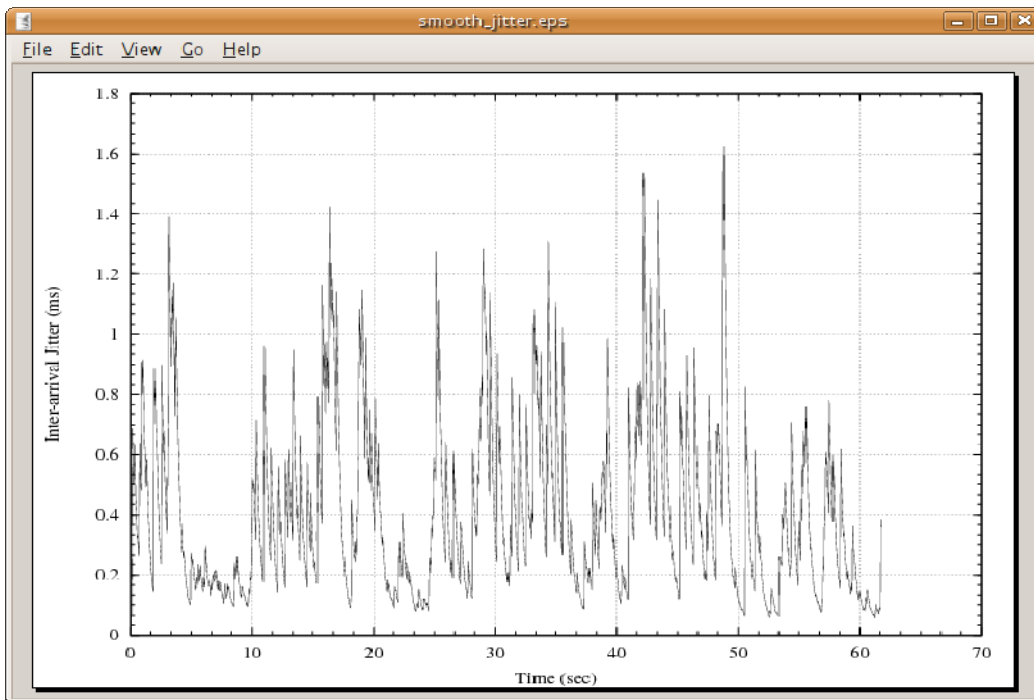
Παρατηρήθηκε μια αναμενόμενη σταδιακή αύξηση των τιμών σε σχέση με την background κίνηση, σε αποδεκτά επίπεδα, απολύτως κατάλληλη για επικοινωνία VoIP.

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



Σχήμα 39 :80 M Bit/s εξομαλυμένοJitter

Παρατηρήθηκε μια αναμενόμενη σταδιακή αύξηση των τιμών σε σχέση με την background κίνηση, σε αποδεκτά επίπεδα, απολύτως κατάλληλη για επικοινωνία VoIP.

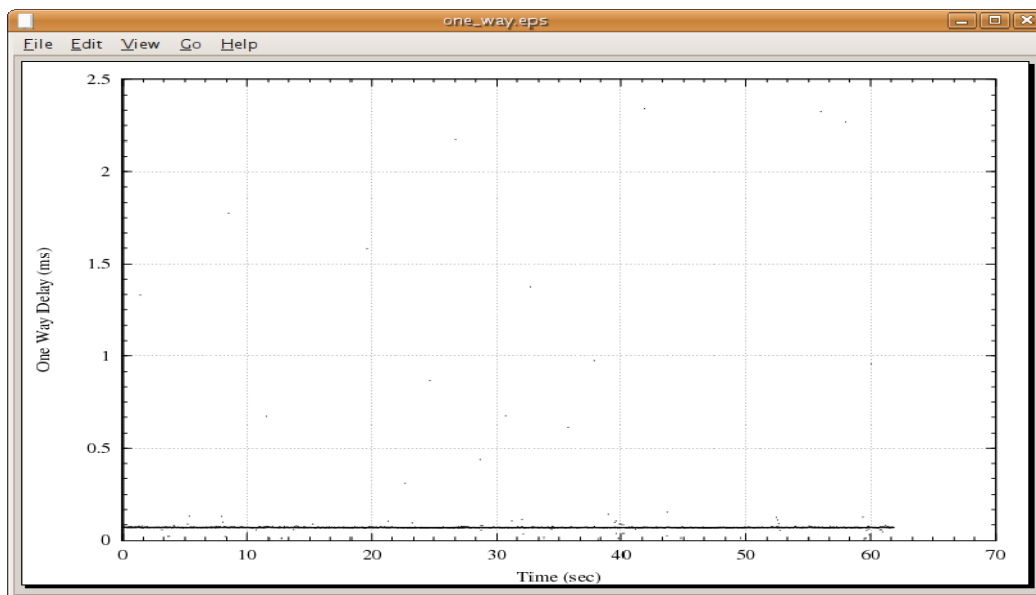


Σχήμα 40 :100 M Bit/s εξομαλυμένοJitter

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Παρατηρείται σταθεροποίηση του Jitter σε σχέση με την προηγούμενη μέτρηση με μικρότερο background traffic στα 80 M Bit/s. Αυτό αιτιολογείται, λόγω του ότι το Switch Device αντιλαμβάνεται τον κορεσμό του δικτύου και αφήνει τα πακέτα της κίνησης που παράγεται από την κλήση να συνεχίσουν την πορεία τους παρότι είναι κορεσμένο το δίκτυο επειδή είναι πολύ μικρά σε μέγεθος.

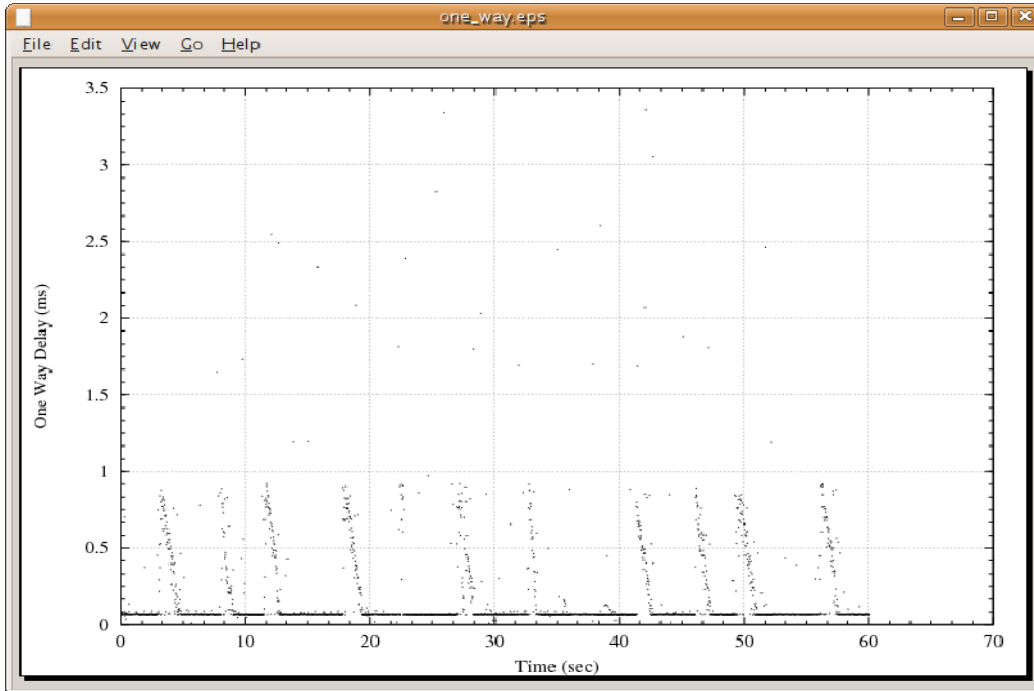
5.4.1.2 Σενάριο 1.2 (G.711 One Way Delay)



Σχήμα 41 : 0 M Bit/s Latency

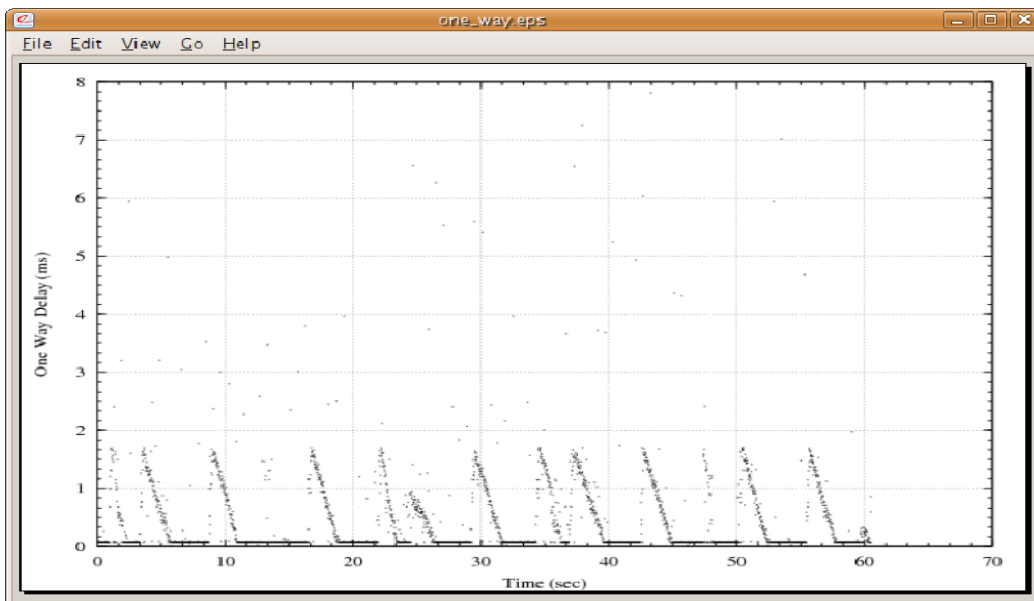
Απειροελάχιστες τιμές παρατηρούνται που είναι εντελώς αποδεκτές εφόσον το δίκτυο είναι πλήρως διαθέσιμο σε όλο το εύρος ζώνης του και από πλευράς συνδέσεων.

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



Σχήμα 42 :20 M Bit/s Latency

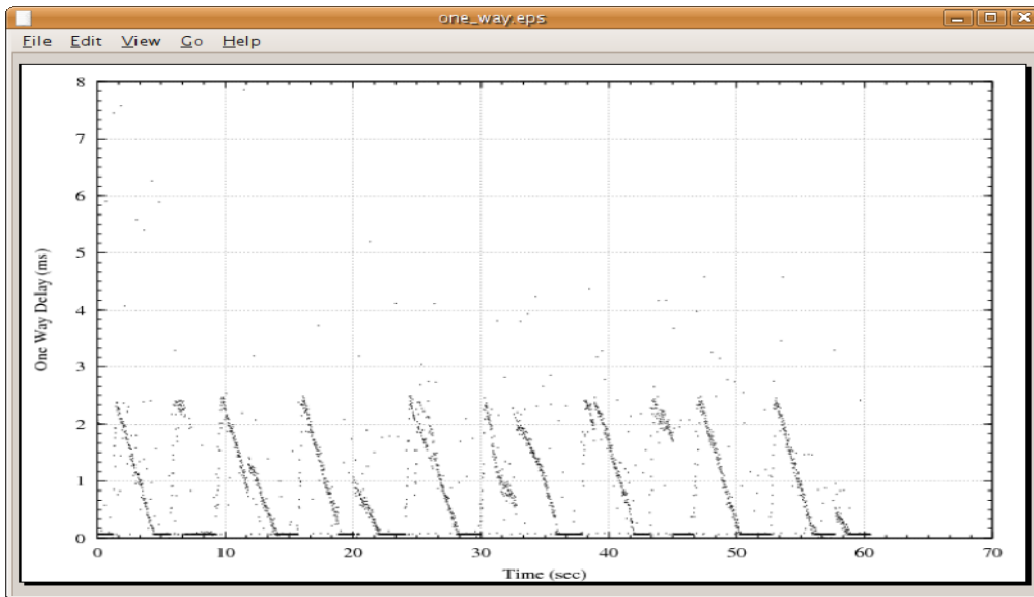
Παρατηρήθηκε μια αναμενόμενη σταδιακή αύξηση των τιμών σε σχέση με την background κίνηση, σε αποδεκτά επίπεδα, απολύτως κατάλληλη για επικοινωνία VoIP.



Σχήμα 43 :40 M Bit/s Latency

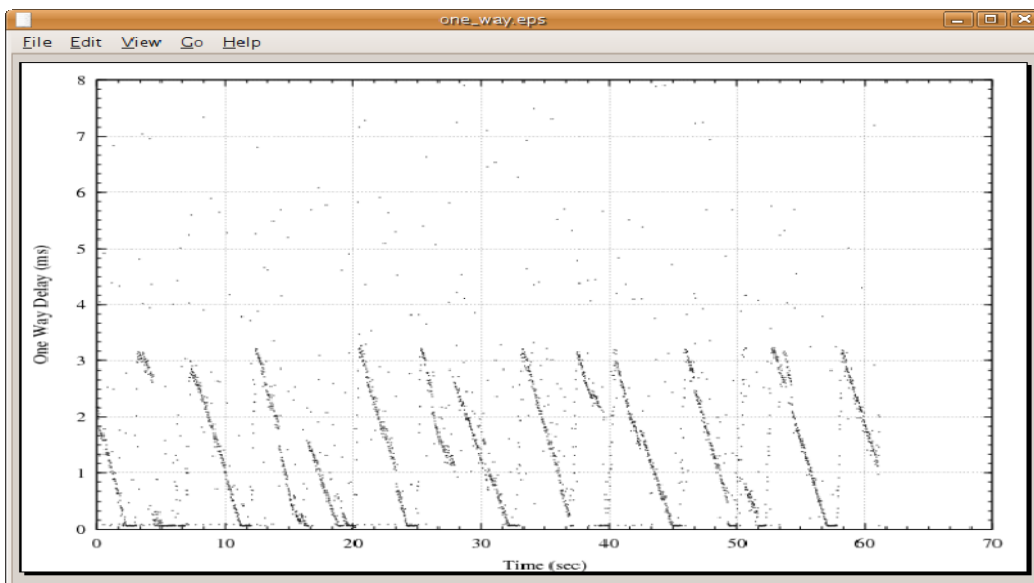
ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Παρατηρήθηκε μια αναμενόμενη σταδιακή αύξηση των τιμών σε σχέση με την background κίνηση, σε αποδεκτά επίπεδα, απολύτως κατάλληλη για επικοινωνία VoIP.



Σχήμα 44 :60 M Bit/s Latency

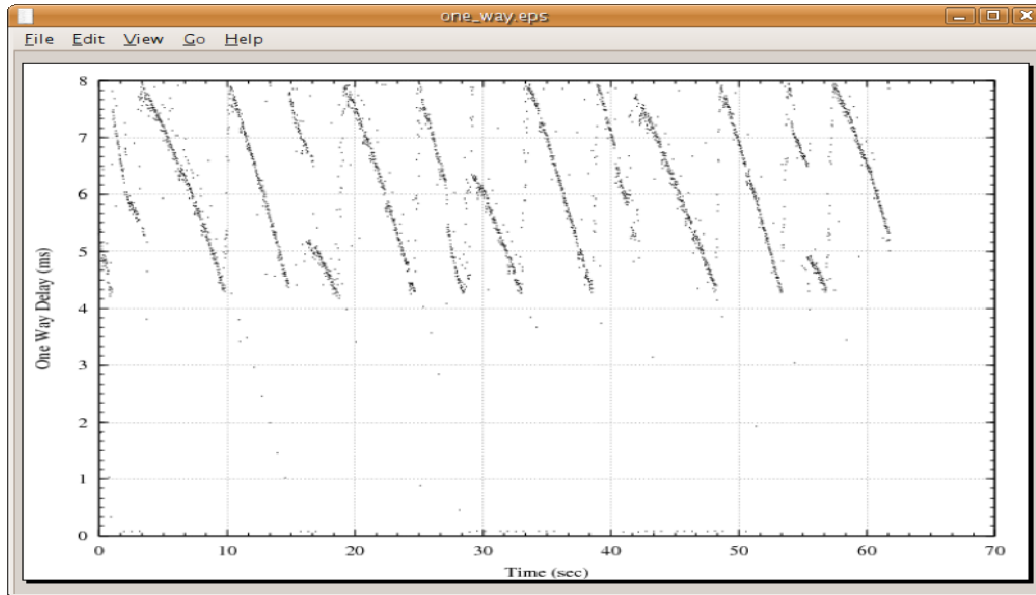
Παρατηρήθηκε μια αναμενόμενη σταδιακή αύξηση των τιμών σε σχέση με την background κίνηση, σε αποδεκτά επίπεδα, απολύτως κατάλληλη για επικοινωνία VoIP.



Σχήμα 45 :80 M Bit/s Latency

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Παρατηρήθηκε μια αναμενόμενη σταδιακή αύξηση των τιμών σε σχέση με την background κίνηση, σε αποδεκτά επίπεδα, απολύτως κατάλληλη για επικοινωνία VoIP.



Σχήμα 46 :100 M Bit/s Latency

Παρατηρήθηκε μια αναμενόμενη σταδιακή αύξηση των τιμών σε σχέση με την background κίνηση, σε αποδεκτά επίπεδα, απολύτως κατάλληλη για επικοινωνία VoIP.

5.4.1.3 Σενάριο 1.3 (G.711 Losses)

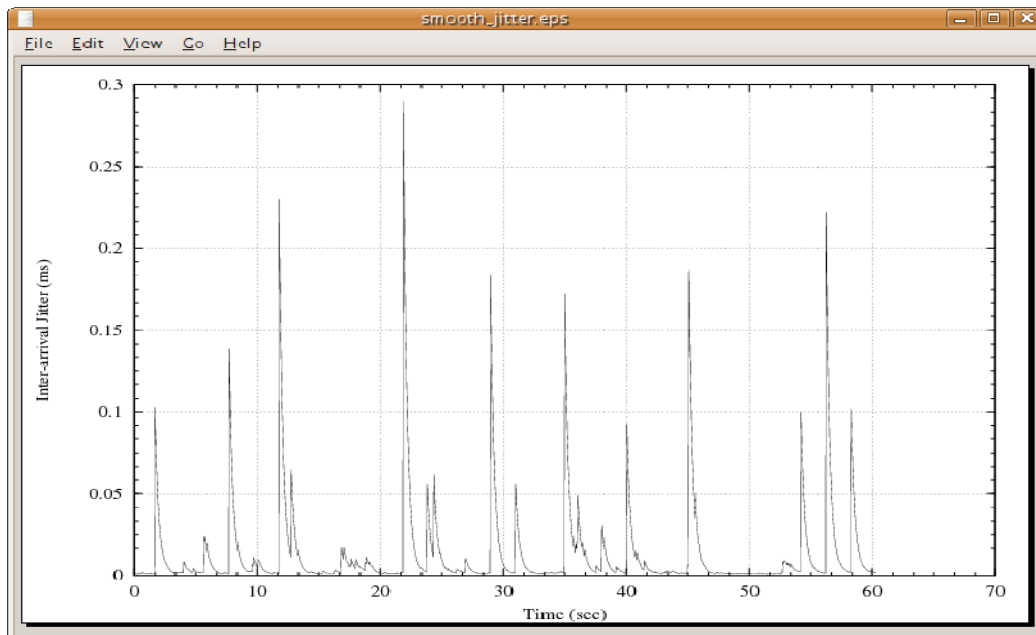
Σε αυτού του είδους την κωδικοποίηση δεν παρατηρήθηκε καμία απώλεια, ούτε καν στα 100 MB/s. Αυτό είναι απολύτως αποδεκτό και λογικό εφόσον βασίζεται σε ένα πολύ γρήγορο δίκτυο και η κίνηση της κλήσης σε ταχύτητα είναι πολύ μικρή (64Kbit/s) σε σχέση με το συνολικό διαθέσιμο εύρος ζώνης του καναλιού που χρησιμοποιείται. Επίσης τα πακέτα που μεταφέρονται στην κλήση έχουν μέγεθος πολύ μικρό (214 bytes) οπότε δεν επηρεάζονται εύκολα από την συμφόρηση του δικτύου ακόμα και στο κορεσμό του και έτσι καταφέρνουν να περάσουν από το ένα άκρο στο άλλο.

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

5.4.2 Σενάριο 2 (G.722 Codec)

Σε αυτήν την υπό-ενότητα θα παρουσιαστεί η συμπεριφορά της κίνησης της επικοινωνίας μιας κλήσης που χρησιμοποιεί τον κωδικοποιητή G.722, με Background κίνηση 0, 20, 40, 60, 80, 100 Mega Bit per Second σε Smooth Jitter, One Way Delay, Losses.

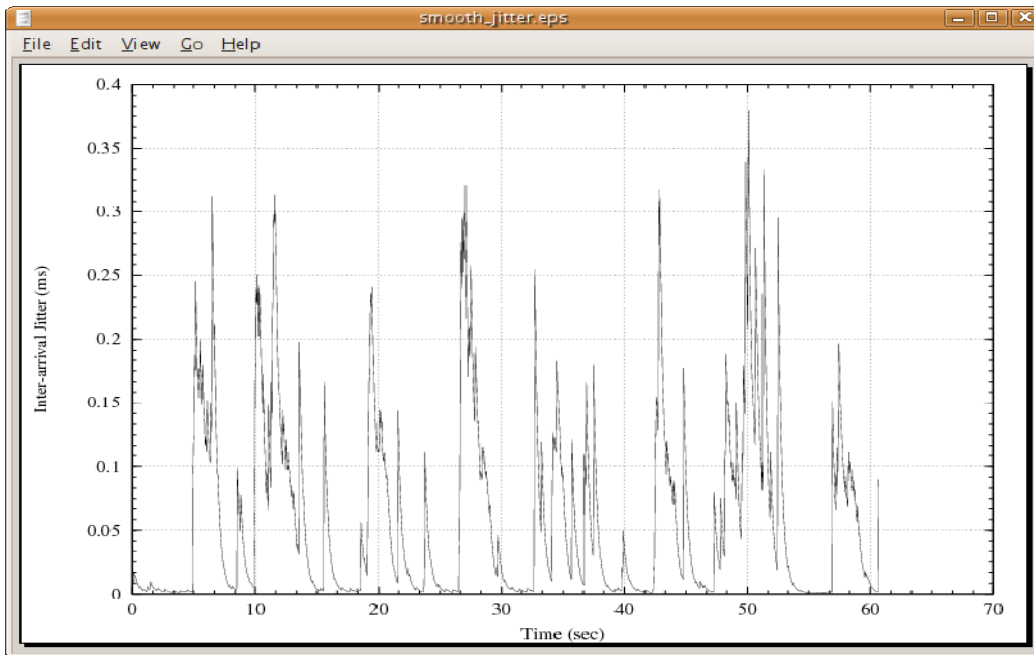
5.4.2.1 Σενάριο 2.1 (G.722 Smooth Jitter)



Σχήμα 47 : 0 M Bit/s εξομαλομένο Jitter

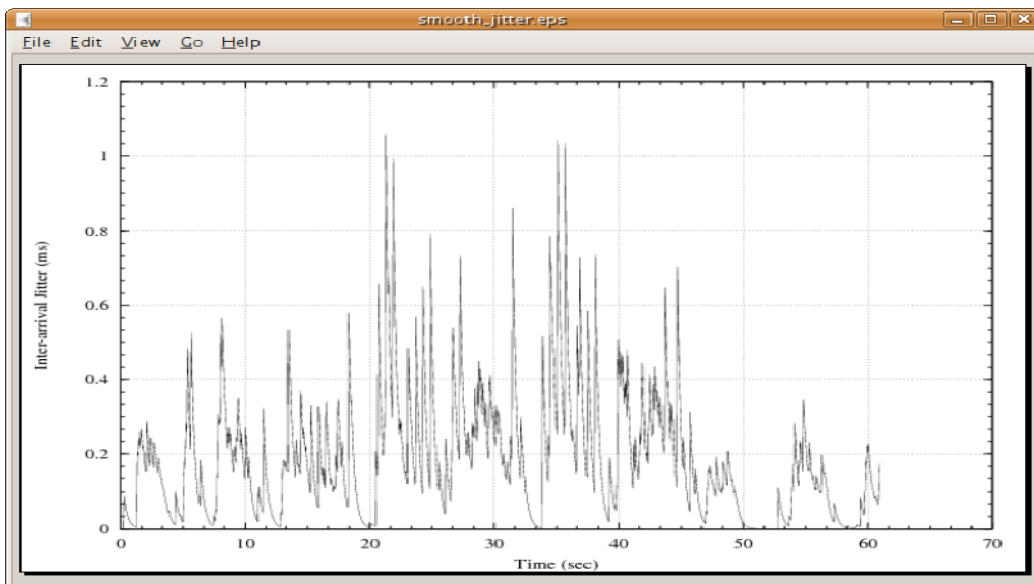
ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Απειροελάχιστες τιμές παρατηρούνται που είναι εντελώς αποδεκτές εφόσον το δίκτυο είναι πλήρως διαθέσιμο σε όλο το εύρος ζώνης του και από πλευράς συνδέσεων.



Σχήμα 48 : 20 M Bit/s εξομαλομένο Jitter

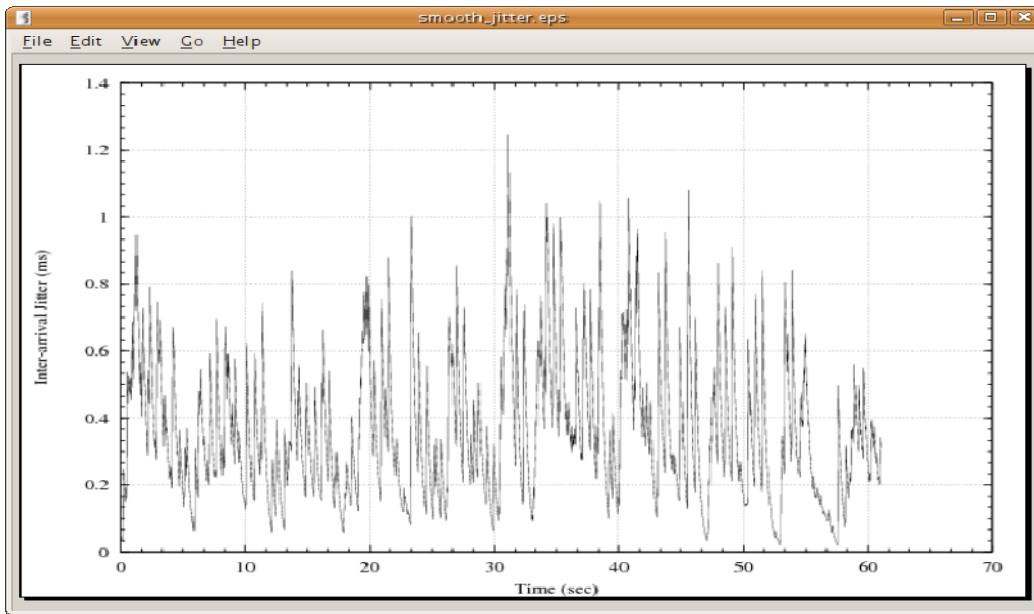
Παρατηρήθηκε μια αναμενόμενη σταδιακή αύξηση των τιμών σε σχέση με την background κίνηση, σε αποδεκτά επίπεδα, απολύτως κατάλληλη για επικοινωνία VoIP.



ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Σχήμα 49 : 40 M Bit/s εξομαλομένο Jitter

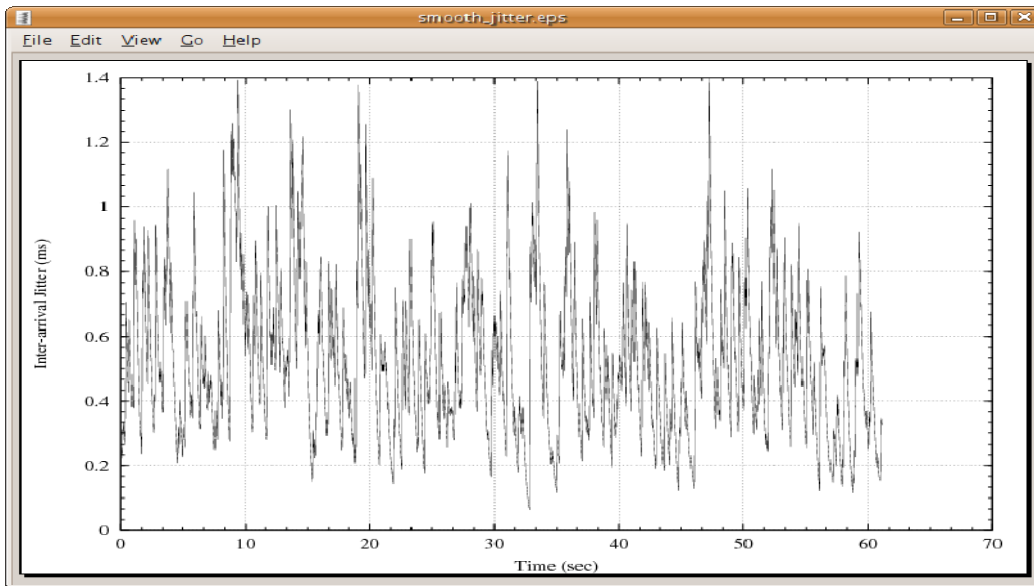
Παρατηρήθηκε μια αναμενόμενη σταδιακή αύξηση των τιμών σε σχέση με την background κίνηση, σε αποδεκτά επίπεδα, απολύτως κατάλληλη για επικοινωνία VoIP.



Σχήμα 50 : 60 M Bit/s εξομαλομένο Jitter

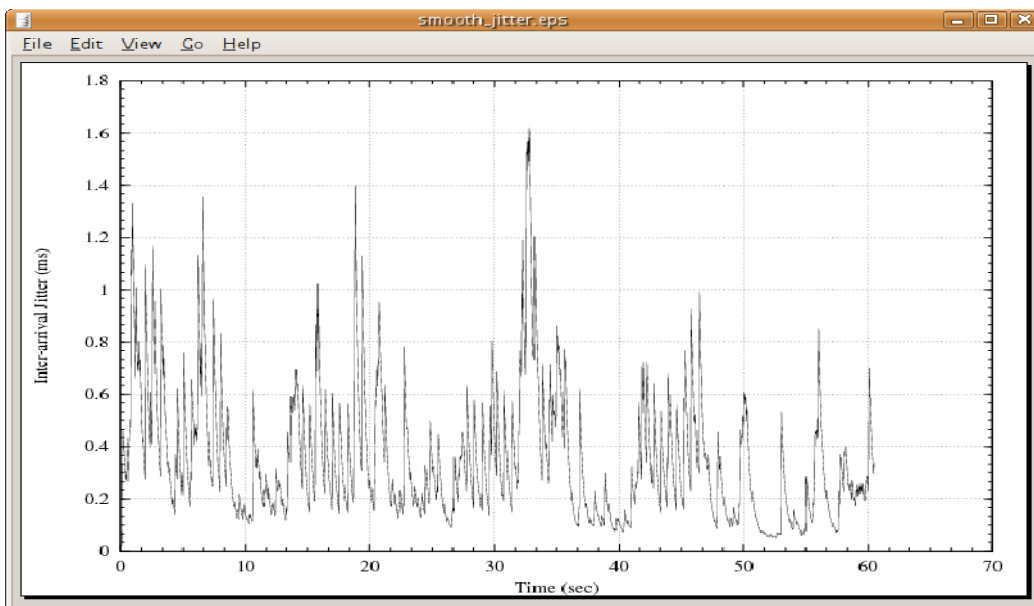
Παρατηρήθηκε μια αναμενόμενη σταδιακή αύξηση των τιμών σε σχέση με την background κίνηση, σε αποδεκτά επίπεδα, απολύτως κατάλληλη για επικοινωνία VoIP.

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



Σχήμα 51 : 80 M Bit/s εξομαλωμένο Jitter

Παρατηρήθηκε μια αναμενόμενη σταδιακή αύξηση των τιμών σε σχέση με την background κίνηση, σε αποδεκτά επίπεδα, απολύτως κατάλληλη για επικοινωνία VoIP.



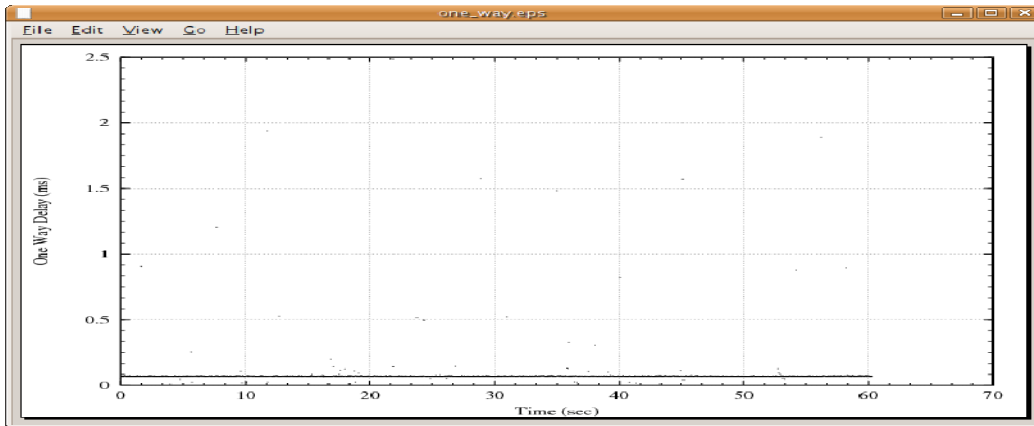
Σχήμα 52 : 100 M Bit/s εξομαλωμένο Jitter

Παρατηρείται σταθεροποίηση του Jitter σε σχέση με την προηγούμενη μέτρηση με μικρότερο background traffic στα 80 M Bit/s. Αυτό αιτιολογείται, λόγω του ότι το Switch Device αντιλαμβάνεται τον κορεσμό του δικτύου και αφήνει τα

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

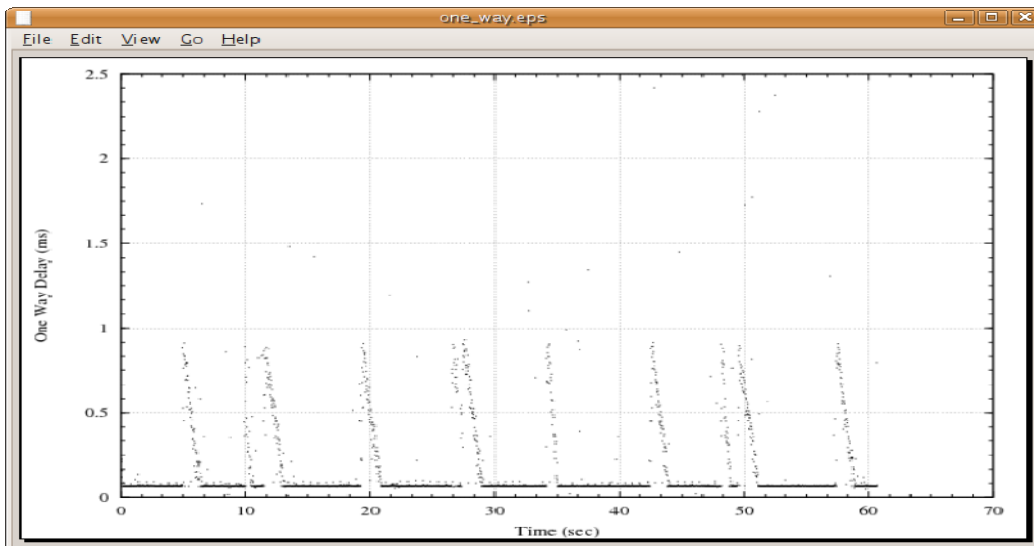
πακέτα της κίνησης που παράγεται από την κλήση να συνεχίσουν την πορεία τους παρότι είναι κορεσμένο το δίκτυο επειδή είναι πολύ μικρά σε μέγεθος.

5.4.2.2 Σενάριο 2.2 (G.722 One Way Delay)



Σχήμα 53 :0 M Bit/s Latency

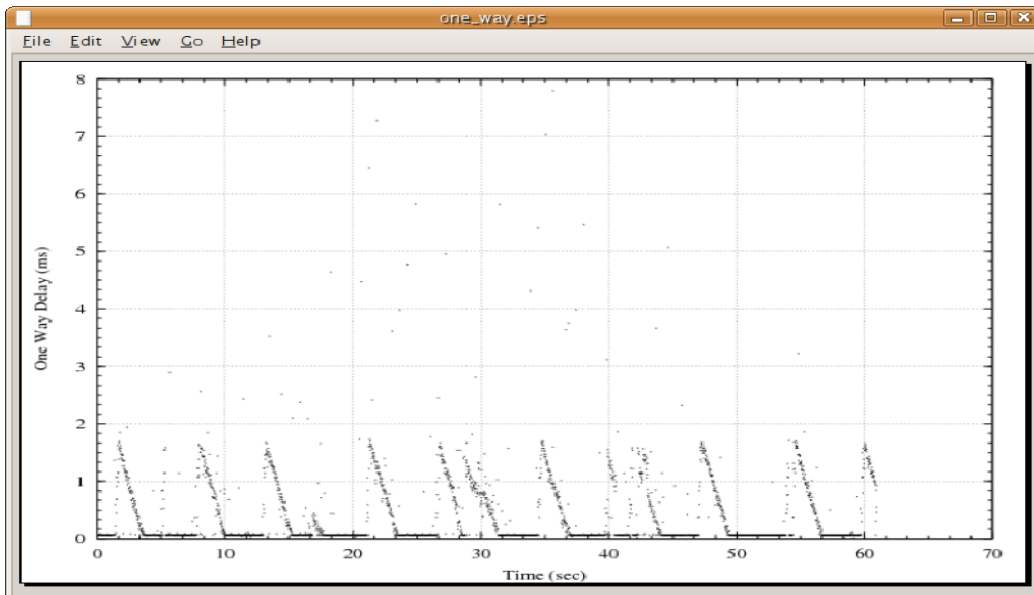
Απειροελάχιστες τιμές παρατηρούνται που είναι εντελώς αποδεκτές εφόσον το δίκτυο είναι πλήρως διαθέσιμο σε όλο το εύρος ζώνης του και από πλευράς συνδέσεων.



Σχήμα 54 :20 M Bit/s Latency

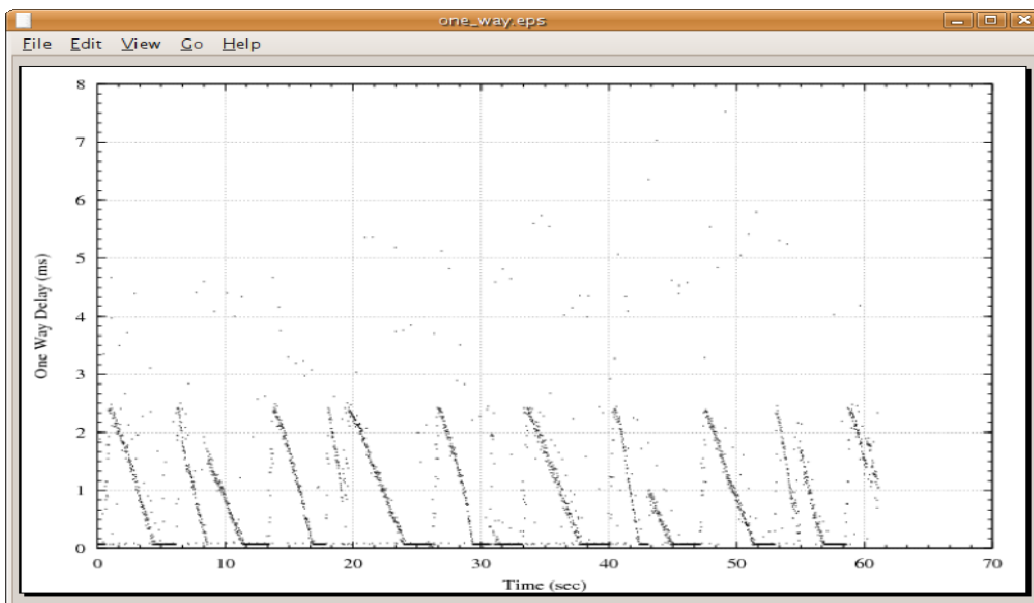
ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Παρατηρήθηκε μια αναμενόμενη σταδιακή αύξηση των τιμών σε σχέση με την background κίνηση, σε αποδεκτά επίπεδα, απολύτως κατάλληλη για επικοινωνία VoIP.



Σχήμα 55 :40 M Bit/s Latency

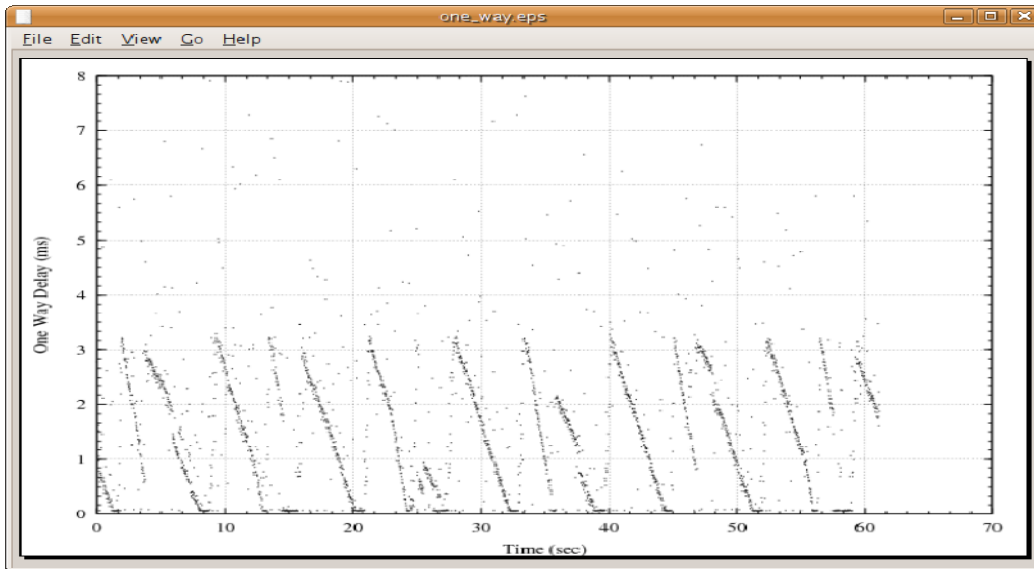
Παρατηρήθηκε μια αναμενόμενη σταδιακή αύξηση των τιμών σε σχέση με την background κίνηση, σε αποδεκτά επίπεδα, απολύτως κατάλληλη για επικοινωνία VoIP.



Σχήμα 56 :60 M Bit/s Latency

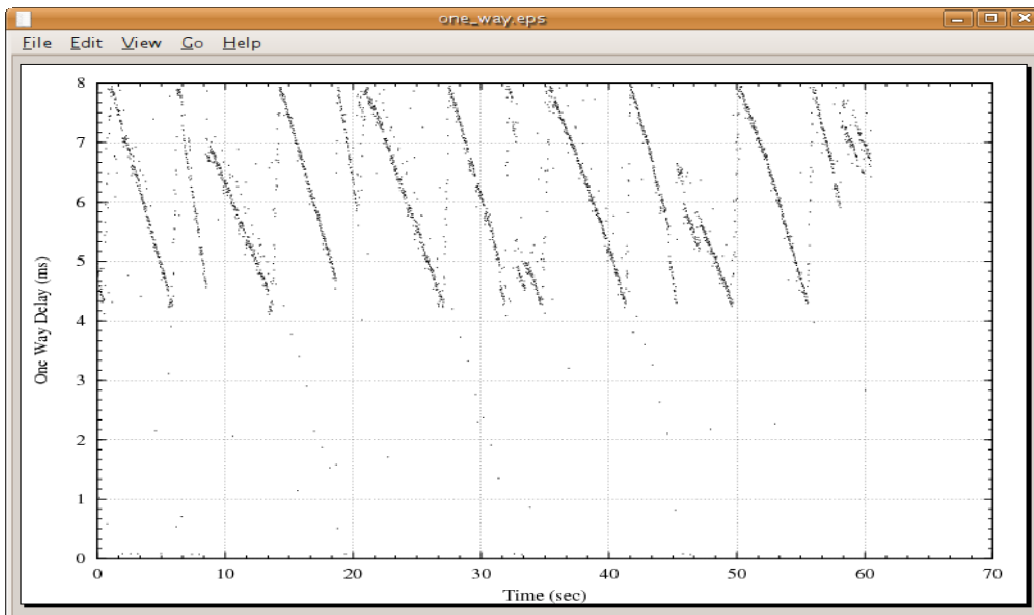
ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Παρατηρήθηκε μια αναμενόμενη σταδιακή αύξηση των τιμών σε σχέση με την background κίνηση, σε αποδεκτά επίπεδα, απολύτως κατάλληλη για επικοινωνία VoIP.



Σχήμα 57 :80 M Bit/s Latency

Παρατηρήθηκε μια αναμενόμενη σταδιακή αύξηση των τιμών σε σχέση με την background κίνηση, σε αποδεκτά επίπεδα, απολύτως κατάλληλη για επικοινωνία VoIP.



Σχήμα 58 :100 M Bit/s Latency

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Παρατηρήθηκε μια αναμενόμενη σταδιακή αύξηση των τιμών σε σχέση με την background κίνηση, σε αποδεκτά επίπεδα, απολύτως κατάλληλη για επικοινωνία VoIP.

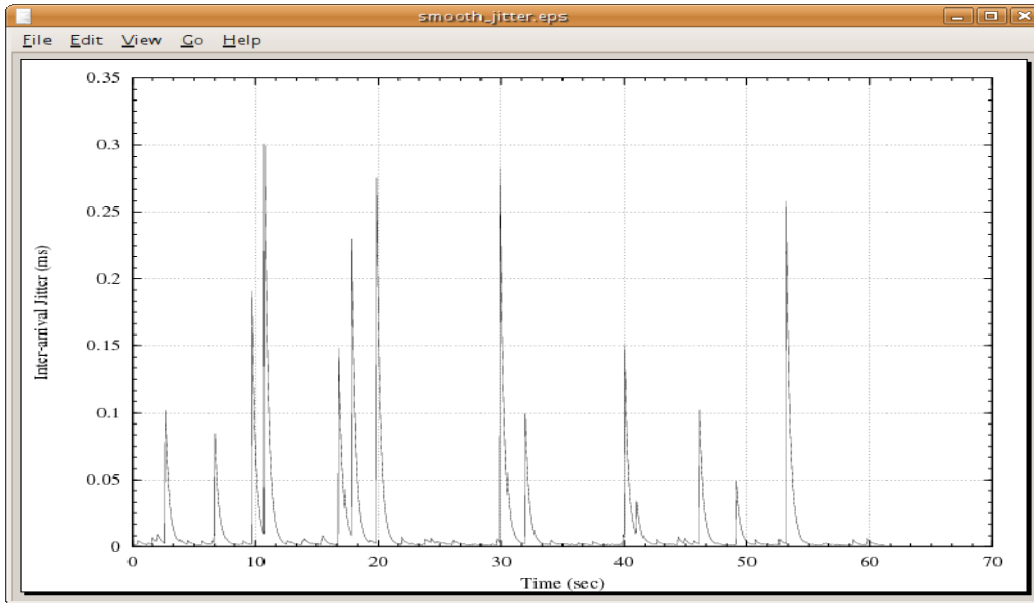
5.4.2.3 Σενάριο 2.3 (G.722 Losses)

Σε αυτού του είδους την κωδικοποίηση παρατηρήθηκε απειροελάχιστη απώλεια πληροφοριών που είναι αποδεκτή για την κατάσταση του δικτύου. Αυτές οι απώλειες παρατηρήθηκαν κατά την εκτέλεση background κίνησης 100 MBit/s. Συγκεκριμένα χάθηκαν 4 μόλις πακέτα. Επίσης τα πακέτα που μεταφέρονται στην κλήση έχουν μέγεθος πολύ μικρό (214 bytes) οπότε δεν επηρεάζονται εύκολα από την συμφόρηση του δικτύου ακόμα και στο κορεσμό του και έτσι καταφέρνουν να περάσουν από το ένα άκρο στο άλλο.

5.4.3 Σενάριο 3 (G.729 Codec)

Σε αυτήν την υπό-ενότητα θα παρουσιαστεί η συμπεριφορά της κίνησης της επικοινωνίας μιας κλήσης που χρησιμοποιεί τον κωδικοποιητή G.729, με Background κίνηση 0, 20, 40, 60, 80, 100 Mega Bit per Second σε Smooth Jitter, One Way Delay, Losses.

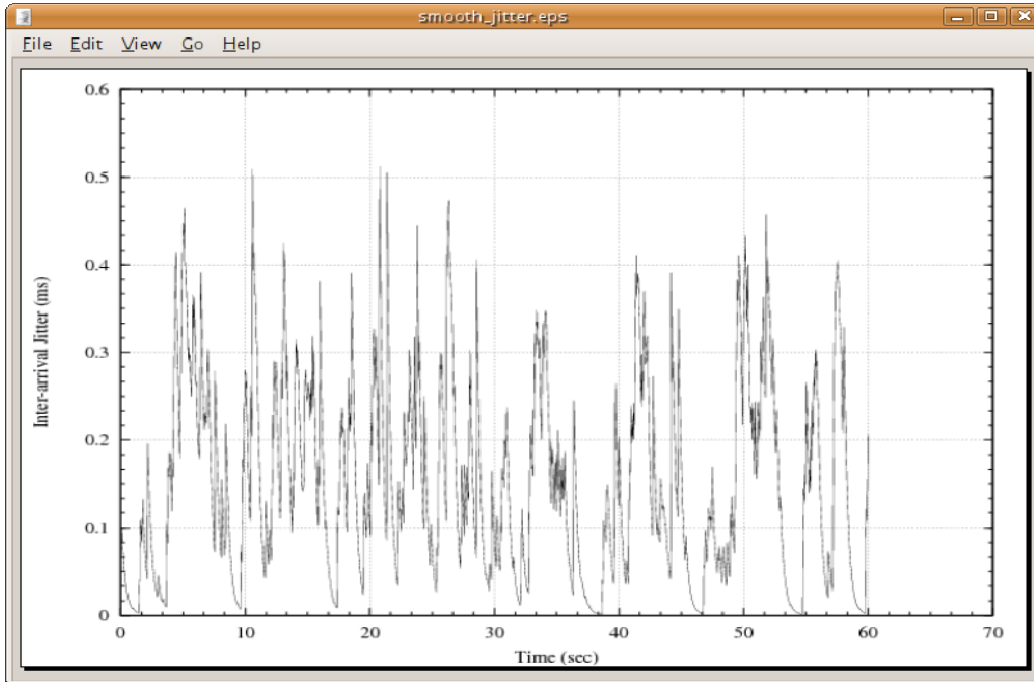
5.4.3.1 Σενάριο 3.1 (G.729 Smooth Jitter)



Σχήμα 59 : 0 M Bit/s εξομαλομένο Jitter

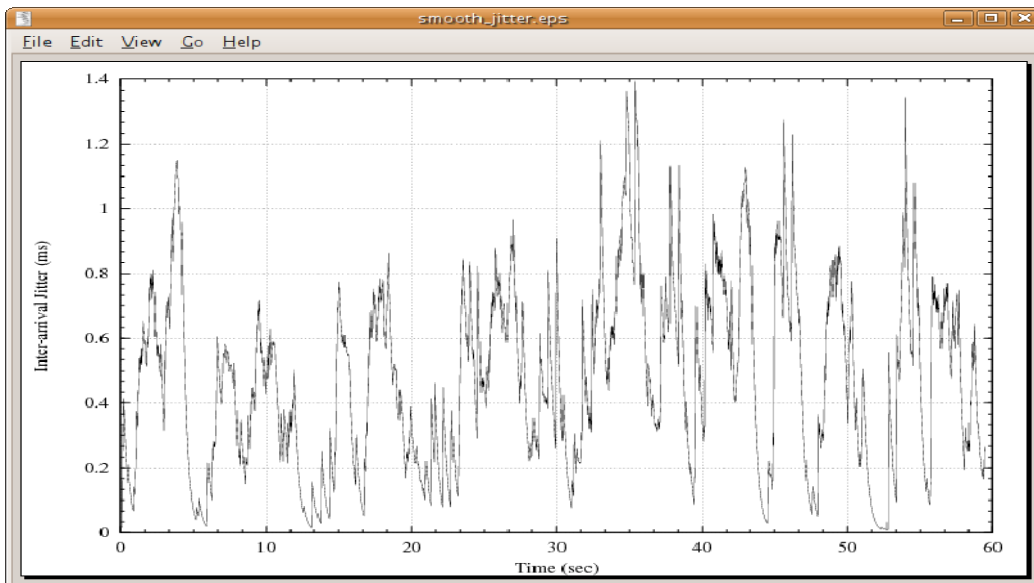
Απειροελάχιστες τιμές παρατηρούνται που είναι εντελώς αποδεκτές εφόσον το δίκτυο είναι πλήρως διαθέσιμο σε όλο το εύρος ζώνης του και από πλευράς συνδέσεων.

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



Σχήμα 60 : 20 M Bit/s εξομαλομένο Jitter

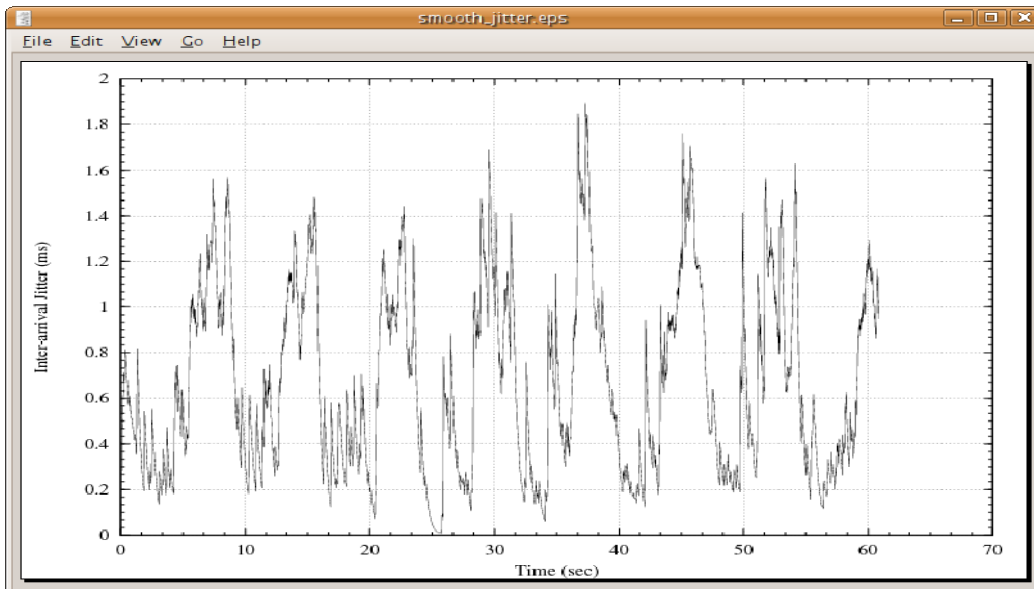
Παρατηρήθηκε μια αναμενόμενη σταδιακή αύξηση των τιμών σε σχέση με την background κίνηση, σε αποδεκτά επίπεδα, απολύτως κατάλληλη για επικοινωνία VoIP.



Σχήμα 61 : 40 M Bit/s εξομαλομένο Jitter

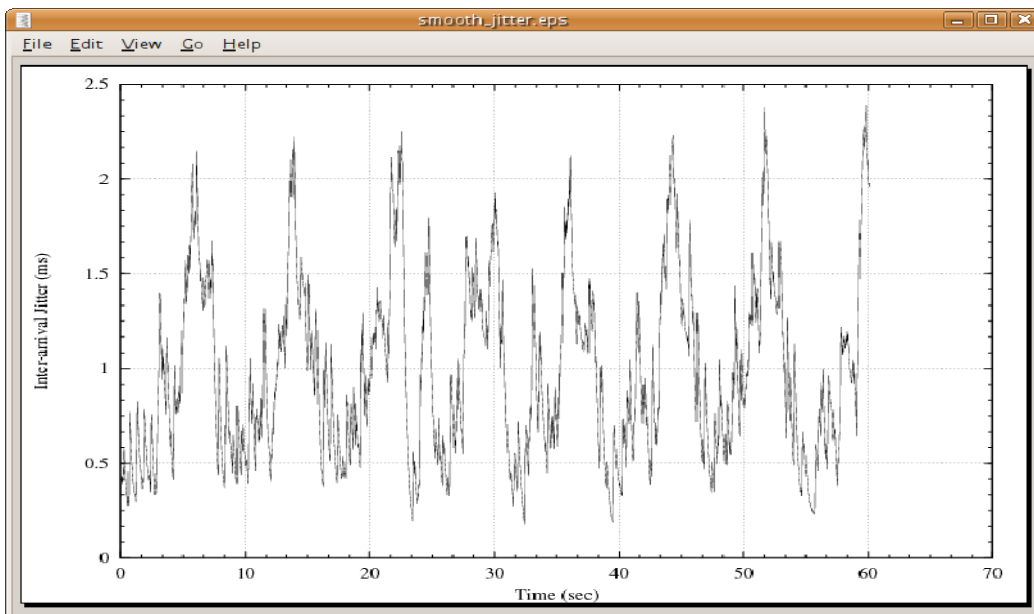
ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Παρατηρήθηκε μια αναμενόμενη σταδιακή αύξηση των τιμών σε σχέση με την background κίνηση, σε αποδεκτά επίπεδα, απολύτως κατάλληλη για επικοινωνία VoIP.



Σχήμα 62 : 60 M Bit/s εξομαλυμένο Jitter

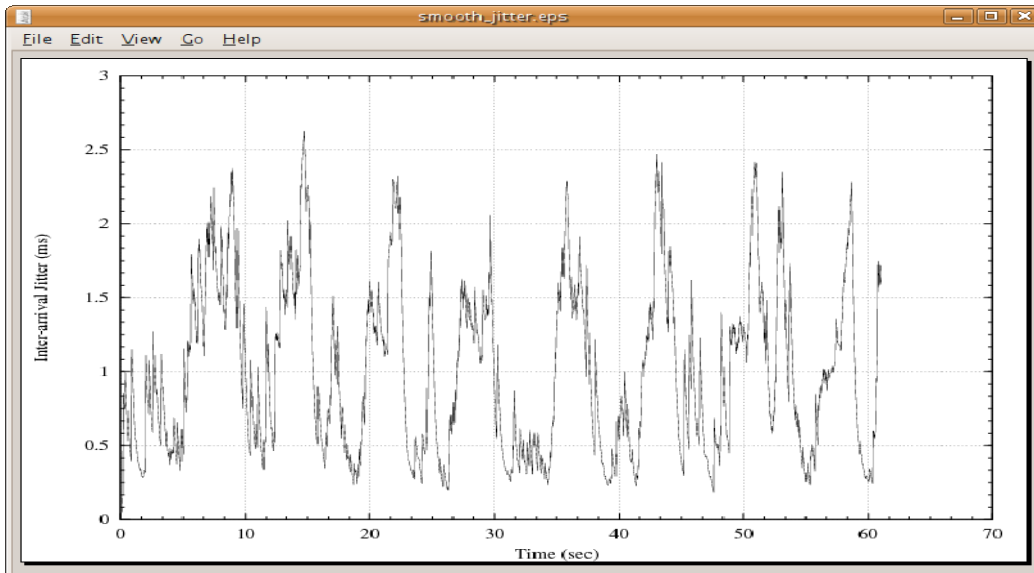
Παρατηρήθηκε μια αναμενόμενη σταδιακή αύξηση των τιμών σε σχέση με την background κίνηση, σε αποδεκτά επίπεδα, απολύτως κατάλληλη για επικοινωνία VoIP.



Σχήμα 63 : 80 M Bit/s εξομαλυμένο Jitter

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Παρατηρήθηκε μια αναμενόμενη σταδιακή αύξηση των τιμών σε σχέση με την background κίνηση, σε αποδεκτά επίπεδα, απολύτως κατάλληλη για επικοινωνία VoIP.

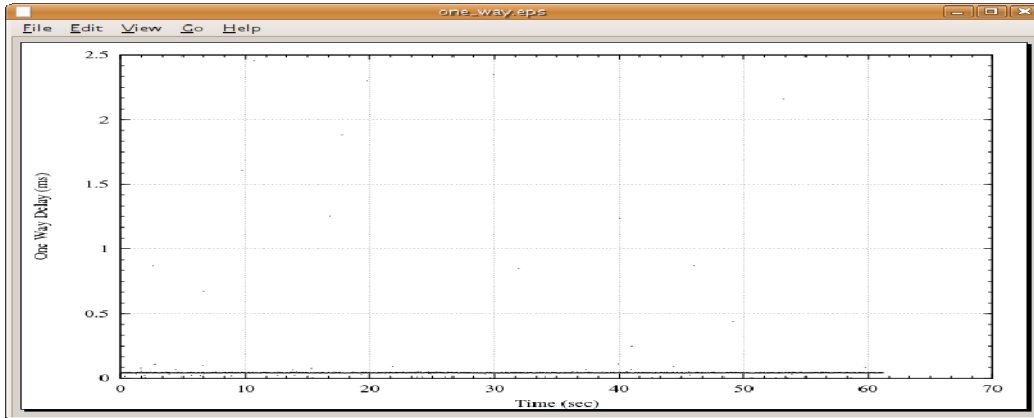


Σχήμα 64 : 100 M Bit/s εξομαλομένο Jitter

Παρατηρείται σταθεροποίηση του Jitter σε σχέση με την προηγούμενη μέτρηση με μικρότερο background traffic στα 80 M Bit/s. Αυτό αιτιολογείται, λόγω του ότι το Switch Device αντιλαμβάνεται τον κορεσμό του δικτύου και αφήνει τα πακέτα της κίνησης που παράγεται από την κλήση να συνεχίσουν την πορεία τους παρότι είναι κορεσμένο το δίκτυο επειδή είναι πολύ μικρά σε μέγεθος.

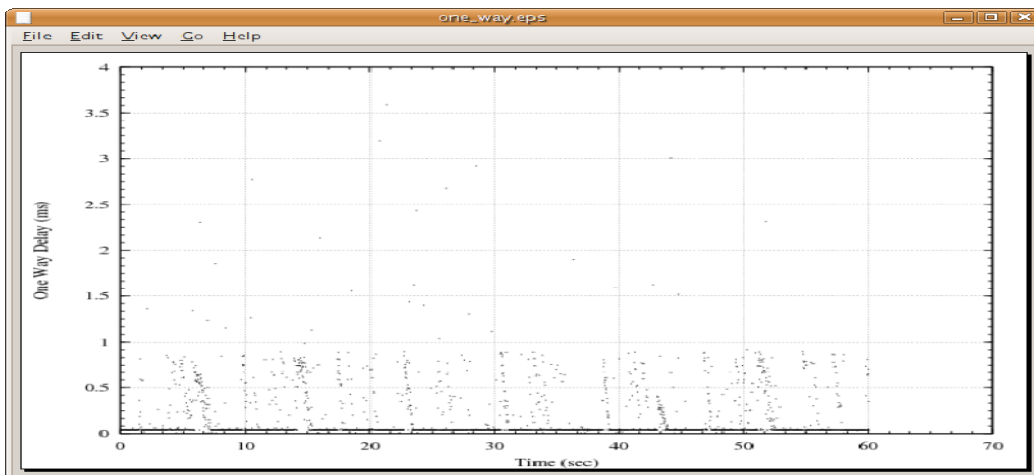
5.4.3.2 Σενάριο 3.2 (G.729 One Way Delay)

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



Σχήμα 65 :0 M Bit/s Latency

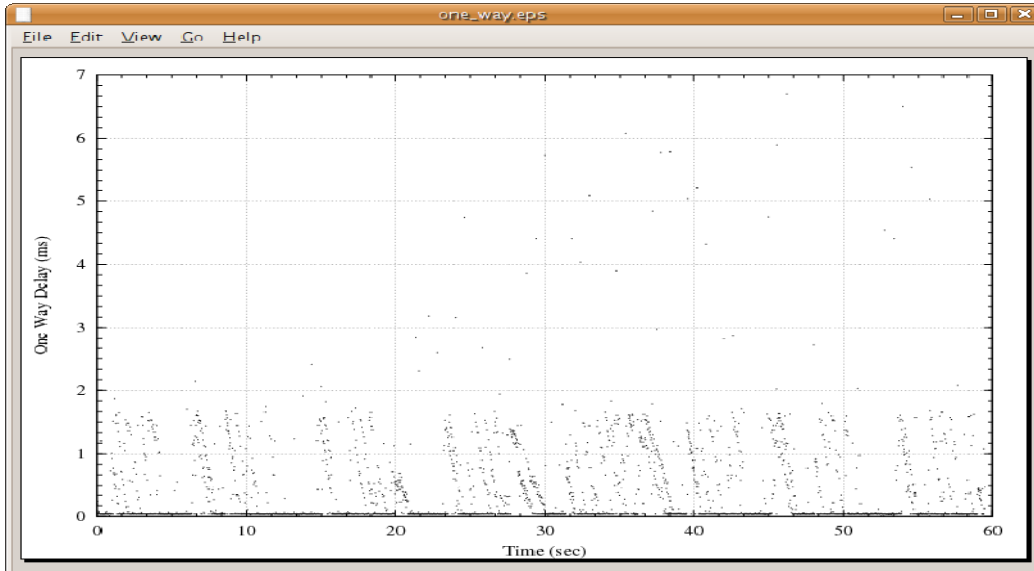
Απειροελάχιστες τιμές παρατηρούνται που είναι εντελώς αποδεκτές εφόσον το δίκτυο είναι πλήρως διαθέσιμο σε όλο το εύρος ζώνης του και από πλευράς συνδέσεων.



Σχήμα 66 :20 M Bit/s Latency

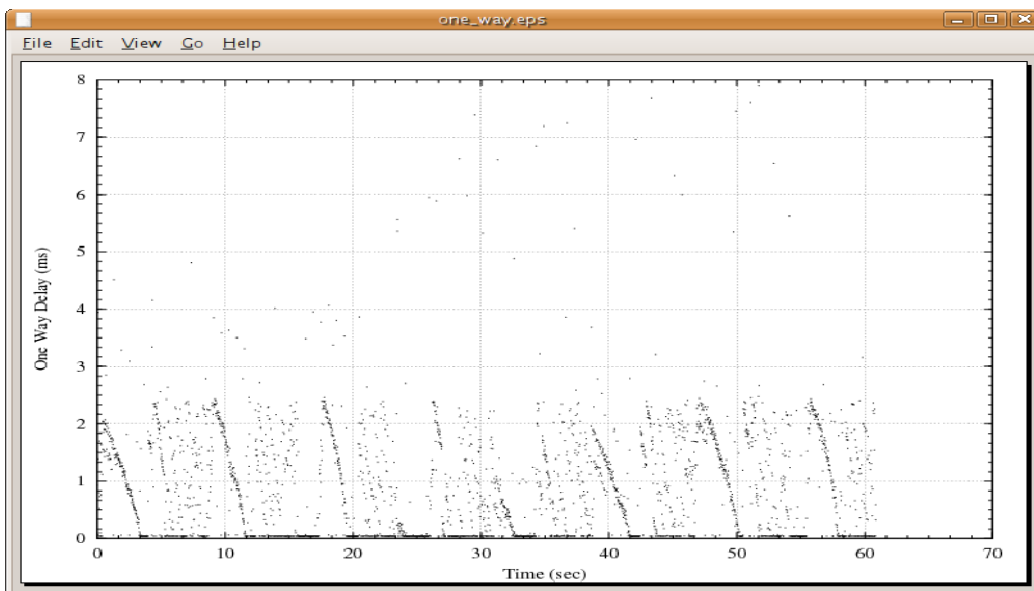
Παρατηρήθηκε μια αναμενόμενη σταδιακή αύξηση των τιμών σε σχέση με την background κίνηση, σε αποδεκτά επίπεδα, απολύτως κατάλληλη για επικοινωνία VoIP.

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



Σχήμα 67 :40 M Bit/s Latency

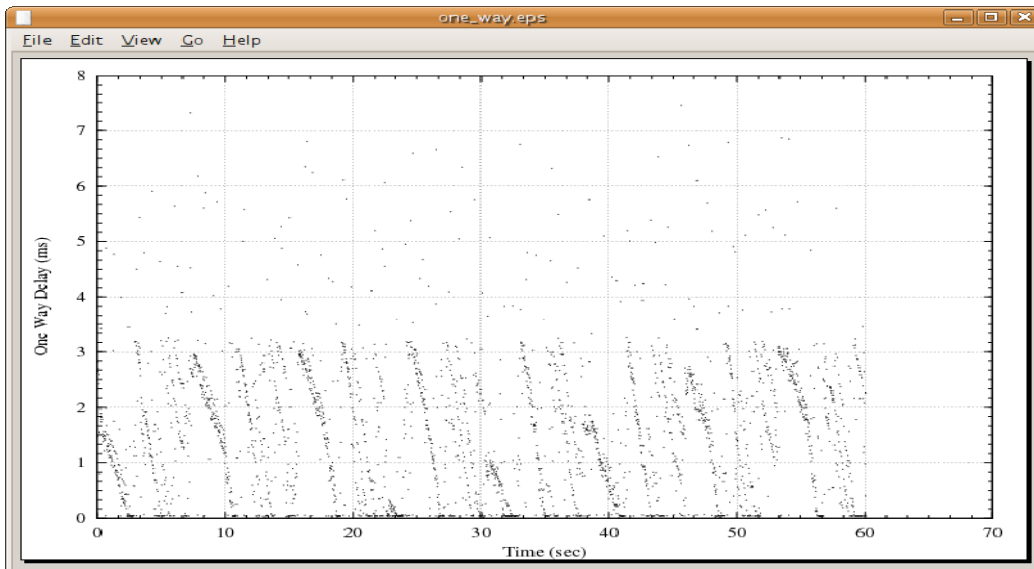
Παρατηρήθηκε μια αναμενόμενη σταδιακή αύξηση των τιμών σε σχέση με την background κίνηση, σε αποδεκτά επίπεδα, απολύτως κατάλληλη για επικοινωνία VoIP.



Σχήμα 68 :60 M Bit/s Latency

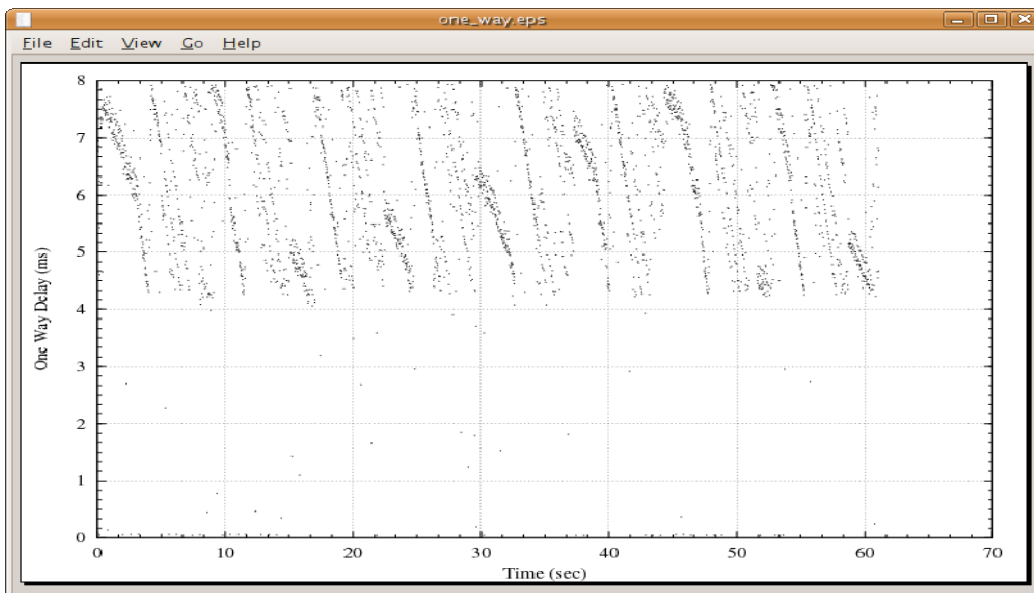
Παρατηρήθηκε μια αναμενόμενη σταδιακή αύξηση των τιμών σε σχέση με την background κίνηση, σε αποδεκτά επίπεδα, απολύτως κατάλληλη για επικοινωνία VoIP.

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



Σχήμα 69 :80 M Bit/s Latency

Παρατηρήθηκε μια αναμενόμενη σταδιακή αύξηση των τιμών σε σχέση με την background κίνηση, σε αποδεκτά επίπεδα, απολύτως κατάλληλη για επικοινωνία VoIP.



Σχήμα 70 :100 M Bit/s Latency

Παρατηρήθηκε μια αναμενόμενη σταδιακή αύξηση των τιμών σε σχέση με την background κίνηση, σε αποδεκτά επίπεδα, απολύτως κατάλληλη για επικοινωνία VoIP.

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

5.4.3.3 Σενάριο 3.3 (G.729 Losses)

Σε αυτού του είδους την κωδικοποίηση δεν παρατηρήθηκε καμία απώλεια, ούτε καν στα 100 MB/s. Αυτό είναι απολύτως αποδεκτό και λογικό εφόσον η κίνηση της κλήσης σε ταχύτητα είναι πολύ μικρή (μόλις 8 Kbit/s), σε σχέση με το συνολικό διαθέσιμο εύρος ζώνης του καναλιού που χρησιμοποιείται. Επίσης τα πακέτα που μεταφέρονται στην κλήση έχουν μέγεθος 74 Bytes οπότε δεν επηρεάζονται σχεδόν καθόλου από την συμφόρηση του δικτύου ακόμα και στο κορεσμό του και έτσι καταφέρνουν να περάσουν από το ένα άκρο στο άλλο.

6. Συμπεράσματα – Επίλογος

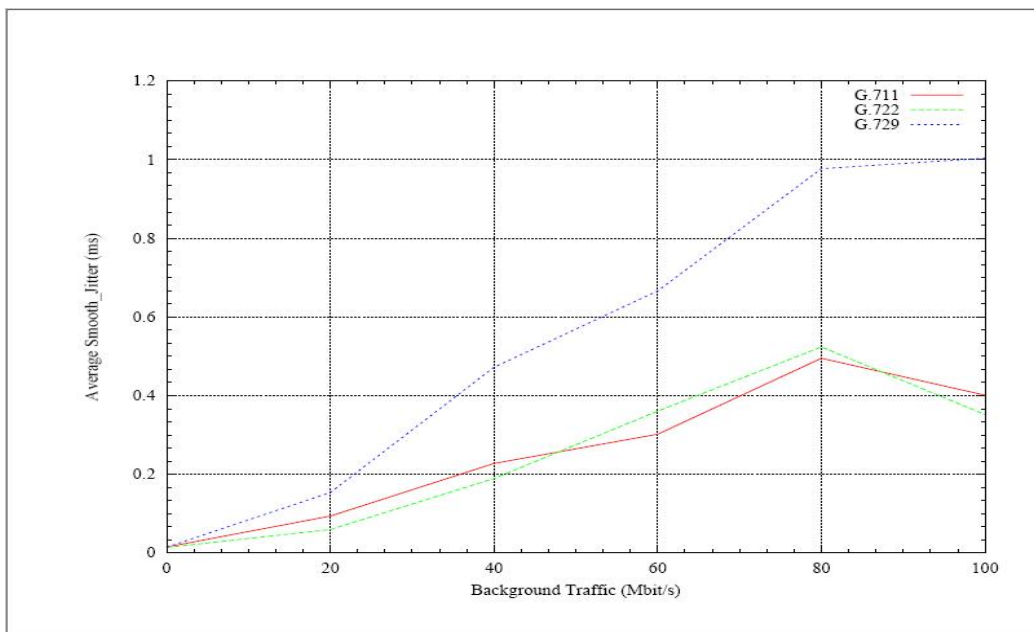
6.1 Αποτελέσματα

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Τα αποτελέσματα που προήλθαν από τις αναλύσεις είναι απολύτως αποδεκτά και ικανοποιητικά. Στις επόμενες τρεις υπό-ενότητες παρουσιάζεται η συνολική συμπεριφορά όλων των κωδικοποιήσεων για όλες τις background κινήσεις σε κάθε μετρική επίδοσης ανά κατηγορία (συνολική σύγκριση όλων των σεναρίων μαζί).

6.1.1 Σύγκριση σεναρίων 1.1 και 2.1 και 3.1 για το Smooth Jitter

Η αύξηση του Jitter σε κάθε τιμή κατά την διάρκεια των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν ήταν σε αποδεκτά επίπεδα. Ο κάθε αποκωδικοποιητής απέδωσε τις προσδοκώμενες επιδόσεις βάση του μεγέθους των πακέτων που χρησιμοποιεί και του εύρους ζώνης. Στην τελευταία μέτρηση με background traffic μεγέθους 100 MBit/s παρατηρήθηκε μια σταθεροποίηση της τιμής του που δικαιολογείται λόγω του switch device όπως αναφέρθηκε και κατά το κομμάτι παρουσίασης και ανάλυσης των αποτελεσμάτων.

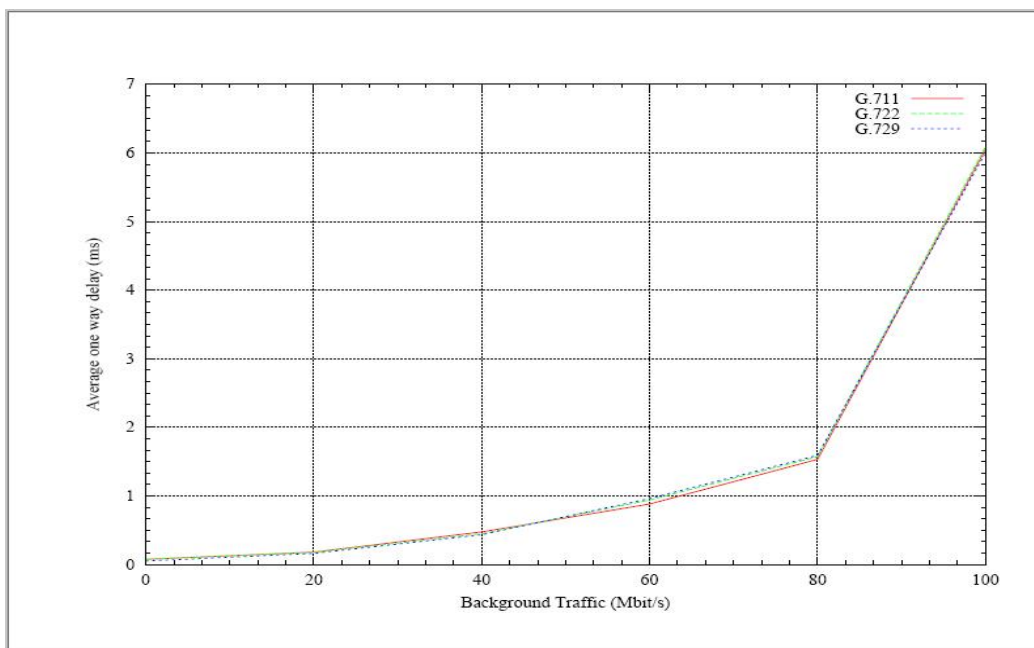


Σχήμα 71 : General graph for Smoothed Jitter

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

6.1.2 Σύγκριση σεναρίων 1.2 και 2.2 και 3.2 για το One Way Delay

Η αύξηση του One Way Delay σε κάθε τιμή κατά την διάρκεια των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκε ήταν σε πολύ καλά επίπεδα και συνεπώς αποδεκτά για VoIP επικοινωνίες. Ο κάθε αποκωδικοποιητής απέδωσε τις προσδοκώμενες επιδόσεις βάση του μεγέθους των πακέτων που χρησιμοποιεί και του εύρους ζώνης. Παρατηρήθηκε ακόμη ότι όλοι οι κωδικοποιητές είχαν σχεδόν την ίδια συμπεριφορά και τις ίδιες τιμές για όλες τις μετρήσεις. Επίσης παρατηρείται η ραγδαία αύξηση της καθυστέρησης κατά την εκτέλεση της μεγαλύτερης background traffic.



Σχήμα 72 : General graph for One Way Delay (Latency)

6.2 Μελλοντικές Προτάσεις

Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας μελετήθηκε και αναλύθηκε η συμπεριφορά του συστήματος Cisco VoIP πάνω σε ένα ενσύρματο δίκτυο μεγάλου εύρους ζώνης. Η συμπεριφορά όμως του

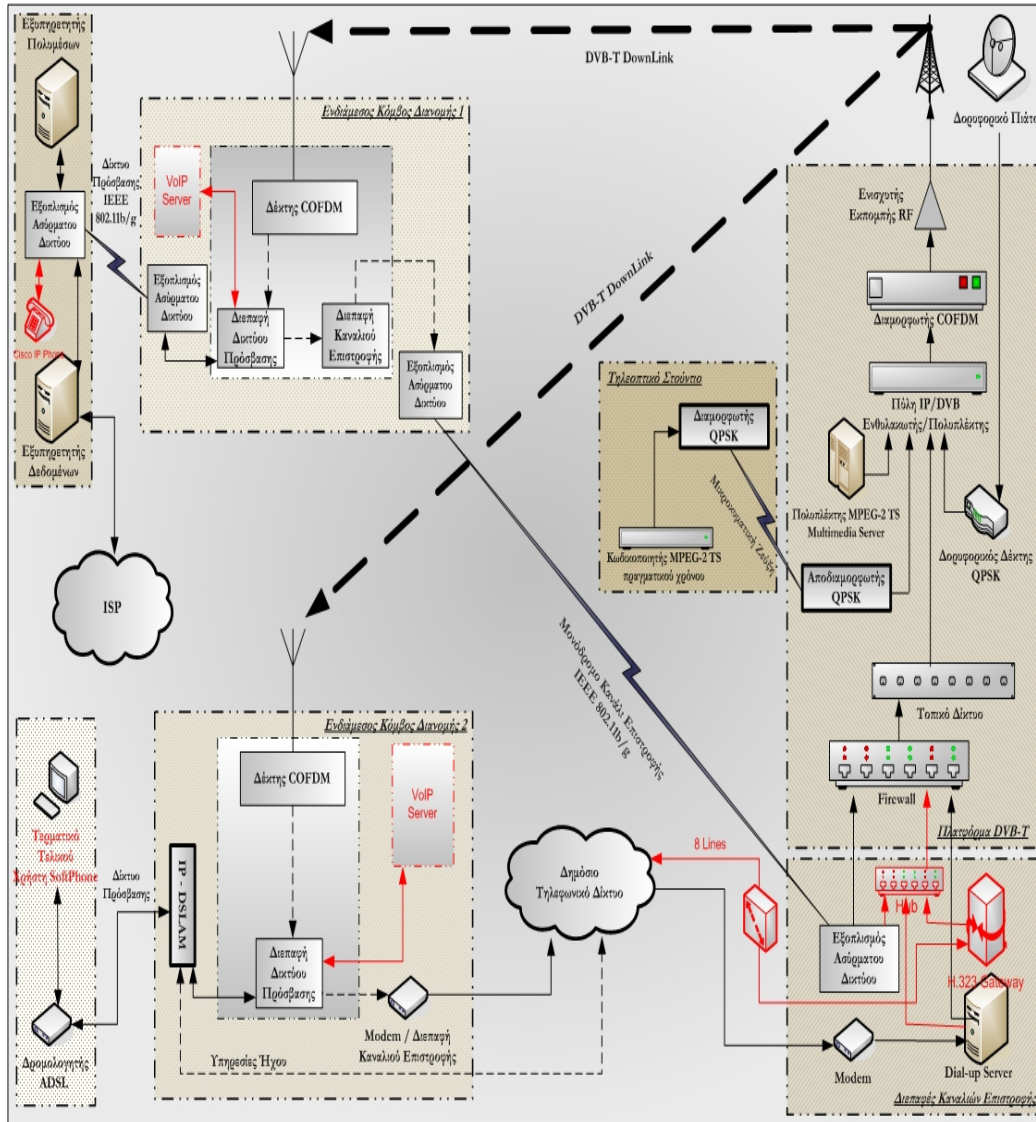
ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

συστήματος θα άλλαζε σε ένα ασύρματο δίκτυο με περισσότερους από έναν κόμβους.

Θα ήταν αρκετό ενδιαφέρον να υλοποιηθεί και να εξεταστεί η συμπεριφορά του δικτύου εφαρμοσμένου πάνω σε ένα δίκτυο DVB-T. Σε ένα τέτοιο δίκτυο το εύρος ζώνης δεν είναι τόσο μεγάλο και υπάρχουν αρκετοί κόμβοι που μεσολαβούν της επικοινωνίας, κάτι που κάνει αρκετά ενδιαφέρουσα της παρακολούθηση της συμπεριφοράς ενός συστήματος VoIP πάνω σε αυτό. Η υλοποίηση για ένα τέτοιο σύστημα δεν είναι ιδιαίτερα περίπλοκη αν σκεφτεί κανείς ότι πρέπει σε κάθε CMN να συνδέεται και ένας CCM Server και επίσης ένας Gateway να συνδέεται με την πλατφόρμα DVB. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η ύπαρξη επικοινωνίας μέσω του CCM Server με την πλατφόρμα, η οποία θα συνδέεται και με τον άλλον CMN που βρίσκεται ο χρήστης που πρέπει να επικοινωνήσει αλλά και με το εξωτερικό δίκτυο PSTN.

Λόγο των ασύρματων όμως επικοινωνιών μπορεί να υπάρχει αυξημένο Jitter και Latency σε καταστάσεις αυξημένης κίνησης στο δίκτυο από τις υπόλοιπες υπηρεσίες. Οπότε θα ήταν επίσης αρκετά ενδιαφέρον να εξεταστεί η απόδοση του και με την εφαρμογή δια-τερματικής ποιότητας υπηρεσίας.

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



Σχήμα 73 :Τοπολογία DVB-T με VoIP

7. Βιβλιογραφία – Αναφορές

1. Cisco Call Manager System Guide 4.1
http://www.cisco.com/application/pdf/en/us/guest/products/ps5820/c2001/ccmigration_09186a00803edaeb.pdf
2. VoIP Information's <http://www.protocols.com/pbook/VoIP.htm>
3. Cisco Discovery Protocol

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

- http://www.cisco.com/en/US/docs/ios/12_1/configfun/configuration/guide/fcd301c.pdf
4. <http://www.wikipedia.org/>
 5. Linux forwarding
<http://www.yolinux.com/TUTORIALS/LinuxTutorialNetworking.html#FORWARDING>
 6. Linux routing
<http://www.yolinux.com/TUTORIALS/LinuxTutorialNetworking.html#ROUTE>
 7. http://www.windowsnetworking.com/articles_tutorials/Windows_2000/
 8. ETSI 300 744: Digital Video Broadcasting (DVB): Framing structure, channel coding and modulation for Digital Terrestrial Television (DVB-T), ETSI, 1997.
 9. Understanding the Basic Networking Functions, Components, and Signaling Protocols in VoIP Networks
http://www.juniper.net/solutions/literature/white_papers/200087.pdf
 10. Information Sciences Institute University of Southern California, "INTERNET PROTOCOL", RFC 791, September 1981.
 11. A.S. Tanenbaum "Computer Networks" Fourth Edition, ISBN: 0-13-066102-3.
 12. MGEN - The Multi-Generator Toolset, (<http://mgen.pf.itd.navy.mil/>).
 13. Linux Advanced Routing & Traffic Control, (<http://lartc.org/>).
 14. IP Performance Metrics (IPPM) Working group,
(<http://www.ietf.org/html.charters/ippm-charter.html>).
 15. Gnuplot homepage, (<http://www.gnuplot.info/>).
 16. TCPDump - dump traffic on a network, (<http://www.tcpdump.org/>).
 17. Calyam P. and Lee C., "Characterizing voice and video traffic behaviour over the Internet", in Proc. ISCIS' 05, Istanbul, Turkey, 26-28 Oct. 2005, pp. 91-95.
(http://www.osc.edu/research/networking/PDFs/vvoip_iscis05.pdf).
 18. Xplot homepage, (<http://www.xplot.org/>).
 19. http://www.bandwidth.com/wiki/article/Voice_Quality_Considerations

8. Παραρτήματα

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

8.1 Γλωσσάριο

ADC	Analog to Digital Conversion
ADPCM	Adaptive Differential Pulse Code Modulation
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
ACELP	Algebraic Code Excited Linear Prediction
ATM	Asynchronous Transfer Mode
AVTWG	Audio Video Transport Working Group
BOOTP	Bootstrap Protocol
BSD	Berkeley Software Distribution
CM	Call Manager
CCM	Cisco Call Manager
CCMA	Cisco Call Manager Administration
CCMS	Cisco Call Manager Serviceability
CDP	Cisco Discovery Protocol
CMN	Cell Main Node
CSRC	Contributing source identifier
CUCM	Cisco Unified Communications Manager
DAC	Digital to Analog Conversion
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DiffServ	Differentiated Services
DNS	Domain Name System
DS	Differentiated Services
DSLAM	DSL Access Multiplexer
DSP	Digital signal processing
DVB	Digital Video Broadcasting
DVB-T	Terrestrial Digital Video Broadcasting
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
GNU	<i>GNU's Not Unix</i>
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile communications
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IEEE	Institute of Electrical & Electronics Engineers
IETF	Internet Engineering Task Force
IP	Internet Protocol
IPSec	Internet Protocol Security
IPX	Internetwork Packet Exchange
ISDN	Integrated Services Digital Networking
ISP	Internet Service Provider
ITU	International Telecommunication Union
IOS	Internetwork Operating System
LAN	Local Area Network

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

LD- CELP	Low Delay Code Excited Linear Prediction
LTP	Long Term Prediction
MAC	Media Access Control
MCS	Media Convergence Server
MCU	Multy Control Unit
MGCP	Media Gateway Control Protocol
MGEN	Multi-Generator
MOH	Music On Hold
OSI	Open Systems Interconnection
PC	Personal Computer
PSTN	Public Switched Telephone Network
QAM	Quadrature Phase Shift Keying
QoS	Quality of Service
RTP	Real Time Protocol
RTSP	Real Time Streaming Protocol
RTT	Round Trip Time
SCCP	Skinny Call Control Protocol
SS7	Signaling System 7
SSH	Secure Shell
SIP	Session Initiation Protocol
SQL	Structured Query Language
SSL	Secure Sockets Layer
SP	Service Provider
TFTP	Trivial File Transfer Protocol
TLS	Transport Layer Security
TCP	Transmission Control Protocol
UDP	User Datagram Protocol
UHF	Ultra High Frequency
URL	Uniform Resource Locator
VLAN	Virtual Local Area Network
VoIP	Voice over IP
VSELP	Vector Sum Excited Linear Prediction
VTP	Virtual Trunking Protocol
WAN	Wide Area Network
Wi-Fi	Wireless Fidelity
WLAN	Wireless Local Area Network

8.2 Εντολές Δημιουργίας, “Σύλληψης” και Ανάλυσης Κίνησης

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

8.2.1 Συγχρονισμός ρολογιών

Στην UDP μετάδοση, για να είναι δυνατός ο υπολογισμός της one way καθυστέρησης είναι απαραίτητος ο συγχρονισμός των ρολογιών των υπολογιστών που μετέχουν στην επικοινωνία. Στην περίπτωση αυτή όμως δεν χρειάζεται να γίνει χρονισμός των ρολογιών γιατί και τα δύο αρχεία dump δημιουργούνται από τον ίδιο υπολογιστή την ίδια στιγμή οπότε είναι χρονισμένα.

8.2.2 Δημιουργία

Για την δημιουργία της UDP κίνησης χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο MGEN. Από τον Traffic Generator Computer εκτελείται το MGEN για να “ακούει” σε κάποια Port (έγινε επιλογή της πόρτα 2000 που χρησιμοποιούνε και τα τηλέφωνα) που δηλώνεται με την εντολή :

```
#mgen input <script_file>
```

Το script_file περιέχει τις εντολές που θα εκτελεστούν από το πρόγραμμα MGEN.

```
0.0 LISTEN UDP 7000
```

Η κίνηση MGEN εκτελείται από την πλευρά του Traffic Generator Computer προς τον Monitor Computer που ακούει. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται κίνηση στο μονοπάτι από το οποίο περνάει η κίνηση της κλήσης και έτσι μπορεί να αξιολογηθεί η συμπεριφορά του δικτύου στις συνθήκες που ορίστηκαν. Οι εντολές που χρειάζεται το πρόγραμμα αυτό για την δημιουργία κίνησης, όπως και ο χρόνος εκτέλεσης και το bit rate περιέχονται στο script_file :

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
0.0 ON 1 UDP SRC 2000 DST 192.168.2.1/2000  
PERIODIC[packets_per_second packet_size] 120.0 OFF 1
```

8.2.3 Σύλληψη

Με το εργαλείο tcpdump θα συλληφθεί η κίνηση από τον Monitor Computer και θα αποθηκευτεί σε ένα dump αρχείο, ώστε να μπορέσει έπειτα να γίνει η ανάλυση της. Στην UDP κίνηση που δημιουργείται κατά την διάρκεια μιας κλήσης βάση του RTP θα χρειαστεί ένα tcpdump για να πιάσει την κίνηση από τον Client που κάνει την κλήση και ένα για να πιάνει την κίνηση που λαμβάνει ο άλλος Client. Επειδή όμως υπάρχει και από τον Traffic Generator Computer κίνηση τύπου UDP αλλά και από την επικοινωνία των τηλεφώνων με τον Server TCP κίνηση, φιλτράρεται η κίνηση που πρέπει να αποθηκευτεί με την διασαφήνιση του είδους κίνησης καθώς και του αποστολέα της κίνησης, να είναι UDP και από τηλέφωνο με IP 192.168.0.11 αντίστοιχα. Οι εντολές είναι οι εξής :

Ορισμός εντολής :

```
#tcpdump -w <filename> -n -vv -i <network_interface>
```

Έντολές που χρησιμοποιήθηκαν :

```
#tcpdump -w tx -I eth0 src host 192.168.0.11 and udp -n -vv -tt
```

```
#tcpdump -w rx -I eth4 src host 192.168.0.11 and udp -n -vv -tt
```

8.2.4 Ανάλυση

Δημιουργείται ένα directory που έχει μέσα το πρόγραμμα udp_ip_all_full_analysis, ένα directory “perl” που περιέχει μέσα όλα τα υπόλοιπα προγράμματα και ένα directory που μέσα του περιέχει ένα φάκελο που περιέχει τα dump αρχεία.

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Τα δύο dump αρχεία που δημιουργήθηκαν από το tcpdump θα μετατραπούν σε .txt αρχεία με τις εντολές :

```
#tcpdump -tt -vv -n -r <dumpfile_of_server> > udp_sender.txt
```

```
#tcpdump -tt -vv -n -r <dumpfile_of_client> > udp_receiver.txt
```

Αφού ολοκληρωθεί η δημιουργία των txt αρχείων ακολουθεί, η εκτέλεση των perl προγραμμάτων του κεφαλαίου 8.3. Αρχικά εκτελείται το αρχείο παρακάτω που δημιουργεί δύο νέα αρχεία, εκ των οποίων το ένα έχει την κίνηση του αποστολέα (sender) και το άλλο του δέκτη (receiver) και εκτελείται ως εξής:

```
#perl ipv4_createendfiles.pl
```

Με το πρόγραμμα ipv4_losses.pl υπολογίζονται οι απώλειες κατά την μετάδοση της udp κίνησης.

```
#perl ipv4_losses.pl
```

Με το επόμενο πρόγραμμα υπολογίζεται το data rate του αποστολέα και του δέκτη αντίστοιχα.

```
#perl ipv4_sender_receiver_rate.pl
```

Ακολουθεί το πρόγραμμα όπου ευθυγραμμίζει κάθε πακέτο του αρχείου του δέκτη με κάθε πακέτο του αρχείου του αποστολέα, ώστε να υπολογιστεί αργότερα η διακύμανση της καθυστέρησης (jitter).

```
#perl ipv4_align_for_delay_jitt.pl
```

Στην συνέχεια δημιουργούνται δύο αρχεία με τους χρόνους του αποστολέα και του δέκτη αντίστοιχα, για τον υπολογισμό του jitter.

```
#perl ipv4_timestamp.pl
```

Στη συνέχεια υπολογίζεται η διακύμανση της καθυστέρησης (jitter) του δικτύου. Μετά το τέλος της εκτέλεσης του προγράμματος εμφανίζονται η μέση, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή του jitter και δίνεται η καθυστέρηση μεταξύ των πακέτων (packet to packet Delay).

```
#perl ipv4_inter_arrival_jitter.pl
```

και

```
#perl ipv4_jitter.pl
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Η one way καθυστέρηση, δηλαδή ο χρόνος που χρειάζεται ένα πακέτο για να μεταφερθεί από τον sender στον receiver υπολογίζεται με το πρόγραμμα :

```
#perl ipv4_one_way_delay.pl
```

8.2.5 Γραφική Απεικόνιση

Για την απεικόνιση των γραφικών παραστάσεων των απωλειών, της one way καθυστέρησης, του jitter και του smooth jitter χρησιμοποιούνται τα παρακάτω προγράμματα με τις εντολές :

Losses :

```
#gnuplot losses.gpl
```

One way delay :

```
#gnuplot onewaydelay.gpl
```

Jitter :

```
#gnuplot jitter.gpl
```

Smooth Jitter :

```
#gnuplot jitter_smooth.gpl
```

8.3 Προγράμματα Ανάλυσης UDP Κίνησης

Ακολουθεί ο κώδικας όλων των προγραμμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για να εκτελεστούν οι μετρήσεις που παρουσιάστηκαν.

8.3.1 Πρόγραμμα `ipv4_createendfiles.pl`

```
# This program is free software; you can redistribute it and/or modify  
# it under the terms of the GNU General Public License as published by  
# the Free Software Foundation; either version 2 of the License, or  
# (at your option) any later version.  
#
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
# This program is distributed in the hope that it will be useful,  
# but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty  
of  
# MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR  
PURPOSE. See the  
# GNU General Public License for more details.  
#  
# You should have received a copy of the GNU General Public License  
# along with this program; if not, write to the Free Software  
# Foundation, Inc., 59 Temple Place - Suite 330, Boston, MA 02111-1307,  
USA.  
  
#!/usr/bin/perl -w  
  
open(INPUTFILE, "<udp_sender.txt") || die ("cannot open udp_sender file  
l\n");  
  
unless (open (OUTFILE, ">final.tx"))  
{  
  
    die ("cannot open output file outfile\n");  
  
}  
  
$start = time;  
  
my (@rec_lines) = <INPUTFILE>;  
  
foreach $rec_line (@rec_lines)  
{  
    chomp($rec_line);  
    @line=split(/\t +/,$rec_line);
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
for ($k=0;$k<@line;$k++)
{
    $id=0;
    if ($line[$k] eq "cid")
    {
        $id=$line[$k+1];
        last;
    }
}

for ($k=0;$k<@line;$k++)
{

    if ($line[$k] eq "seq")
    {

        $id=$id.($line[$k+1]);
        last;
    }
}

for ($k=0;$k<@line;$k++)
{

    if ($line[$k] eq "ser")
    {

        $id=$id.($line[$k+1]);
        last;
    }
}
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
}  
for ($k=0;$k<@line;$k++)  
{  
  
    if ($line[$k] eq "id")  
        {  
  
            $id=$id.($line[$k+1]);  
            last;  
        }  
  
}  
  
for ($k=0;$k<@line;$k++)  
{  
  
    if ($line[$k] eq "length:")  
        {  
  
            $size=$line[$k+1];  
            last;  
        }  
  
}  
$time=$line[0];  
#$id=substr($id,0,length($id)-1);  
$size=substr($size,0,length($size)-1);  
#print (" $id $size \n");  
print OUTFILE (" $id\t$id\t$time\t$size\n");  
  
}
```


ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
close(INPUTFILE);
close(OUTPUTFILE);

#second file

open(INPUTFILE, "<udp_receiver.txt") || die ("cannot open udp_receiver
file 1\n");

unless (open (OUTFILE, ">final.rx"))
{

    die ("cannot open output file outfile\n");

}

my (@rec_lines) = <INPUTFILE>;

foreach $rec_line (@rec_lines)
{
    chomp($rec_line);
    @line=split(/\t +/,$rec_line);
    for ($k=0;$k<@line;$k++)
    {
        $id=0;
        if ($line[$k] eq "cid")
        {
            $id=$line[$k+1];
            last;
        }
    }
}
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
for ($k=0;$k<@line;$k++)
{

    if ($line[$k] eq "seq")
        {

            Sid=$id.($line[$k+1]);
            last;
        }

}

for ($k=0;$k<@line;$k++)
{

    if ($line[$k] eq "ser")
        {

            Sid=$id.($line[$k+1]);
            last;
        }

}

for ($k=0;$k<@line;$k++)
{

    if ($line[$k] eq "id")
        {

            Sid=$id.($line[$k+1]);
            last;
        }

}

}
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
for ($k=0;$k<@line;$k++)
{
    if ($line[$k] eq "length:")
    {
        $size=$line[$k+1];
        last;
    }
}
$time=$line[0];
#$id=substr($id,0,length($id)-1);
$size=substr($size,0,length($size)-1);

print OUTFILE (" $id\t$id\t$time\t$size\n");

}

$elapsed_sec = time - $start;

my $second = $elapsed_sec%60;
my $minute = ($elapsed_sec/60)%60;
my $hour = ($elapsed_sec/(60*60))%24;
print "Total Time elapsed: $hour hours:$minute min:$second sec\n";

close(INPUTFILE);
close(OUTPUTFILE);
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

8.3.2 Πρόγραμμα ipv4_replicid.pl

```
# This program is free software; you can redistribute it and/or modify
# it under the terms of the GNU General Public License as published by
# the Free Software Foundation; either version 2 of the License, or
# (at your option) any later version.
#
# This program is distributed in the hope that it will be useful,
# but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty
of
# MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR
PURPOSE. See the
# GNU General Public License for more details.
#
# You should have received a copy of the GNU General Public License
# along with this program; if not, write to the Free Software
# Foundation, Inc., 59 Temple Place - Suite 330, Boston, MA 02111-1307,
USA.

#!/usr/bin/perl -w

open(AFILE, "<udp_sender.txt") || die ("cannot open udp_sender file\n");
open(BFILE, "<udp_receiver.txt") || die ("cannot open udp_receiver file
\n");
my ($temp);
my ($temp1);
my (@rec_lines) = <AFILE>;

$start = time;

for ($j=0;$j<@rec_lines;$j++)
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
{

@udp_id=split(/[t +]/,$rec_lines[$j]);
for ($k=0;$k<@udp_id;$k++)
{
    $temp=0;
    if ($sudp_id[$k] eq "cid")
        {
            $temp=$sudp_id[$k+1];
            last;
        }

}

for ($k=0;$k<@udp_id;$k++)
{

    if ($sudp_id[$k] eq "seq")
        {

            $temp=$temp.($sudp_id[$k+1]);
            last;
        }

}

for ($k=0;$k<@udp_id;$k++)
{

    if ($sudp_id[$k] eq "ser")
        {

            $temp=$temp.($sudp_id[$k+1]);
            last;
        }
}
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
    }

}

for ($k=0;$k<@udp_id;$k++)
{

    if ($udp_id[$k] eq "id")
    {

        $temp=$temp.(Sudp_id[$k+1]);
        last;
    }

}

#print "$temp\n";
for ($i=$j+1;$i<@rec_lines;$i++)
{
    @udp_id_compare=split(/\t +/,$rec_lines[$i]);
    for ($k=0;$k<@udp_id;$k++)
    {
        $temp1=0;
        if ($sudp_id_compare[$k] eq "cid")
        {
            $temp1=$sudp_id_compare[$k+1];
            last;
        }
    }
    for ($k=0;$k<@udp_id;$k++)
    {

        if ($sudp_id_compare[$k] eq "seq")
        {
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
                $temp1=$temp1.($udp_id_compare[$k+1]);
                last;
            }

        }
    for ($k=0;$k<@udp_id;$k++)
    {

        if ($udp_id_compare[$k] eq "ser")
            {

                $temp1=$temp1.($udp_id_compare[$k+1]);
                last;
            }

    }
    for ($k=0;$k<@udp_id;$k++)
    {

        if ($udp_id_compare[$k] eq "id")
            {

                $temp1=$temp1.($udp_id_compare[$k+1]);
                last;
            }

    }
    #print "$temp1\n";
    if ($temp eq $temp1)
    {
        print "Found two instances (sender file) of $temp1 at line $i $j\n";
        exit(12);
    }
}
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
}  
  
}  
  
#print "$sen_line\n";  
  
}  
  
$elapsed_sec = time - $start;  
  
my $second = $elapsed_sec%60;  
my $minute = ($elapsed_sec/60)%60;  
my $hour = ($elapsed_sec/(60*60))%24;  
print "Time elapsed for senders file: $hour hours:$minute min:$second  
sec\n";  
  
close(AFILE);  
  
my (@rec_lines) = <BFILE>;  
  
for ($j=0;$j<@rec_lines;$j++)  
{  
  
@udp_id=split(/\t +/,$rec_lines[$j]);  
for ($k=0;$k<@udp_id;$k++)  
{  
    $temp=0;
```


ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
if ($udp_id[$k] eq "cid")
{
    $temp=$udp_id[$k+1];
    last;
}

}

for ($k=0;$k<@udp_id;$k++)
{

    if ($udp_id[$k] eq "seq")
    {

        $temp=$temp.(Sudp_id[$k+1]);
        last;
    }

}

for ($k=0;$k<@udp_id;$k++)
{

    if ($udp_id[$k] eq "ser")
    {

        $temp=$temp.(Sudp_id[$k+1]);
        last;
    }

}

#print "$temp\n";
for ($i=$j+1;$i<@rec_lines;$i++)
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
{
  @udp_id_compare=split(/\t +/, $rec_lines[$i]);
  for ($k=0;$k<@udp_id;$k++)
  {
    $temp1=0;
    if ($udp_id_compare[$k] eq "cid")
    {
      $temp1=$udp_id_compare[$k+1];
      last;
    }
  }
  for ($k=0;$k<@udp_id;$k++)
  {
    if ($udp_id_compare[$k] eq "seq")
    {
      $temp1=$temp1.($udp_id_compare[$k+1]);
      last;
    }
  }
  for ($k=0;$k<@udp_id;$k++)
  {
    if ($udp_id_compare[$k] eq "ser")
    {
      $temp1=$temp1.($udp_id_compare[$k+1]);
      last;
    }
  }
}
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
}
#print "$temp1\n";

if ($temp eq $temp1)
{
    print "Found two instances (receiver file) of $temp1 at line $i $j\n";
    exit(12);
}

}

#print "$sen_line\n";

}

$elapsed_sec = time - $start;

my $second = $elapsed_sec%60;
my $minute = ($elapsed_sec/60)%60;
my $hour = ($elapsed_sec/(60*60))%24;
    print "Total Time elapsed: $hour hours:$minute min:$second sec\n";

close(BFILE);
```

8.3.3 Πρόγραμμα ipn_all_losses.pl

```
# This program is free software; you can redistribute it and/or modify
# it under the terms of the GNU General Public License as published by
# the Free Software Foundation; either version 2 of the License, or
# (at your option) any later version.
#
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
# This program is distributed in the hope that it will be useful,  
# but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty  
of  
# MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR  
PURPOSE. See the  
# GNU General Public License for more details.  
#  
# You should have received a copy of the GNU General Public License  
# along with this program; if not, write to the Free Software  
# Foundation, Inc., 59 Temple Place - Suite 330, Boston, MA 02111-1307,  
USA.  
#Author irons  
#Mail irons@pasiphae.teiher.gr  
#This file calculates the losses in a udp transmission.  
  
#!/usr/bin/perl -w  
  
$start = time;  
  
& calc_loss;  
  
$elapsed_sec = time - $start;  
  
my $second = $elapsed_sec%60;  
my $minute = ($elapsed_sec/60)%60;  
my $hour = ($elapsed_sec/(60*60))%24;  
print "Total Time elapsed: $hour hours:$minute min:$second sec\n";  
  
sub calc_loss  
# Simple loss calculation  
{  
    my ($sender_packets);
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
my ($receiver_packets);
```

```
my ($loss_rate);
```

```
$sender_packets = 0;
```

```
$receiver_packets = 0;
```

```
$loss_rate = 0;
```

```
# Sender file
```

```
open (SENDER, "<final.tx") || die ("cannot open input file 1\n");
```

```
while (<SENDER>)
```

```
{
```

```
    $sender_packets++;
```

```
}
```

```
close (SENDER);
```

```
# Receiver file
```

```
open (RECEIVER, "<final.rx") || die ("cannot open input file 2\n");
```

```
while (<RECEIVER>)
```

```
{
```

```
    $receiver_packets++;
```

```
}
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
close (RECEIVER);

#calculation
$loss_rate =
    (($sender_packets -
    $receiver_packets) / $sender_packets) * 100;

print "sender packets $sender_packets, receiver packets
$receiver_packets, losses $loss_rate%\n";

if (($sender_packets - $receiver_packets)!=0)
{
    & lossstime;
}

}

sub lossstime
{

unless (open (OUTFILE, ">pack_num_seq_loss_vs_time"))
{

    die ("cannot open output file outfile\n");

}

open (SENDER, "<final.tx");
open (RECEIVER, "<final.rx");
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
my (@sen_lines) = <SENDER>;
my ($sen_line);
my (@rec_lines) = <RECEIVER>;
my ($rec_line);
my ($temp);
my ($temp1);
my ($lock);
my ($lock_ref_time);
my ($send_time);
my ($start_ref_time);
my ($packet_counter);
close (SENDER);
close (RECEIVER);
$size=@rec_lines;
$size1=@sen_lines;
$packet_counter=0;
$lock_ref_time=0;

foreach $sen_line (@sen_lines)
{
$lock=0;
$packet_counter++;
chomp($sen_line);
@line_sender=split(/\t +/,$sen_line);
$temp1=$line_sender[0].$line_sender[1];

if ($lock_ref_time==0)
{
$start_ref_time=$line_sender[2];
$lock_ref_time=1;
#print ("\n$start_ref_time\n");
}
}
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
foreach $rec_line (@rec_lines)
{
    chomp($rec_line);
    @line_receiver=split(/\t +/,$rec_line);
    $temp=$line_receiver[0].$line_receiver[1];
    if ($temp eq $temp1)
    {

        #unless (open (OUTFILE, ">>aligned_sender"))
        #{

            #    die ("cannot open output file outfile\n");

        #}

        #close (OUTFILE);
        $lock=1;
        last;
    #print " sender $sen_line receiver $rec_line\n";
    }

}

if ($lock==0)
{
    $send_time=$line_sender[2]-$start_ref_time;
    print OUTFILE "$send_time\t$packet_counter \n";

}

#if ($lock==1)
#{
```


ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
#$send_time=$line_sender[2]-$start_ref_time;
#print OUTFILE "$send_time\t0 \n";

#}
}
close (OUTFILE);
& avg_lossvstime;
}
sub avg_lossvstime{

unless (open (OUTFILE, ">lossvstime"))
{

    die ("cannot open output file outfile\n");

}

open (LOSSES, "<pack_num_seq_loss_vs_time");

my (@sen_lines) = <LOSSES>;
my ($sen_line);
my ($temp1);
my ($temp);
my ($lock);
my ($lock1);
my ($send_time);
my ($packet_counter);
my ($line_counter);

close (LOSSES);

$size=@rec_lines;
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
$size1=@sen_lines;
$packet_counter=0;
$lock_ref_time=0;
$line_counter=0;
$lock=0;

$lock1=0;
foreach $sen_line (@sen_lines)
{

$packet_counter++;
    chomp($sen_line);
        @line_sender=split(/\t +/,$sen_line);
        $temp=$line_sender[0];
        if ($lock==0)
        {
            $temp1=$line_sender[0];
            #print "$temp1\n";
            @line_sender_last=split(/\t +/,$sen_lines[(@sen_lines) -1]);
            #print "$line_sender_last[0]\n";
            # $packet_counter=0;
            $lock=1;
        }

        if (($temp1+1.0) < ($temp))
        {
            if ($lock1==0)
            {
                $pack_count=$packet_counter-1;
                print OUTFILE "$send_time\t$pack_count \n";
                #print "$send_time\t$packet_counter\t$temp \n";
                $packet_counter=1;
            }
            $temp1=$temp;
        }
    }
}
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
}  
}  
if (($temp1+1) > ($line_sender_last[0]))  
{  
    $lock1=1;  
    if ($temp==$line_sender_last[0])  
    {  
        $send_time=$temp;  
        # print "$send_time\t$packet_counter\t$temp \n";  
        print OUTFILE "$send_time\t$packet_counter \n";  
    }  
  
}  
  
$send_time=$temp;  
$line_counter++;  
}  
close (OUTFILE);  
#print "$pack_count\t$packet_counter\t$line_counter\n";  
}
```

8.3.4 Πρόγραμμα `ipn_all_sender_receiver_rate.pl`

```
# This program is free software; you can redistribute it and/or modify  
# it under the terms of the GNU General Public License as published by  
# the Free Software Foundation; either version 2 of the License, or  
# (at your option) any later version.  
#  
# This program is distributed in the hope that it will be useful,  
# but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty  
of
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR
PURPOSE. See the

GNU General Public License for more details.

#

You should have received a copy of the GNU General Public License

along with this program; if not, write to the Free Software

Foundation, Inc., 59 Temple Place - Suite 330, Boston, MA 02111-1307,
USA.

#!/usr/bin/perl -w

my(\$sum_pack_size);

my(\$lock);

my(\$start_time);

my(\$send_time);

my(\$transfer_time);

my(\$data_rate);

\$data_rate=0;

\$transfer_time=0;

\$sum_pack_size=0;

\$lock=0;

\$start_time=0;

\$send_time=0;

open(SENDER, "<final.tx") || die ("cannot open input file 1\n");

\$start = time;

while (<SENDER>)

{

my(\$sen_line) = \$_;

chomp(\$sen_line);

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
@line_sender=split(/[t +]/,$sen_line);
$sum_pack_size+=$line_sender[3];
if ($lock==0)
{
    $start_time=$line_sender[2];
    $lock=1;
}

#print "$papa[3]\n";

}
$end_time=$line_sender[2];
#print "stime $start_time etime $end_time\n";
$transfer_time=$end_time-$start_time;
$data_rate=$sum_pack_size/$transfer_time;
print "SENDER RESULTS\n";
print "total bytes transferred $sum_pack_size in $transfer_time sec.
Sender output data rate is $data_rate bytes/sec \n";
close(SENDER);

open(RECEIVER, "<final.rx") || die ("cannot open input file 2\n");
$data_rate=0;
$transfer_time=0;
$sum_pack_size=0;
$lock=0;
$start_time=0;
$end_time=0;
while (<RECEIVER>)
{
    my($sen_line) = $_;
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
chomp($sen_line);

@line_receiver=split(/\t +/,$sen_line);
$sum_pack_size+=$line_receiver[3];
if ($lock==0)
{
$start_time=$line_receiver[2];
$lock=1;
}

#print "$papa[3]\n";

}

$end_time=$line_receiver[2];
print "stime $start_time etime $end_time\n";
$transfer_time=$end_time-$start_time;
$data_rate=$sum_pack_size/$transfer_time;
print "RECEIVER RESULTS\n";
print "total bytes transferred $sum_pack_size in $transfer_time sec.
Receiver input data rate is $data_rate bytes/sec \n";

close(RECEIVER);

$elapsed_sec = time - $start;

my $second = $elapsed_sec%60;
my $minute = ($elapsed_sec/60)%60;
my $hour = ($elapsed_sec/(60*60))%24;
print "Total Time elapsed: $hour hours:$minute min:$second sec\n";
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

8.3.5 Πρόγραμμα `ipn_all_align_for_delay_jitt.pl`

```
# This program is free software; you can redistribute it and/or modify
# it under the terms of the GNU General Public License as published by
# the Free Software Foundation; either version 2 of the License, or
# (at your option) any later version.
#
# This program is distributed in the hope that it will be useful,
# but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty
of
# MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR
PURPOSE. See the
# GNU General Public License for more details.
#
# You should have received a copy of the GNU General Public License
# along with this program; if not, write to the Free Software
# Foundation, Inc., 59 Temple Place - Suite 330, Boston, MA 02111-1307,
USA.

#!/usr/bin/perl -w

unless (open (OUTFILE, ">aligned_sender"))
{

    die ("cannot open output file outfile\n");

}

open (SENDER, "<final.tx");
open (RECEIVER, "<final.rx");
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
my (@sen_lines) = <SENDER>;
my ($sen_line);
my (@rec_lines) = <RECEIVER>;
my ($rec_line);
my ($temp);
my ($temp1);

close (SENDER);
close (RECEIVER);
$size=@rec_lines;
$size1=@sen_lines;
print "Receiver packets $size --- Sender packets $size1\n";

$start = time;

foreach $rec_line (@rec_lines)
{
    chomp($rec_line);
    @line_receiver=split(/\t +/,$rec_line);
    $temp=$line_receiver[0].$line_receiver[1];
    foreach $sen_line (@sen_lines)
    {
        chomp($sen_line);
        @line_sender=split(/\t +/,$sen_line);
        $temp1=$line_sender[0].$line_sender[1];
        if ($temp eq $temp1)
        {

            #unless (open (OUTFILE, ">>aligned_sender"))
            #{

            #
            die ("cannot open output file outfile\n");
```


ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
    #}  
  
    print OUTFILE "$sen_line\n";  
  
    #close (OUTFILE);  
  
    last;  
#print " sender $sen_line receiver $rec_line\n";  
    }  
  
    }  
  
}  
  
$elapsed_sec = time - $start;  
  
my $second = $elapsed_sec%60;  
my $minute = ($elapsed_sec/60)%60;  
my $hour = ($elapsed_sec/(60*60))%24;  
    print "Total Time elapsed: $hour hours:$minute min:$second sec\n";  
  
close (OUTFILE);
```

8.3.6 Πρόγραμμα ipn_all_timestamp.pl

```
#!/usr/bin/perl -w  
  
unless (open (SENDER, "<aligned_sender"))  
    {  
  
        die ("cannot open input file outfile\n");
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
    }

unless (open (OUTFILE, ">sender_timestamp"))
    {

        die ("cannot open output file outfile\n");

    }

$start = time;

while (<SENDER>)
{
    my($sen_line) = $_;
    chomp($sen_line);

    @line_sender=split(/\t +/,$sen_line);

    print OUTFILE "$line_sender[2]\n";

    #print "$papa[3]\n";

}
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
close(OUTFILE);
close(SENDER);

unless (open (RECEIVER, "<final.rx"))
{

    die ("cannot open input file outfile\n");

}

unless (open (OUTFILE, ">receiver_timestamp"))
{

    die ("cannot open output file outfile\n");

}

while (<RECEIVER>)
{
    my($sen_line) = $_;
    chomp($sen_line);

    @line_receiver=split(/\t +/, $sen_line);

    print OUTFILE "$line_receiver[2]\n";

    #print "$papa[3]\n";

}
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
close(OUTFILE);

close(RECEIVER);

$elapsed_sec = time - $start;

my $second = $elapsed_sec%60;
my $minute = ($elapsed_sec/60)%60;
my $hour = ($elapsed_sec/(60*60))%24;
print "Total Time elapsed: $hour hours:$minute min:$second sec\n";
```

8.3.7 Πρόγραμμα `ipn_all_inter_arrival_for_jitter.pl`

```
# This program is free software; you can redistribute it and/or modify
# it under the terms of the GNU General Public License as published by
# the Free Software Foundation; either version 2 of the License, or
# (at your option) any later version.
#
# This program is distributed in the hope that it will be useful,
# but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty
of
# MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR
PURPOSE. See the
# GNU General Public License for more details.
#
# You should have received a copy of the GNU General Public License
# along with this program; if not, write to the Free Software
# Foundation, Inc., 59 Temple Place - Suite 330, Boston, MA 02111-1307,
USA.

#!/usr/bin/perl -w
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
unless (open (SENDER, "<sender_timestamp"))
{

    die ("cannot open input file outfile\n");

}

unless (open (RECEIVER, "<receiver_timestamp"))
{

    die ("cannot open input file outfile\n");

}

my (@sen_lines) = <SENDER>;
my ($sen_line);
my (@rec_lines) = <RECEIVER>;
my ($rec_line);
my($transit);
my($delta_transit);
my($last_transit);
my($jitter);
my($counter);
$counter=0;
$transit=0;
$delta_transit=0;
$last_transit=0;
$jitter=0;

close(SENDER);
close(RECEIVER);
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
unless (open (OUTFILE, ">final_jitter"))
    {

        die ("cannot open output file outfile\n");

    }

unless (open (OUTFILE1, ">final_pack2packdelay"))
    {

        die ("cannot open output file outfile\n");

    }

$start = time;

foreach $sen_line (@sen_lines)
{
    chomp($sen_line);

    $transit=$rec_lines[$counter]-$sen_line;
    if ($last_transit!=0)
    {
        $delta_transit=$transit-$last_transit;
        if ( $delta_transit < 0 ) {
            $delta_transit = -$delta_transit;
        }

        $jitter+=$(delta_transit-$jitter)/16.0;

    }
}
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
$last_transit=$transit;
  $result=$jitter*1000;
$timerec=$rec_lines[$counter];
chomp($timerec);
print OUTFILE "$timerec $result\n";
$pack_delay=$delta_transit*1000;
print OUTFILE1 "$timerec $pack_delay\n";
  #print "$sen_line $rec_lines[$counter] $result\n";
  $counter++;

}

close(OUTFILE);
close(OUTFILE1);

unless (open (INFILE, "<final_jitter"))
  {

      die ("cannot open input file outfile\n");

  }

$min=100000;
$max=0;
$counter=0;
$result=0;
$lock=0;
while (<INFILE>)
{

my($sen_line) = $_;
  chomp($sen_line);
  @values=split(/[t +]/,$sen_line);
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
$value=$values[1];
$result+=$value;
if ($counter==1)
{
$min=$value;

}

if ($value>$max)
{
$max=$value;

}
if (($value<$min))
{
$min=$value;

}
$counter++;

}

close (INFILE);
$result=$result/$counter;

print "aver jitter is $result max is $max min $min\n";

unless (open (INFILE, "<final_pack2packdelay"))
{

die ("cannot open input file outfile\n");
```


ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
    }
    $min=100000;
    $max=0;
    $counter=0;
    $result=0;
    $lock=0;
    while (<INFILE>)
    {

    my($sen_line) = $_;
    chomp($sen_line);

    @values=split(/[ \t +]/,$sen_line);
    $value=$values[1];
    $result+=$value;
    if ($counter==1)
    {
    $min=$value;

    }

    if ($value>$max)
    {
    $max=$value;

    }
    if (($value<$min))
    {
    $min=$value;

    }
    $counter++;
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
}

close (INFILE);
$result=$result/($counter);

print "aver pack2packdelay is $result max is $max min $min\n";

unless (open (INFILE, "<final_pack2packdelay"))
{

    die ("cannot open input file outfile\n");

}

unless (open (OUTFILE, ">timed_final_pack2packdelay"))
{

    die ("cannot open input file outfile\n");

}

my (@times) = <INFILE>;
close(INFILE);
$time=0;
$lock=0;
for ($i=0;$i<@times-1;$i++)
{
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
if ($lock==0)
{
    @valuesplits=split(/[ \t +]/,$times[$i]);
    $valuesplit=$valuesplits[1];
chomp($valuesplit);
    print OUTFILE "$time $valuesplit\n";
    $lock=1;
}
#chomp($sen_line);
@timesplit=split(/[ \t +]/,$times[$i+1]);
$temp_time1=$timesplit[0];
@timesplit=split(/[ \t +]/,$times[$i]);
$temp_time2=$timesplit[0];
$time=($temp_time1-$temp_time2)+$time;
#$time=$timesplit[0];
@valuesplits=split(/[ \t +]/,$times[$i+1]);
$valuesplit=$valuesplits[1];
chomp($valuesplit);
print OUTFILE "$time $valuesplit\n";
#print "$time\n";

}

close(OUTFILE);

unless (open (INFILE, "<final_jitter"))
{

        die ("cannot open input file outfile\n");

}

}
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
unless (open (OUTFILE, ">timed_final_jitter"))
{

    die ("cannot open input file outfile\n");

}

my (@times) = <INFILE>;
close(INFILE);
$time=0;
$lock=0;
for ($i=0;$i<@times-1;$i++)
{

    if ($lock==0)
    {
        @valuesplits=split(/\t +/,$times[$i]);
        $valuesplit=$valuesplits[1];
        chomp($valuesplit);
        print OUTFILE "$time $valuesplit\n";
        $lock=1;
    }
    #chomp($sen_line);
    @timesplit=split(/\t +/,$times[$i+1]);
    $temp_time1=$timesplit[0];
    @timesplit=split(/\t +/,$times[$i]);
    $temp_time2=$timesplit[0];
    $time=($temp_time1-$temp_time2)+$time;
    #$time=$timesplit[0];
    @valuesplits=split(/\t +/,$times[$i+1]);
    $valuesplit=$valuesplits[1];
    chomp($valuesplit);
    print OUTFILE "$time $valuesplit\n";
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
#print "$time\n";

}

close(OUTFILE);

$elapsed_sec = time - $start;

my $second = $elapsed_sec%60;
my $minute = ($elapsed_sec/60)%60;
my $hour = ($elapsed_sec/(60*60))%24;
print "Total Time elapsed: $hour hours:$minute min:$second sec\n";
```

8.3.8 Πρόγραμμα `ipn_all_jitter.pl`

```
# This program is free software; you can redistribute it and/or modify
# it under the terms of the GNU General Public License as published by
# the Free Software Foundation; either version 2 of the License, or
# (at your option) any later version.
#
# This program is distributed in the hope that it will be useful,
# but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty
of
# MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR
PURPOSE. See the
# GNU General Public License for more details.
#
# You should have received a copy of the GNU General Public License
# along with this program; if not, write to the Free Software
# Foundation, Inc., 59 Temple Place - Suite 330, Boston, MA 02111-1307,
USA.

#!/usr/bin/perl -w
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
unless (open (SENDER, "<sender_timestamp"))
{

    die ("cannot open input file outfile\n");

}

unless (open (RECEIVER, "<receiver_timestamp"))
{

    die ("cannot open input file outfile\n");

}

my (@sen_lines) = <SENDER>;
my (@rec_lines) = <RECEIVER>;
my($jitter);
my($counter);
my($avg_jitter);
my($sample_time);
my($min);
my($max);
$counter=0;
$jitter=0;
$avg_jitter=0;
$sample_time=0;
$max=-1;
$min=1000000;
close(SENDER);
close(RECEIVER);

unless (open (OUTFILE, ">jittervstime"))
{
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
die ("cannot open output file jittervstime\n");
```

```
}
```

```
$start = time;
```

```
# Jitter formula is  $D_i = \text{abs}(R_{(i)} - R_{(i-1)}) - (S_{(i)} - S_{(i-1)})$ 
```

```
#Avg jitter is  $\text{Sum}(D_i)/n$ 
```

```
for ($i=0;$i<@sen_lines-1;$i++)
```

```
{
```

```
    #print("Sender line $sen_lines[$i]\n");
```

```
    #print("Receiver line $rec_lines[$i]\n");
```

```
    $jitter=abs(($rec_lines[$i+1]-$rec_lines[$i])-( $S_{(i+1)} - S_{(i)}$ )-  
$sen_lines[$i])*1000;
```

```
    $avg_jitter+=$jitter;
```

```
    if ($min>$jitter)
```

```
    {
```

```
        $min=$jitter;
```

```
    }
```

```
    if ($max<$jitter)
```

```
    {
```

```
        $max=$jitter;
```

```
    }
```

```
    $sample_time=$rec_lines[$i+1]-$rec_lines[0];
```

```
    #print (" $sample_time $jitter\n");
```

```
    print OUTFILE " $sample_time $jitter\n";
```

```
    $counter++;
```

```
}
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
$avg_jitter=($avg_jitter/$counter);  
print ("Average Jitter is $avg_jitter ms. Max jitter is $max ms. Min jitter is  
$min ms\n");  
  
close(OUTFILE);  
  
$elapsed_sec = time - $start;  
  
my $second = $elapsed_sec%60;  
my $minute = ($elapsed_sec/60)%60;  
my $hour = ($elapsed_sec/(60*60))%24;  
print "Total Time elapsed: $hour hours:$minute min:$second sec\n";
```

8.3.9 Πρόγραμμα `ipn_all_one_way_delay.pl`

```
# This program is free software; you can redistribute it and/or modify  
# it under the terms of the GNU General Public License as published by  
# the Free Software Foundation; either version 2 of the License, or  
# (at your option) any later version.  
#  
# This program is distributed in the hope that it will be useful,  
# but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty  
of  
# MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR  
PURPOSE. See the  
# GNU General Public License for more details.  
#  
# You should have received a copy of the GNU General Public License  
# along with this program; if not, write to the Free Software  
# Foundation, Inc., 59 Temple Place - Suite 330, Boston, MA 02111-1307,  
USA.  
  
#!/usr/bin/perl -w
```


ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
unless (open (SENDER, "<sender_timestamp"))
{

    die ("cannot open input file outfile\n");

}

unless (open (RECEIVER, "<receiver_timestamp"))
{

    die ("cannot open input file outfile\n");

}

my (@sen_lines) = <SENDER>;
my (@rec_lines) = <RECEIVER>;
my($delay);
my($counter);
my($avg_delay);
my($sample_time);
my($min);
my($max);
$counter=0;
$delay=0;
$avg_delay=0;
$sample_time=0;
$max=-1;
$min=1000000;
close(SENDER);
close(RECEIVER);

unless (open (OUTFILE, ">one_way_delayvstime"))
{
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
die ("cannot open output file jittervstime\n");
```

```
}
```

```
$start = time;
```

```
# One way delay formula is  $D_i = \text{abs}(R_i - S_i)$ 
```

```
#Avg One way Delay is  $\text{Sum}(D_i)/n$ 
```

```
for ($i=0;$i<@sen_lines;$i++)
```

```
{
```

```
    #print("Sender line $sen_lines[$i]\n");
```

```
    #print("Receiver line $rec_lines[$i]\n");
```

```
    $delay=abs(($rec_lines[$i])-($sen_lines[$i]))*1000;
```

```
    $avg_delay+=$delay;
```

```
    if ($min>$delay)
```

```
    {
```

```
        $min=$delay;
```

```
    }
```

```
    if ($max<$delay)
```

```
    {
```

```
        $max=$delay;
```

```
    }
```

```
$sample_time=$rec_lines[$i]-$rec_lines[0];
```

```
#print (" $sample_time $jitter\n");
```

```
print OUTFILE "$sample_time $delay\n";
```

```
$counter++;
```

```
}
```

```
$avg_delay=($avg_delay/$counter);
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
print ("Average One way Delay is $avg_delay ms. Max One way Delay is  
$max ms. Min One way Delay is $min ms\n");
```

```
close(OUTFILE);
```

```
$elapsed_sec = time - $start;
```

```
my $second = $elapsed_sec%60;
```

```
my $minute = ($elapsed_sec/60)%60;
```

```
my $hour = ($elapsed_sec/(60*60))%24;
```

```
print "Total Time elapsed: $hour hours:$minute min:$second sec\n";
```

8.3.10 Πρόγραμμα `calc_mean.c`

```
#include <stdio.h>
```

```
#include <stdlib.h>
```

```
int
```

```
main() {
```

```
    FILE* f;
```

```
    char s[80], s2[80];
```

```
    int i=0, j=0, c=0;
```

```
    double n, sum=0;
```

```
    printf("----- Analysis Report ----- \n\n");
```

```
    if ((f = fopen("one_way_delayvstime", "r")) == NULL) {
```

```
        printf("File one_way_delayvstime not found!\n");
```

```
    } else {
```

```
        for (j=0,i=0,c=0,sum=0;;++c,j=0,i=0) {
```

```
            // printf("%d %d %f %f\n", i,j,sum,sum/c);
```

```
            fgets(s, 80, f);
```

```
            if (feof(f)) break;
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
while (s[i] != ' ') ++i;
while (s[i] != '\0') s2[j++] = s[i++];
s2[j] = '\0';

sum += atof(s2);
}
printf("One way delay average:\t\t%f\n", sum/c);
}

if ((f = fopen("jittervstime", "r")) == NULL) {
    printf("File jittervstime not found!\n");
} else {
    for (j=0,i=0,c=0,sum=0;;++c,j=0,i=0) {
//        printf("%d %d %f %f\n", i,j,sum,sum/c);
        fgets(s, 80, f);
        if (feof(f)) break;
        while (s[i] != ' ') ++i;
        while (s[i] != '\0') s2[j++] = s[i++];
        s2[j] = '\0';

        sum += atof(s2);
    }
    printf("Jitter average:\t\t%f\n", sum/c);
}

if ((f = fopen("timed_final_jitter", "r")) == NULL) {
    printf("File timed_final_jitter not found!\n");
} else {
    for (j=0,i=0,c=0,sum=0;;++c,j=0,i=0) {
//        printf("%d %d %f %f\n", i,j,sum,sum/c);
        fgets(s, 80, f);
        if (feof(f)) break;
        while (s[i] != ' ') ++i;
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
while (s[i] != '\0') s2[j++] = s[i++];
s2[j] = '\0';

sum += atof(s2);
}
printf("Smooth jitter average:\t\t%f\n", sum/c);
}

if ((f = fopen("lossvstime", "r")) == NULL) {
    printf("File lossvstime not found!\n");
} else {
    for (j=0,i=0,c=0,sum=0;;++c,j=0,i=0) {
//      printf("%d %d %f %f\n", i,j,sum,sum/c);
        fgets(s, 80, f);
        if (feof(f)) break;
        while (s[i] != '\t') ++i;
        while (s[i] != '\0') s2[j++] = s[i++];
        s2[j] = '\0';

        sum += atof(s2);
    }
    printf("Total losses:\t\t\t%d\n", (int)sum);
}

return 0;
}
```

8.3.11 Πρόγραμμα losses.gpl

```
set xlabel "time (sec)"
set ylabel "Lost Packets"
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
set format x "%.0f"  
set format y "%.0f"  
set yrange [0:*]  
set xdata time  
set nokey  
  
set terminal postscript eps 22  
set size 1,1; set term post landscape color "Times-Roman" 14  
set output "losses.eps"  
plot "lossvstime" using ($1-946684800.0):2 with points pointtype 5  
pointsize 1;
```

8.3.12 Πρόγραμμα onewaydelay.gpl

```
set xlabel "Time (sec)"  
set ylabel "One Way Delay (ms)"  
set format x "%.0f"  
set format y "%.0f"  
set xdata  
set ydata  
set grid  
set mxtics 6  
set mytics 6  
set autoscale  
set nokey  
set origin 0,0  
  
set terminal postscript eps 22  
set size 1,1; set term post landscape color "Times-Roman" 14  
set output "one_way.eps"  
plot "one_way_delayvstime" with dots lt -1 ;
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

8.3.13 Πρόγραμμα jitter.gpl

```
set xlabel "Time (sec)"
set ylabel "Inter-arrival Jitter (ms)"
set format x "%.0f"
set format y "%.0f"

set xdata
set ydata
set grid
set mxtics 6
set mytics 6
set autoscale
set nokey
set origin 0,0

set terminal postscript eps 22
set size 1,1; set term post landscape color "Times-Roman" 14
set output "jitter.eps"
plot "jitter.vstime" with line lt -1 lw -1 ;
```

8.3.14 Πρόγραμμα jitter_smooth.gpl

```
set xlabel "Time (sec)"
set ylabel "Inter-arrival Jitter (ms)"
set format x "%.0f"
set format y "%.0f"

set xdata
set ydata
set grid
set mxtics 6
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
set mytics 6
set autoscale
set nokey
#set xrange [0:180]
#set yrange [0:5]

set origin 0,0

set terminal postscript eps 22
set size 1,1; set term post landscape color "Times-Roman" 14
set output "smooth_jitter.eps"
plot "timed_final_jitter" with line lt -1 lw -1 ;
```

8.3.15 Πρόγραμμα udp_ip_all_full_analysis

```
#!/bin/bash

CUR_PATH=`pwd`;
DATA_PATH="$CUR_PATH/data";
PERL_PATH="$CUR_PATH/perl";

if [ -d $DATA_PATH ]
then
    cd $DATA_PATH;

    echo -e "\n\n_____ Starting Analysis!
_____ \n";

    for i in $( ls );
    do
        echo -e "\n\t__ Entering directory: $i ____";
        cd $i;
        if [ -f rx ] && [ -f tx ]
```


ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
then
echo ok;
    echo -e "\n\t\t___ Converting files with tcpdump.
___\n";

    tcpdump -tt -vv -n -r tx > udp_sender.txt
    tcpdump -tt -vv -n -r rx > udp_receiver.txt
    echo -e "\n\t\t___ Checking for duplicate packets.
___\n";

    perl $PERL_PATH/ipv4_replicid.pl;
    echo -e "\n\t\t___ Running ipv4_createendfiles.pl
___\n";

    perl $PERL_PATH/ipv4_createendfiles.pl;
    echo -e "\n\t\t___ Calculating losses. ___\n";
    perl $PERL_PATH/ipv_all_losses.pl;
    echo -e "\n\t\t___ Calculating data rate ___\n";
    perl $PERL_PATH/ipv_all_sender_receiver_rate.pl;
    echo -e "\n\t\t___ Alligning packets to calculate jitter
___\n";

    perl $PERL_PATH/ipv_all_align_for_delay_jitt.pl;
    echo -e "\n\t\t___ Creating time files. ___\n";
    perl $PERL_PATH/ipv_all_timestamp.pl;
    echo -e "\n\t\t___ Calculating smoothed jitter. ___\n";
    perl $PERL_PATH/ipv_all_inter_arrival_jitter.pl;
    echo -e "\n\t\t___ Calculating one-way delay. ___\n";
    perl $PERL_PATH/ipv_all_one_way_delay.pl;
    echo -e "\n\t\t___ Calculating jitter. ___\n";
    perl $PERL_PATH/ipv_all_jitter.pl;
    $PERL_PATH/calc_mean >report;

else
    echo "WARNING: Cannot locate 'rx' and/or 'tx' files in
directory $i!";
fi
echo -e "\n\t___ Leaving directory: $i ___\n";
```

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

```
cd ..;
done

echo -e "\n\n_____ Analysis finished!
_____ \n";
else
echo "ERROR: Cannot find 'data' directory!";
fi
```