

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

# ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ II



*Ευριπίδης Μπαλτζής*  
8196

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2013

# Πίνακας Περιεχομένων

Πίνακας Περιεχομένων .....	2
1 Εισαγωγικά .....	5
1.1 Στόχος του εγγράφου.....	5
2 Το Πρωτόκολλο UDP .....	6
2.1 Δομή UDP πακέτου.....	6
2.2 Μορφή UDP πακέτου στο IPv4.....	8
2.3 Μορφή UDP πακέτου στο IPv6.....	9
2.4 Εφαρμογές του UDP πρωτοκόλλου .....	10
2.5 Διαφορές μεταξύ TCP και UDP .....	11
3 Audio Streaming .....	13
3.1 Υλοποίηση εφαρμογών για Audio Streaming .....	14
3.1.1 Το πρωτόκολλο RTSP.....	14
3.1.2 Το πρωτόκολλο RTP.....	15
3.1.3 Το πρωτόκολλο RTCP .....	15
3.1.4 Το πρωτόκολλο TCP.....	15
3.1.5 Το πρωτόκολλο Unicast.....	17
3.1.6 Το πρωτόκολλο Multicast .....	17
3.1.7 Το πρωτόκολλο IP Multicast.....	18
3.1.8 Το πρωτόκολλο P2P.....	18
4 Ρυθμίσεις της διάταξης ADSL .....	19
5 Η Εφαρμογή.....	22
5.1 Η κλάση NetworkComm .....	23
5.2 Η μέθοδος ECHO (int min) .....	23
5.3 Η μέθοδος ECHO_noDelay (int min).....	23
5.4 Η μέθοδος image (int camera).....	24
5.5 Η μέθοδος getTemp () .....	24
5.6 Η μέθοδος Audio (int numofpack, int song).....	25
5.7 Η μέθοδος getdpcm (int numofpack, int song).....	25
5.8 Η μέθοδος getaqdpcm (int numofpack, int song) .....	25
6 Γενική περιγραφή των μετρήσεων.....	26
7. Session #1.....	28
7.1 Πακέτα Echo_Request με τυχαία καθυστέρηση.....	28
7.1.1 Χρόνος Απόκρισης.....	28
7.1.2 Ρυθμαπόδοση με SMA ανά 32sec.....	29
7.1.3 Συχνότητα εμφάνισης τιμών χρόνου απόκρισης.....	29
7.1.4 Συχνότητα εμφάνισης τιμών ρυθμαπόδοσης .....	30

7.2	Πακέτα Echo_Request χωρίς καθυστέρηση .....	30
7.2.1	Χρόνος Απόκρισης.....	31
7.2.2	Ρυθμαπόδοση με SMA ανά 32sec.....	31
7.2.3	Συχνότητα εμφάνισης τιμών χρόνου απόκρισης.....	32
7.2.4	Συχνότητα εμφάνισης τιμών ρυθμαπόδοσης .....	32
7.3	Λήψη εικόνων .....	33
7.4	Θερμοκρασίες Εγνατίας Οδού .....	34
7.5	Πακέτα Ήχου – DPCM.....	34
7.5.1	Τιμές Δειγμάτων .....	34
7.5.2	Κατανομή τιμών δειγμάτων .....	35
7.5.3	Κατανομή τιμών διαφορών.....	35
7.5.4	Τμήμα κυματομορφής από Frequency Generator .....	36
7.5.5	Τιμές συχνοτήτων κυματομορφής από FG .....	36
7.6	Πακέτα Ήχου – AQDPCM .....	37
7.6.1	Τιμές δειγμάτων .....	37
7.6.2	Κατανομή τιμών δειγμάτων .....	37
7.6.3	Κατανομή τιμών διαφορών.....	38
7.6.4	Μέση τιμή του προσαρμοζόμενου κβαντιστή – Τραγούδι #2.....	38
7.6.5	Μέση τιμή του προσαρμοζόμενου κβαντιστή – Τραγούδι #5.....	39
7.6.6	Βήμα του προσαρμοζόμενου κβαντιστή – Τραγούδι #2.....	39
7.6.7	Βήμα το προσαρμοσμένου κβαντιστή – Τραγούδι #5 .....	40
8.	Session #2.....	41
8.1	Πακέτα Echo_Request με τυχαία καθυστέρηση .....	41
8.1.1	Χρόνος Απόκρισης.....	42
8.1.2	Ρυθμαπόδοση με SMA ανά 32sec.....	42
8.1.3	Συχνότητα εμφάνισης τιμών χρόνου απόκρισης.....	43
8.1.4	Συχνότητα εμφάνισης τιμών ρυθμαπόδοσης .....	43
8.2	Πακέτα Echo_Request χωρίς καθυστέρηση.....	44
8.2.1	Χρόνος Απόκρισης.....	44
8.2.2	Ρυθμαπόδοση με SMA ανά 32sec.....	45
8.2.3	Συχνότητα εμφάνισης τιμών χρόνου απόκρισης.....	45
8.2.4	Συχνότητα εμφάνισης τιμών ρυθμαπόδοσης .....	46
8.3	Λήψη εικόνων .....	47
8.4	Θερμοκρασίες Εγνατίας Οδού.....	48
8.5	Πακέτα Ήχου – DPCM .....	48
8.5.1	Τιμές Δειγμάτων .....	48
8.5.2	Κατανομή τιμών δειγμάτων .....	49
8.5.3	Κατανομή τιμών διαφορών.....	49
8.5.4	Τμήμα κυματομορφής από Frequency Generator .....	50
8.5.5	Τιμές συχνοτήτων κυματομορφής από FG .....	50
8.6	Πακέτα Ήχου – AQDPCM .....	51

8.6.1	Τιμές δειγμάτων .....	51
8.6.2	Κατανομή τιμών δειγμάτων .....	51
8.6.3	Κατανομή τιμών διαφορών .....	52
8.6.4	Μέση τιμή του προσαρμοζόμενου κβαντιστή – Τραγούδι #25 .....	52
8.6.1	Βήμα το προσαρμοσμένου κβαντιστή – Τραγούδι #25 .....	53
8.6.1	Μέση τιμή του προσαρμοζόμενου κβαντιστή – Τραγούδι #28 .....	53
8.6.2	Βήμα το προσαρμοσμένου κβαντιστή – Τραγούδι #28 .....	54

# 1 Εισαγωγικά

Το έγγραφο αυτό αποτελεί την αναφορά της εργασίας που δόθηκε στο μάθημα των Δικτύων Υπολογιστών II.

Αποτελεί ένα ολοκληρωμένο έγγραφο στο οποίο παρουσιάζονται θέματα που αφορούν την επικοινωνία μεταξύ 2 απομακρυσμένων τερματικών με βάση συγκεκριμένα πρωτόκολλα, την υλοποίηση της συγκεκριμένης εργασίας σε περιβάλλον Java, καθώς και τα αποτελέσματα των διαφόρων μετρήσεων και αποτελεσμάτων που εκλάβαμε.

## 1.1 Στόχος του εγγράφου

Στόχος της εργασίας είναι η υλοποίηση μιας εφαρμογής δικτυακού προγραμματισμού στην γλώσσα Java, για επικοινωνία με τον server Ιθάκη και μεταφορά πακέτων. Στα πλαίσια της εργασίας καλούμαστε να εκλάβουμε διάφορες μετρήσεις που αφορούν την μετάδοση πακέτων μεταξύ των 2 τερματικών και οι οποίες αφορούν το δίκτυο.

Ακόμη η εργασία στοχεύει στην εξοικείωση του προγραμματιστή με το δικτυακό περιβάλλον και τον τρόπο με τον οποίο συντελείται η επικοινωνία μεταξύ δύο υπολογιστών στα σύγχρονα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα.

Στα πλαίσια της εργασίας η επικοινωνία μεταξύ των 2 τερματικών συντελείται με βάση το πρωτόκολλο UDP (User Datagram Protocol).

## 2 Το Πρωτόκολλο UDP

Το πρωτόκολλο **User Datagram Protocol (UDP)** είναι ένα από τα βασικά πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται στο Διαδίκτυο. Μία εναλλακτική ονομασία του πρωτοκόλλου είναι **Universal Datagram Protocol**. Διάφορα προγράμματα χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο UDP για την αποστολή σύντομων μηνυμάτων (γνωστών και ως datagrams) από τον έναν υπολογιστή στον άλλον μέσα σε ένα δίκτυο υπολογιστών.

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του UDP είναι ότι δεν εγγυάται αξιόπιστη επικοινωνία. Τα πακέτα UDP που αποστέλλονται από έναν υπολογιστή μπορεί να φτάσουν στον παραλήπτη με λάθος σειρά, διπλά ή να μην φτάσουν καθόλου εάν το δίκτυο έχει μεγάλο φόρτο. Αντιθέτως, το πρωτόκολλο TCP διαθέτει όλους τους απαραίτητους μηχανισμούς ελέγχου και επιβολής της αξιοπιστίας και συνεπώς μπορεί να εγγυηθεί την αξιόπιστη επικοινωνία μεταξύ των υπολογιστών. Η έλλειψη των μηχανισμών αυτών από το πρωτόκολλο UDP το καθιστά αρκετά πιο γρήγορο και αποτελεσματικό, τουλάχιστον για τις εφαρμογές εκείνες που δεν απαιτούν αξιόπιστη επικοινωνία.

Οι εφαρμογές audio και video streaming χρησιμοποιούν κατά κόρον πακέτα UDP. Για τις εφαρμογές αυτές είναι πολύ σημαντικό τα πακέτα να παραδοθούν στον παραλήπτη σε σύντομο χρονικό διάστημα ούτως ώστε να μην υπάρχει διακοπή στην ροή του ήχου ή της εικόνας. Κατά συνέπεια προτιμάται το πρωτόκολλο UDP διότι είναι αρκετά γρήγορο, παρόλο που υπάρχει η πιθανότητα μερικά πακέτα UDP να χαθούν. Στην περίπτωση που χαθεί κάποιο πακέτο, οι εφαρμογές αυτές διαθέτουν ειδικούς μηχανισμούς διόρθωσης και παρεμβολής ούτως ώστε ο τελικός χρήστης να μην παρατηρεί καμία αλλοίωση ή διακοπή στην ροή του ήχου και της εικόνας λόγω του χαμένου πακέτου. Σε αντίθεση με το πρωτόκολλο TCP, το UDP υποστηρίζει broadcasting, δηλαδή την αποστολή ενός πακέτου σε όλους τους υπολογιστές ενός δικτύου, και multicasting, δηλαδή την αποστολή ενός πακέτου σε κάποιους συγκεκριμένους υπολογιστές ενός δικτύου. Η τελευταία δυνατότητα χρησιμοποιείται πολύ συχνά στις εφαρμογές audio και video streaming ούτως ώστε μία ροή ήχου ή εικόνας να μεταδίδεται ταυτόχρονα σε πολλούς συνδρομητές.

Μερικές σημαντικές εφαρμογές που χρησιμοποιούν πακέτα UDP είναι οι εξής: Domain Name System (DNS), IPTV, Voice over IP (VoIP), Trivial File Transfer Protocol (TFTP) και τα παιχνίδια που παίζονται ζωντανά μέσω του Διαδικτύου.

### 2.1 Δομή UDP πακέτου

Η δομή ενός πακέτου UDP περιγράφεται αναλυτικά στο αντίστοιχο πρότυπο IETF RFC 768. Στην σουίτα πρωτοκόλλων του Διαδικτύου, το UDP βρίσκεται ανάμεσα στο επίπεδο δικτύου (network layer) και στο επίπεδο συνόδου (session layer) ή εφαρμογών (application layer).

OSI Model			
	Data unit	Layer	Function
Host layers	Data	7. Application	Network process to application
		6. Presentation	Data representation, encryption and decryption, convert machine dependent data to machine independent data
		5. Session	Interhost communication, managing sessions between applications
	Segments	4. Transport	End-to-end connections, reliability and flow control
Media layers	Packet/Datagram	3. Network	Path determination and logical addressing
	Frame	2. Data link	Physical addressing
	Bit	1. Physical	Media, signal and binary transmission

**Figure 1: Description of OSI layers**

Κάθε πακέτο UDP έχει μία κεφαλίδα (header) που αναφέρει τα χαρακτηριστικά του. Η κεφαλίδα περιλαμβάνει μονάχα 4 πεδία, τα οποία είναι πολύ λίγα εάν συγκριθούν με άλλα πρωτόκολλα, όπως το TCP. Δύο από τα τέσσερα πεδία είναι προαιρετικά (φαίνονται χρωματισμένα με ροζ).

+	Bits 0 - 15	16 - 31
0	Source Port	Destination Port
32	Length	Checksum
64	Data	

**Figure 2: UDP Packet Structure**

Ακολουθεί μία συνοπτική εξήγηση των πεδίων:

### **Source port**

Η πόρτα του αποστολέα από την οποία προήλθε το πακέτο. Εάν ο παραλήπτης επιθυμεί να στείλει κάποια απάντηση, θα πρέπει να την στείλει στην πόρτα αυτήν. Το συγκεκριμένο πεδίο δεν είναι υποχρεωτικό και στις περιπτώσεις που δεν χρησιμοποιείται θα πρέπει να έχει την τιμή μηδέν.

### Destination port

Η πόρτα του παραλήπτη στην οποία θα πρέπει να παραδοθεί το πακέτο.

### Length

Το πεδίο αυτό έχει μέγεθος 16-bit και περιλαμβάνει το μέγεθος του πακέτου σε bytes. Το μικρότερο δυνατό μέγεθος είναι 8 bytes, αφού η κεφαλίδα αυτή καθ' αυτή καταλαμβάνει τόσο χώρο. Θεωρητικά, το μέγεθος του UDP πακέτου δεν μπορεί να ξεπερνάει τα 65,527 bytes, αλλά πρακτικά το όριο μειώνεται στα 65,507 bytes λόγω διαφόρων περιορισμών που εισάγει το πρωτόκολλο IPv4 στο επίπεδο δικτύου.

### Checksum

Ένα πεδίο 16-bit το οποίο χρησιμοποιείται για επαλήθευση της ορθότητας του πακέτου στο σύνολό του, δηλαδή τόσο της κεφαλίδας όσο και των δεδομένων.

Στην συνέχεια το πακέτο UDP περνάει στο επίπεδο δικτύου, το οποίο αναλαμβάνει να το μεταδώσει στο δίκτυο υπολογιστών. Το επίπεδο αυτό τοποθετεί μία ακόμη κεφαλίδα στο πακέτο, η οποία διαφέρει ανάλογα με την έκδοση του πρωτοκόλλου που χρησιμοποιείται στο επίπεδο δικτύου (IPv4 ή IPv6).

## 2.2 Μορφή UDP πακέτου στο IPv4

Για IPv4, το πακέτο λαμβάνει την ακόλουθη μορφή:

+	Bits 0 - 7	8 - 15	16 - 23	24 - 31
0	Source address			
32	Destination address			
64	Zeros	Protocol	UDP length	
96	Source Port		Destination Port	
128	Length		Checksum	
160	Data			



Ακολουθεί μία συνοπτική εξήγηση των πεδίων:

### Source Address, Destination Address

Οι διευθύνσεις IP του αποστολέα και του παραλήπτη αντίστοιχα.

### Zeros

Μία ακολουθία μηδενικών, η οποία δεν παίζει κανέναν ρόλο κατά την μετάδοση του πακέτου.

### Protocol

Ένας χαρακτηριστικός αριθμός που αντιστοιχεί στο πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται. Για το UDP η τιμή που παίρνει το πεδίο αυτό είναι 17.

### UDP Length

Το συνολικό μέγεθος του πακέτου UDP.

## 2.3 Μορφή UDP πακέτου στο IPv6

Για **IPv6**, το πακέτο παίρνει την εξής μορφή:

+	Bits 0 - 7	8 - 15	16 - 23	24 - 31
0	Source address			
32				
64				
96				
128	Destination address			
160				
192				
256				
288	UDP length			
320	Zeros			Next Header
352	Source Port		Destination Port	
384	Length		Checksum	
416	Data			

Ακολουθεί μία συνοπτική εξήγηση των πεδίων:

#### **Source Address, Destination Address**

Οι διευθύνσεις IP του αποστολέα και του παραλήπτη αντίστοιχα, οι οποίες όμως στην περίπτωση αυτή είναι τύπου IPv6, δηλαδή πολύ μεγαλύτερες (IPv4 - 32bit, IPv6 - 128bit).

#### **UDP Length**

Το συνολικό μέγεθος του πακέτου UDP, όπως και προηγουμένως.

#### **Zeros**

Μία ακολουθία μηδενικών, η οποία δεν παίζει κανέναν ρόλο κατά την μετάδοση του πακέτου.

#### **Next Header**

Το πεδίο αυτό παίρνει μία τιμή που είναι χαρακτηριστική για το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται. Στην περίπτωση του UDP, η τιμή αυτή είναι 17.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση IPv6 το πεδίο checksum του UDP πακέτου δεν είναι πλέον προαιρετικό, αλλά θα πρέπει υποχρεωτικά να συμπληρωθεί.

## **2.4 Εφαρμογές του UDP πρωτοκόλλου**

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο UDP θα πρέπει να μπορούν να δεχτούν κάποια απώλεια πακετων ή διάφορα σφάλματα στα πακέτα τα οποία στέλνουν. Μερικές εφαρμογές, όπως για παράδειγμα το Trivial File Transfer Protocol (TFTP) υλοποιούν δικούς τους μηχανισμούς διασφάλισης της αξιοπιστίας της επικοινωνίας. Πάντως, τις περισσότερες φορές οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν το UDP δεν επιβάλλουν επιπρόσθετους μηχανισμούς αξιοπιστίας διότι θα παρεμποδίζονται από αυτούς και χειροτερεύει η απόδοσή τους. Κλασικό παράδειγμα τέτοιων προγραμμάτων είναι οι εφαρμογές πραγματικού χρόνου (πχ. media streaming, παιχνίδια στο διαδίκτυο, VoIP κτλ). Στην περίπτωση πάντως που μία εφαρμογή χρειάζεται αξιόπιστη μετάδοση δεδομένων, δηλαδή η πλειοψηφία των εφαρμογών του διαδικτύου, θα προτιμήσει να χρησιμοποιήσει το πρωτόκολλο TCP αντί του UDP.

Σε ένα τυπικό δίκτυο υπολογιστών, η κίνηση που προέρχεται από την μετάδοση UDP πακέτων ανέρχεται σε ένα αρκετά μικρό ποσοστό. Παρόλα αυτά όμως, το πρωτόκολλο αυτό το χρησιμοποιούν πολύ σημαντικές εφαρμογές, στην σωστή λειτουργία των οποίων βασίζεται το διαδίκτυο. Τέτοιες εφαρμογές είναι για παράδειγμα οι εξής: Domain Name System (DNS),

Simple Network Management Protocol (SNMP), Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) και το Routing Information Protocol (RIP)

## 2.5 Διαφορές μεταξύ TCP και UDP

Το πρωτόκολλο TCP λειτουργεί εγκαθιδρύοντας συνδέσεις μεταξύ του αποστολέα και του παραλήπτη των πακέτων. Από την στιγμή που μία σύνδεση εγκαθιδρυθεί με επιτυχία, όλα τα δεδομένα αποστέλλονται από τον έναν υπολογιστή στον άλλο με την μορφή πακέτων χρησιμοποιώντας την σύνδεση αυτή. Τα κύρια **χαρακτηριστικά του TCP** είναι τα εξής:

- **Αξιοπιστία** - Το TCP χρησιμοποιεί διάφορους μηχανισμούς ούτως ώστε να διασφαλιστεί ότι τα πακέτα που μεταδίδονται από τον αποστολέα θα φτάσουν σίγουρα στον παραλήπτη και στην σωστή σειρά. Οι μηχανισμοί αυτοί περιλαμβάνουν την επιβεβαίωση λήψης πακέτου από τον παραλήπτη, την επαναποστολή πακέτων που χάθηκαν και τον καθορισμό ενός ελάχιστου χρονικού διαστήματος μέσα στο οποίο κάθε αποστελλόμενο πακέτο θα πρέπει να έχει παραληφθεί (timeout). Στην περίπτωση που χαθεί κάποιο πακέτο, ο αποστολέας προσπαθεί και πάλι να το ξαναστείλει. Επίσης, εάν ο παραλήπτης διαπιστώσει ότι ένα πακέτο δεν του έχει έρθει, τότε θα ζητήσει από τον αποστολέα να του το ξαναστείλει.
- **Σειρά πακέτων** - Εάν δύο πακέτα αποσταλούν σε μία σύνδεση το ένα μετά το άλλο, τότε το πρωτόκολλο TCP εγγυάται ότι θα φτάσουν στον παραλήπτη με την ίδια σειρά με την οποία στάλθηκαν. Στην περίπτωση που λείπει ένα πακέτο και έρθουν μελλοντικά πακέτα, τότε αυτά κατακρατούνται στην προσωρινή μνήμη (buffer) μέχρις ότου φτάσει το πακέτο που λείπει. Τότε αναδιατάσσονται και εμφανίζονται με την σωστή σειρά στον παραλήπτη
- **Βαρύτητα** - Το πρωτόκολλο TCP θεωρείται ιδιαίτερα βαρύ, δεδομένου του γεγονότος ότι χρειάζονται τουλάχιστον 3 πακέτα για την εγκαθίδρυση της σύνδεσης, πριν ακόμη μεταδοθεί οποιοδήποτε πακέτο δεδομένων. Επίσης, οι μηχανισμοί αξιοπιστίας που υλοποιεί το κάνουν ακόμη πιο βαρύ, πράγμα που έχει φυσικά σημαντικό αντίκτυπο στην ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων.

Το UDP είναι ένα πιο απλό και ελαφρύ πρωτόκολλο, στο οποίο δεν υπάρχει η έννοια της σύνδεσης. Κάθε πακέτο UDP διανύει το δίκτυο ως μία ξεχωριστή αυτόνομη μονάδα και όχι ως μία σειρά πακέτων σε μία σύνδεση, όπως στο TCP. Τα κύρια **χαρακτηριστικά του UDP** είναι τα εξής:

- **Αναξιόπιστο** - Κατά την αποστολή ενός πακέτου, ο αποστολέας δεν είναι σε θέση να γνωρίζει εάν το πακέτο θα φτάσει σωστά στον προορισμό του ή εάν θα χαθεί μέσα στο δίκτυο. Δεν έχει προβλεφθεί η δυνατότητα επιβεβαίωσης λήψης πακέτου από τον παραλήπτη, ούτε η επαναμετάδοση ενός χαμένου πακέτου.

- **Δεν υπάρχει σειρά** - Τα πακέτα UDP, σε αντίθεση με το TCP, δεν αριθμούνται και κατά συνέπεια δεν υπάρχει κάποια συγκεκριμένη σειρά με την οποία θα πρέπει να φτάσουν στον παραλήπτη.
- **Ελαφρύ** - Το πρωτόκολλο αυτό καθ' αυτό είναι πολύ ελαφρύ σε σύγκριση με το TCP διότι δεν εφαρμόζει όλους τους μηχανισμούς αξιόπιστης επικοινωνίας που υπάρχουν στο δεύτερο. Αυτό έχει ως συνέπεια να είναι αρκετά πιο γρήγορο.
- **Datagrams** - Κάθε πακέτο UDP ονομάζεται επίσης και "datagram", θεωρείται δε ως μεμονωμένη οντότητα που θα πρέπει να μεταδοθεί ολόκληρη. Κατά συνέπεια δεν υφίσταται η έννοια της διοχέτευσης πακέτων μέσα σε ένα κανάλι/σύνδεση.

### 3 Audio Streaming

Το “audio streaming” ανήκει στην ευρύτερη κατηγορία ονόματι “streaming media”. Η γενικευμένη αυτή κατηγορία, πέρα από το “audio streaming” (μετάδοση ήχου), περιλαμβάνει και το “video streaming” (μετάδοση video). Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για πολυμέσα (εικόνα, ήχος, βίντεο) τα οποία συνεχώς λαμβάνονται και παρουσιάζονται στον τελικό χρήστη (end-user), ενώ ταυτόχρονα αποστέλλονται μέσω ενός streaming provider (αναμεταδότη). Σύμφωνα με την ιδέα του streaming, ο browser (φυλλομετρητής) ή ένα plug-in (επιπρόσθετη εφαρμογή) μπορεί να αρχίσει να αναπαράγει τα δεδομένα που λαμβάνονται, πριν γίνει η τελική λήψη του αρχείου. Κλασικό παράδειγμα αποτελεί η internet tv (διαδικτυακή τηλεόραση). Επίσης, ένα άλλο κλασικό παράδειγμα είναι και οι πίνακες μετοχών στα χρηματιστήρια, που μεταδίδουν σε ζωντανή ροή (streaming) τις τιμές των μετοχών. Η ιδέα του streaming δεν είναι πρόσφατη. Μας πηγαίνει αρκετά πίσω, στα μισά του προηγούμενου αιώνα, όταν υπήρξαν και οι ιδέες ζωντανής, συνεχούς ροής δεδομένων. Ωστόσο, εκείνη την εποχή κάτι τέτοιο απαιτούσε εξαιρετικά προηγμένη τεχνολογία αλλά και μεγάλη επένδυση σε χρήματα. Η ιδέα αυτή άρχισε να καλλιεργείται ακόμη περισσότερο στα μέσα της δεκαετίας του 80', με την εμφάνιση των πρώτων προσωπικών υπολογιστών. Η ουσιαστική είσοδός τους όμως στην αγορά συντελέστηκε από τα μέσα της δεκαετίας του 90' και έπειτα. Οι λόγοι που συνέβη ήταν οι εξής:

- **Πολύ μεγαλύτερο εύρος ζώνης (bandwidth)** στο internet. Ουσιαστικά αυξήθηκαν οι ταχύτητες, με αποτέλεσμα η όλη ιδέα της αναπαραγωγής εν μέσω κατεβάσματος (downloading) να είναι πλέον εφικτή. Σκεφτείτε ότι μία εικόνα (frame) ενός video, σε αρκετά χαμηλή ανάλυση, είναι μερικά kb's. Αν σκεφτούμε ότι ανά δευτερόλεπτο απαιτείται αρκετά μεγάλος αριθμός σε frames για τη μετάδοση συνεχούς ροής video, καταλαβαίνετε γιατί χρειαζόμαστε αποκλειστικά ευρυζωνικές συνδέσεις στο διαδίκτυο (xDSL).
- **Καθιέρωση συγκεκριμένων πρωτόκολλων** στο internet, όπως TCP/IP, HTML, HTTP. Πριν από αυτά, δεν υπήρχε καν το θεωρητικό υπόβαθρο για το πώς μπορεί να στηθεί μια τέτοια πλατφόρμα. Η είσοδος του πρωτόκολλου HTTP σε συνδυασμό με την HTML, αλλά και της θεωρίας TCP/IP για την επικοινωνία του φυσικού δικτυακού υλικού του υπολογιστή με τις αντίστοιχες εφαρμογές, οδήγησε σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα, έτοιμο πλέον να υποδεχτεί τις απαιτήσεις του streaming.
- **Εμπορευματοποίηση** του διαδικτύου. Οι διαφημιστικές εταιρίες που έλαβαν ενεργό ρόλο στην εξάπλωση του διαδικτύου, έψαχναν τρόπους διεύρυνσης των εσόδων τους. Η ιδέα αλλά και η υλοποίηση του streaming ήταν πολύ έξυπνη, καθώς πλέον ο χρήστης παράλληλα με την αναπαραγωγή του βίντεο του ή του τραγουδιού του, έβλεπε και τις διαφημίσεις.

### 3.1 Υλοποίηση εφαρμογών για Audio Streaming

Η υλοποίηση του streaming επιτυγχάνεται με την χρήση συγκεκριμένων πρωτόκολλων. Ένα από τα πιο γνωστά που έχουν αναφερθεί και νωρίτερα είναι το UDP, που ανήκει στην κατηγορία των datagram protocols. Σύμφωνα με την αρχή λειτουργίας του, το προς μετάδοση αρχείο τεμαχίζεται σε μια σειρά από μικρά πακέτα. Αυτό είναι απλό και αποδοτικό. Ωστόσο, δεν υπάρχει μηχανισμός μέσα στο συγκεκριμένο πρωτόκολλο που να εγγυείται τη σίγουρη μετάδοση των πακέτων στον παραλήπτη, χωρίς σφάλματα. Επαφίεται στην εφαρμογή που τρέχει ο λήπτης ο εντοπισμός χαμένων ή κατακερματισμένων αρχείων. Εφόσον εντοπιστούν αυτά, είναι και πάλι ευθύνη της εκάστοτε εφαρμογής η επαναφορά της χαμένης πληροφορίας μέσω τεχνικών επιδιόρθωσης σφαλμάτων (error correction). Όλη αυτή η διαδικασία συμβαίνει καθώς σε περίπτωση που δεδομένα χαθούν και δεν αναπληρωθούν, το stream, η συνεχής αυτή ροή δηλαδή, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να σταματήσει. Ανάμεσα σε άλλα, πολύ γνωστά είναι τα εξής πρωτόκολλα:

- RTSP (Real Time Streaming Protocol)
- RTP (Real (Time) Transport Protocol)
- RTCP (Real Time Transport Control Protocol)
- TCP (Transmission Control Protocol)
- Unicast
- Multicast
- IP Multicast
- Peer-to-Peer (P2P)

#### 3.1.1 Το πρωτόκολλο RTSP

Το Real Time Streaming Protocol (RTSP) είναι ένα δικτυακό πρωτόκολλο σχεδιασμένο για την διεκπεραίωση ψυχαγωγικών και τηλεπικοινωνιακών συστημάτων και για τον έλεγχο των διακομιστών (servers) του εκάστοτε τύπου streaming. Το πρωτόκολλο χρησιμοποιείται για την εγκαθίδρυση και τον έλεγχο συνεδριών (sessions) μεταξύ των δυο τελικών χρηστών (server-user). Οι πελάτες αυτών των servers έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιούν VCR-like εντολές, όπως “play” και “pause”, ώστε να επιτύχουν real-time (σε ζωντανό χρόνο) έλεγχο της αναπαραγωγής (playback) των αρχείων που βρίσκονται στον server. Η μετάδοση του streaming δεν είναι εξ’ ολοκλήρου δουλειά του συγκεκριμένου πρωτόκολλου. Όπως θα δούμε και παρακάτω, οι περισσότεροι RTSP servers χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο RTP (Real (Time) Transport Protocol), σε συνδυασμό με το RTCP (Real Time Control Protocol) για τη μετάδοση του streaming.

### 3.1.2 Το πρωτόκολλο RTP

Το RTP (Real (Time) Transport Protocol) είναι ένα δικτυακό πρωτόκολλο που καθορίζει τη συγκεκριμένη μορφή (format) των πακέτων για τη μετάδοση και αποστολή αρχείων ήχου, εικόνων, βίντεο, μέσω IP δικτύων. Το RTP χρησιμοποιείται κατά κόρον σε ψυχαγωγικά αλλά και τηλεπικοινωνιακά συστήματα που έχουν να κάνουν με streaming, όπως η τηλεφωνία, η τηλεδιάσκεψη, η καλωδιακή τηλεόραση (cable tv), το VoIP, κ.λπ. Το RTP χρησιμοποιείται, όπως θα δούμε και παρακάτω, σε συνδυασμό με το RTCP (Real Time Control Protocol). Ενώ το RTP μεταφέρει τη ροή του ήχου ή του βίντεο, το RTCP χρησιμοποιείται για την επίβλεψη των στατιστικών μεταφοράς αλλά και ποιότητας της παρεχόμενης υπηρεσίας (Quality of Service, QoS) και βοηθάει στο συγχρονισμό πολλαπλών streams. Το RTP αποστέλλεται αλλά και λαμβάνεται μέσω θυρών (ports) των οποίων ο αριθμός είναι άρτιος. Το RTCP από την άλλη χρησιμοποιεί τον αμέσως επόμενο μεγαλύτερο περιττό άκεραιο ως θύρα (port) από αυτόν που χρησιμοποιεί το RTP. Όπως και αναφέρθηκε, το RTP είναι από τα βασικά θεμέλια του VoIP (Voice over IP) και υπό αυτό το πλαίσιο χρησιμοποιείται συχνά σε συνδυασμό με ένα signaling protocol που βοηθά στην εγκαθίδρυση συν-δέσεων εντός του δικτύου.

### 3.1.3 Το πρωτόκολλο RTCP

Το RTCP (Real Time Control Protocol) είναι ένα αδελφό δικτυακό πρωτόκολλο με το RTP (Real (Time) Transport Protocol). Η βασική του λειτουργικότητα και δομή του καθορίζεται στο RFC 3550, RTP. Το RTCP παρέχει στατιστικά αλλά και πληροφορίες ελέγχου σχετικά με τη ροή του RTP. Συνοδεύει το RTP στην αποστολή και πακετοποίηση των αρχείων ήχου, εικόνας, βίντεο προς μετάδοση, αλλά δεν υποστηρίζει streaming το ίδιο από μόνο του. Τυπικά το RTP θα σταλεί σε πόρτα άρτιου αριθμού, με τα μηνύματα του RTCP να μεταφέρονται σε πόρτες του αμέσως επόμενου περιττού αριθμού, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως. Η βασική λειτουργία του RTCP είναι να παρέχει πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα της υπηρεσίας (QoS), στέλνοντας περιοδικά στατιστικά διαγράμματα και πληροφορίες στους συμμετέχοντες σε μια συνεδρία ροής δεδομένων (streaming). Το RTCP συγκεντρώνει στατιστικά σχετικά με μια σύνδεση όπως τα μεταδιδόμενα συνολικά πακέτα, τα χαμένα πακέτα, το θόρυβο (αν υπάρχει), αλλά και τον χρόνο καθυστέρησης στη μετάδοση. Μια εφαρμογή μπορεί να χρησιμοποιήσει αυτές τις πληροφορίες για να ελέγξει την ποιότητα των υπηρεσιών που προσφέρει και ανάλογα να προβεί σε διαδικασίες για τη βελτίωσή τους, όπως περιορισμός της ροής, ή της χρησιμοποίησης κάποιου άλλου codec. Το RTCP από μόνο του δεν παρέχει κάποια κρυπτογράφηση στη ροή και δεν απαιτεί γενικά κάποιον έλεγχο. Τέτοιοι μηχανισμοί είναι δυνατό να υλοποιηθούν, για παράδειγμα, μέσω του Secure Real (Time) Transport Protocol (SRTP), όπως αυτό ορίζεται στο RFC 3711.

### 3.1.4 Το πρωτόκολλο TCP

Το TCP (Transmission Control Protocol) είναι ένα δικτυακό πρωτόκολλο που αντιστοιχεί στην κατηγορία “transport” της σουίτας TCP/IP. Το TCP παρέχει επικοινωνία σε ένα ενδιάμεσο επίπεδο μεταξύ μιας εφαρμογής και του IP (Internet Protocol). Δηλαδή, όταν μια εφαρμογή επιθυμεί να στείλει ένα αρκετά μεγάλο όγκο δεδομένων μέσω του internet χρησιμοποιώντας

το IP, αντί να τεμαχίσουμε τα δεδομένα σε κομμάτια και επομένως να δημιουργήσουμε μια σειρά από διαφορετικά IP re-quests, η εφαρμογή μπορεί να εκδώσει απλώς μόνο ένα request στο TCP και να αφήσει από εκεί και πέρα το TCP να αναλάβει από μόνο του τις λεπτομέρειες του IP. Το IP λειτουργεί ανταλλάσσοντας κομμάτια πληροφοριών που ονομάζονται πακέτα, ως γνωστόν. Το πακέτο είναι μια σειρά από οκτάδες (octets, 8-bits) και αποτελείται από μια κεφαλίδα (header) που ακολουθείται από ένα σώμα (body). Η κεφαλίδα περιγράφει τον προορισμό του πακέτου και, προαιρετικά, τους routers που χρησιμοποιούνται για προώθηση μέχρι να φτάσει στον τελικό του προορισμό. Το σώμα περιέχει τα δεδομένα που μεταδίδει το IP. Εξαιτίας του συνωστισμού στο δίκτυο, της εξισορρόπησης του φόρτου κίνησης, ή άλλων απρόβλεπτων συμπεριφορών του δικτύου, τα IP πακέτα υπάρχει περίπτωση να χαθούν, να επικαλυφθούν, ή να παραδοθούν με σφάλματα. Το TCP εντοπίζει αυτά τα προβλήματα, απαιτεί επαναποστολή της χαμένης πληροφορίας, επαναπροσδιορίζει τα “χαλασμένα” πακέτα, και ακόμη βοηθάει στην ελαχιστοποίηση του συνωστισμού στο δίκτυο, μειώνοντας την εμφάνιση των υπόλοιπων προβλημάτων. Μόλις ο TCP δέκτης επανακατασκευάσει τη σειρά των οκτάδων που αρχικά μεταδόθηκαν, τις περνάει πλέον στην εφαρμογή. Με αυτόν τον τρόπο, το TCP αποσπά από την εφαρμογή την περίπλοκη διαδικασία επικοινωνίας μέσω δικτύου. Το TCP χρησιμοποιείται κατά κόρον από τις πιο διάσημες εφαρμογές στο internet, όπως το World Wide Web (WWW), τα e-mails, το File Transfer Protocol (FTP), το μοίρασμα αρχείων μέσω P2P (θα το δούμε στη συνέχεια), κ.λπ. Το TCP μεγιστοποιεί την απόδοσή του όταν θέλουμε σίγουρη μετάδοση όλων των δεδομένων, παρά όταν θέλουμε εξοικονόμηση χρόνου. Εξαιτίας τούτου, το TCP πολλές φορές παρουσιάζει σχετικά μεγάλες καθυστερήσεις (στην τάξη των δευτερολέπτων), καθώς αναμένει την επιδιόρθωση των “χαλασμένων” πακέτων ή την επαναποστολή των χαμένων πακέτων. Δεν ενδείκνυται για real-time (ζωντανού χρόνου) εφαρμογές, όπως το VoIP. Για τέτοιες εφαρμογές, πρωτόκολλα όπως το RTP που τρέχει σε συνεργασία με το UDP, όπως και είδαμε ανωτέρω, συνηθίζονται. Γενικά το TCP είναι ένα αξιόπιστο μέσω μετάδοσης του stream που εγγυάται ότι όλα τα bytes που θα ληφθούν θα είναι πανομοιότυπα με αυτά που εστάλησαν, και μάλιστα με τη σωστή σειρά. Μιας και η μετάδοση μέσω πακέτων όπως έχει προαναφερθεί δεν είναι απολύτως αξιόπιστη, μια τεχνική που είναι γνωστή ως “positive acknowledgement” (θετική αναγνωρισιμότητα) με επαναποστολή χρησιμοποιείται για να εγγυηθεί την αξιοπιστία της μεταφοράς των πακέτων. Αυτή η βασική τεχνική απαιτεί από το δέκτη (λήπτη) να αντιδρά με ένα μήνυμα αποδοχής (acknowledge message) καθώς λαμβάνει τα δεδομένα σε μορφή πακέτων (η αρχή του ACK/NACK που κάναμε στο μάθημα “ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ I”). Ο αποστολέας κρατάει ένα αρχείο όπου καταγράφει το κάθε πακέτο που στέλνει. Ο αποστολέας επίσης καταχωρεί ένα χρονικό περιθώριο από τότε που το πακέτο στάλθηκε και επαναστέλλει το πακέτο σε περίπτωση που αυτό το χρονικό περιθώριο περιέλθει, χωρίς να έχει σταλεί από τον δέκτη το αντίστοιχο μήνυμα αποδοχής πακέτου (ACK). Αυτό το χρονικό περιθώριο χρησιμοποιείται για τις περιπτώσεις όπου ένα πακέτο χάνεται κατά τη μεταφορά του ή μεταβιβάζεται κατακερματισμένο (corrupted). Το TCP αποτελείται από μια σειρά από κανόνες: για το πρωτόκολλο, που χρησιμοποιείται σε συνεργασία με το IP, τα δεδομένα στέλνονται σε μια μορφή “μονάδων” μεταξύ των υπολογιστών. Ενώ ουσιαστικά το IP αναλαμβάνει την



παράδοση των δεδομένων, το TCP ελέγχει τις μεμονωμένες μονάδες που απαρτίζονται τα δεδομένα προς αποστολή, τα οποία καλούνται και segments (τμήματα), ώστε ένα μήνυμα να διασπάται για την αποδοτικότερη διάδοσή του μέσω του δικτύου. Για παράδειγμα, όταν ένα HTML αρχείο αποστέλλεται από έναν web-server, το TCP του server τεμαχίζει τη σειρά των οκτάδων (octets) του αρχείου σε τμήματα (segments) και τα προωθεί το κάθε ένα ξεχωριστά προς το IP. Το επίπεδο του internet (Internet Layer) ενθυλακώνει κάθε TCP τεμάχιο σε ένα IP πακέτο, προσθέτοντας μια κεφαλίδα (header) που περιλαμβάνει μεταξύ άλλων και τη διεύθυνση IP του προορισμού. Παρόλο που κάθε πακέτο έχει την ίδια IP διεύθυνση προορισμού, μπορούν να διανεμηθούν (routed) μέσω διαφορετικών μονοπατιών (paths) εντός του δικτύου. Όταν το πρόγραμμα του δέκτη (client) λαμβάνει αυτά τα πακέτα, το TCP από τη μεριά του δέκτη πλέον αναλαμβάνει την επανακατασκευή της αρχικής πληροφορίας εκτελώντας την αντίστροφη διαδικασία και διασφαλίζει ότι όλα τα πακέτα έχουν ληφθεί, χωρίς σφάλματα και στη σωστή σειρά, καθώς τα στέλνει στην εφαρμογή που τα ζήτησε.

### **3.1.5 Το πρωτόκολλο Unicast**

Το unicast (ή και broadcast) είναι ένα δικτυακό πρωτόκολλο που αναλαμβάνει την αποστολή των ίδιων αρχείων σε όλους τους πιθανούς προορισμούς. Αξίζει να σημειωθεί ότι συγκεκριμένες διαδικτυακές εφαρμογές που χρησιμοποιούνται μαζικά στο internet είναι πολύ δαπανηρές σε περίπτωση που χρειαστεί να εφαρμόσουν το unicast, μιας και κάθε σύνδεση ενός πελάτη στο δίκτυο καταναλώνει υπολογιστικούς πόρους στη μεριά του server (αποστολέα), καθώς επίσης και απαιτείται τεράστιο bandwidth για την αποστολή ταυτόχρονα υπέρογκου όγκου δεδομένων προς όλους τους πελάτες (clients). Παράδειγμα τέτοιων απαιτητικών εφαρμογών αποτελούν οι ραδιοφωνικοί σταθμοί μέσω internet.

### **3.1.6 Το πρωτόκολλο Multicast**

Το multicast είναι ένα δικτυακό πρωτόκολλο για την ταυτόχρονη αποστολή μηνυμάτων ή πληροφοριών σε ένα group υπολογιστών, με την χρησιμοποίηση μόνο μιας αποστολής όσον αφορά την πηγή. Τα αντίγραφα δημιουργούνται αυτόματα σε άλλα δικτυακά στοιχεία, όπως routers, και μόνο όταν η τοπολογία του δικτύου το απαιτεί. Το multicast χρησιμοποιείται κατά κόρον ως IP multicast, που συνήθως συμπεριλαμβάνεται σε IP εφαρμογές που αφορούν το streaming ή τη διαδικτυακή τηλεόραση (internet TV). Στο IP multicast η υλοποίηση του multicast επιτελείται στο επίπεδο του IP, όπου οι routers δημιουργούν μια βέλτιστη κατανομή μονοπατιών (paths) για τα datagrams που πρόκειται να μεταδοθούν προς μια multicast διεύθυνση. Στο επίπεδο του Data Link Layer, το multicast περιγράφει ένα-σε-πολλούς διανομή όπως το ethernet multicasting addressing, asynchronous transfer mode (ATM), point-to-multipoint virtual circuits (P2MP), κ.λπ.

### 3.1.7 Το πρωτόκολλο IP Multicast

Το IP multicast είναι ένα δικτυακό πρωτόκολλο αδελφικό με το multicast. Συγκεκριμένα, είναι μια τεχνική για ένα-σε-πολλούς επικοινωνία μέσω μιας IP υποδομής σε ένα δίκτυο. Μπορεί να επεκταθεί σε ένα μεγαλύτερο αριθμό δεκτών χωρίς να απαιτείται από πριν τη γνώση του ποιου ή πόσοι δέκτες υπάρχουν. Το multicast χρησιμοποιεί την υποδομή του δικτύου αποδοτικά απαιτώντας από την πηγή να στέλνει κάθε πακέτο μόνο μια φορά, ακόμη κι αν χρειάζεται να μεταδοθεί σε μεγάλο αριθμό δεκτών. Οι κόμβοι στο δίκτυο αναλαμβάνουν την αντιγραφή του πακέτου, ώστε να φτάσει τελικά στους πολλαπλούς δέκτες, μόνο όταν αυτό κρίνεται απαραίτητο. Το πιο κοινό transport layer πρωτόκολλο που χρησιμοποιεί multicast διευθυνσιοδότηση είναι το UDP (User Datagram Protocol). Από την φύση του, το UDP δεν είναι αξιόπιστο. Τα μηνύματα μπορεί να χαθούν ή να μεταδοθούν με σφάλματα. Αξιόπιστα πρωτόκολλα multicast όπως το Pragmatic General Multicast (PGM) έχουν αναπτυχθεί ώστε να εντοπίζουν τα χαμένα πακέτα αλλά και να απαιτούν την επαναποστολή τους. Το IP multicast είναι ευρέως διαδεδομένο σε επιχειρήσεις, στα χρηματιστήρια, και σε εταιρείες που ασχολούνται με streaming, όπως η YouTube, κ.λπ. Επίσης, χρησιμοποιείται ευρέως και για διαδραστικές εφαρμογές στο IPTV.

### 3.1.8 Το πρωτόκολλο P2P

Το Peer-to-Peer (P2P) είναι ένα δικτυακό πρωτόκολλο που αναφέρεται σε ένα δίκτυο όπου κάθε υπολογιστής που ανήκει στο δίκτυο μπορεί να λειτουργήσει ως δέκτης (client) αλλά και ως αποστολέας (server) για τους υπόλοιπους υπολογιστές στο δίκτυο, επιτρέποντας κοινή χρήση σε αρχεία αλλά και περιφερειακές συσκευές χωρίς την ανάγκη για έναν κεντρικό server. Τα P2P δίκτυα μπορούν να υλοποιηθούν σε ένα στίτι, μια επιχείρηση, ή και σε ολόκληρο το διαδίκτυο. Κάθε τύπος δικτύου απαιτεί όλους τους υπολογιστές στο δίκτυο να χρησιμοποιούν το ίδιο ή έστω ένα παραπλήσιο πρόγραμμα ώστε να μπορούν να συνδεθούν το ένα με το άλλο και τελικά να υπάρχει αμοιβαία πρόσβαση σε αρχεία και άλλα χαρακτηριστικά που μπορούν να βρεθούν στους υπολογιστές. Τα P2P δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το μοίρασμα αρχείων ήχου, βίντεο, ή και γενικότερα δεδομένων σε οποιαδήποτε ψηφιακή μορφή. Το P2P είναι μια αρχιτεκτονική που διαμοιράζει τις λειτουργίες μεταξύ των υπολογιστών (peers) που συμμετέχουν στη διαδικασία. Οι peers έχουν τα ίδια δικαιώματα στην εφαρμογή. Κάθε υπολογιστής στο δίκτυο αναφέρεται και ως κόμβος (node). Ο ιδιοκτήτης κάθε υπολογιστή σε ένα P2P δίκτυο θα πρέπει να εγκαταλείψει ένα μέρος της κυριαρχίας του επί του υπολογιστή του – όπως επεξεργαστική ισχύ, αποθηκευτικό χώρο, ή και μέρος της ευρυζωνικότητάς του. Αυτό, για να είναι άμεσα διαθέσιμος στους υπόλοιπους peers, χωρίς τον ενδιάμεσο έλεγχο από servers. Με βάση αυτό το μοντέλο, οι peers είναι ταυτόχρονα και προμηθευτές και καταναλωτές των πόρων που διαμοιράζονται, σε αντίθεση με το παραδοσιακό μοντέλο client-server όπου μόνο οι servers είναι οι προμηθευτές και οι clients είναι οι καταναλωτές. Η πρώτη P2P εφαρμογή ήταν αυτής της κοινής χρήσης αρχείων Napster, που δημιουργήθηκε το 1999. Το Napster έχει εμπνεύσει νέες δομές και φιλοσοφίες σε πολλούς τομείς της ανθρώπινης διαδραστικότητας. Το διαδικτυακό P2P δεν περιορίζεται μόνο στην τεχνολογία. Καλύπτει επίσης ειδικές κοινωνικές διαδικασίες μέσω μιας P2P δυναμικής. Βάσει αυτού, πολλές κοινωνικές P2P διεργασίες λαμβάνουν χώρα πλέον στις σύγχρονες δυτικές κοινωνίες.

## 4 Ρυθμίσεις της διάταξης ADSL

Στην ενότητα αυτή παραθέτω μερικά παράθυρα (screen shots) που αφορούν τα χαρακτηριστικά της συσκευής ADSL που χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια της εργασίας, καθώς και παράθυρα που αφορούν τις ρυθμίσεις που έγιναν.

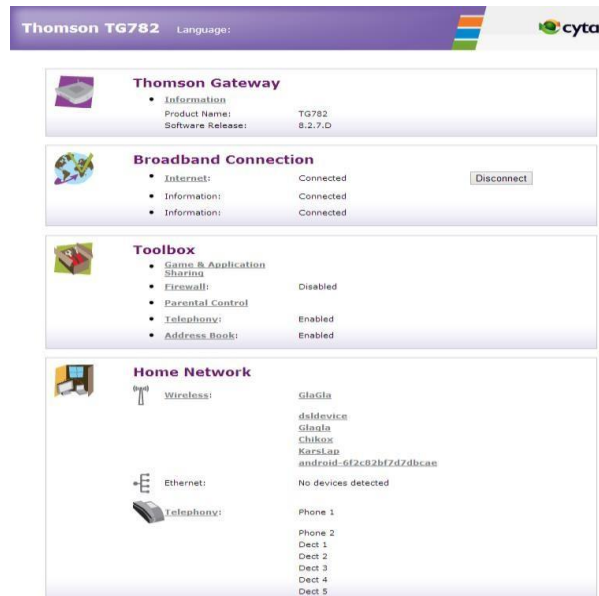


Figure 3: Αρχικό μενού που προβάλλεται από τον DNS

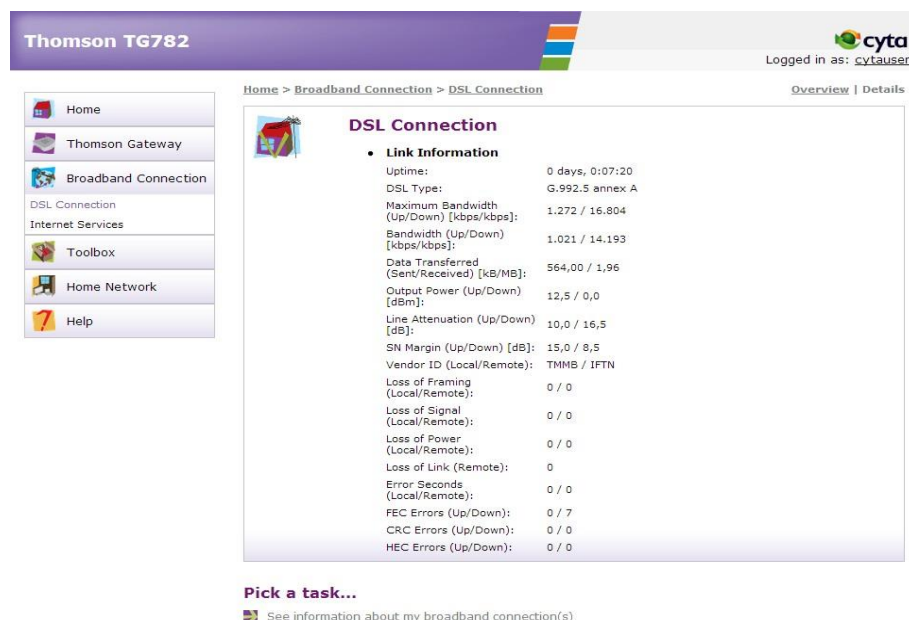


Figure 4: Χαρακτηριστικά της Σύνδεσης

Thomson TG782

cyta

Logged in as: cytauser

Home

Thomson Gateway

Broadband Connection

Toolbox

Home Network

Devices

Interfaces

Help

Home > Home Network > Interfaces > WLAN: GlaGla

Overview | Details | Configure

Wireless Access Point - GlaGla

Configuration

Interface Enabled:

Yes

Physical Address:

00:26:44:A4:28:D7

Network Name (SSID):

GlaGla

Interface Type:

802.11g

Actual Speed:

54 Mbps

Band:

2.4G Hz

Channel Selection:

Manual

Region:

Europe

Channel:

13

Allow multicast from Broadband Network:

Yes

Security

Broadcast Network Name:

Yes

Allow New Devices:

New stations are allowed (automatically)

Security Mode:

WPA-PSK

WPA-PSK Preshared Key:

partyanimal89

WPA-PSK Encryption:

AES

WPA-PSK Version:

WPA2

Figure 5: Χαρακτηριστικά Ασύρματης Επικοινωνίας με τον τοπικό Router

Address Book

Telephony

Game & Application Sharing

Parental Control

Firewall

Intrusion Detection

Dynamic DNS

User Management

Web Cameras

Voice Mail

Home Network

Help

Game or Application Definition

A game or application is made of one or more TCP/UDP port ranges. Each incoming port range can be translated into a different internal (local network) port range. Port ranges can be statically assigned to devices or dynamically assigned using an outgoing trigger.

Protocol	Port Range	Translate To ...	Trigger Protocol	Trigger Port	
UDP	48027 - 48027	48027 - 48027	-	-	Edit Delete
TCP	48028 - 48028	48028 - 48028	-	-	Edit Delete
UDP	48028 - 48028	48028 - 48028	-	-	Edit Delete
TCP	48006 - 48006	48006 - 48006	-	-	Edit Delete
UDP	48006 - 48006	48006 - 48006	-	-	Edit Delete
TCP	48020 - 48020	48020 - 48020	-	-	Edit Delete
UDP	48020 - 48020	48020 - 48020	-	-	Edit Delete
TCP	48003 - 48003	48003 - 48003	-	-	Edit Delete
UDP	48003 - 48003	48003 - 48003	-	-	Edit Delete
TCP	48030 - 48030	48030 - 48030	-	-	Edit Delete
UDP	48030 - 48030	48030 - 48030	-	-	Edit Delete
TCP	48019 - 48019	48019 - 48019	-	-	Edit Delete
UDP	48019 - 48019	48019 - 48019	-	-	Edit Delete
TCP	48008 - 48008	48008 - 48008	-	-	Edit Delete
UDP	48008 - 48008	48008 - 48008	-	-	Edit Delete
TCP	48011 - 48011	48011 - 48011	-	-	Edit Delete
UDP	48011 - 48011	48011 - 48011	-	-	Edit Delete
TCP	48023 - 48023	48023 - 48023	-	-	Edit Delete
UDP	48023 - 48023	48023 - 48023	-	-	Edit Delete
TCP	48032 - 48032	48032 - 48032	-	-	Edit Delete
UDP	48032 - 48032	48032 - 48032	-	-	Edit Delete
TCP	48001 - 48001	48001 - 48001	-	-	Edit Delete
UDP	48001 - 48001	48001 - 48001	-	-	Edit Delete

Any


to

Any

Add

Figure 6: NAT Table

Thomson TG782

cyta  
Logged in as: [cytauser](#)

Home

Thomson Gateway

Broadband Connection

Toolbox

Address Book

Telephony

Game & Application Sharing

Parental Control

Firewall

Intrusion Detection

Dynamic DNS

User Management

Web Cameras


Voice Mail

Home Network

Help

Home > Toolbox > Game & Application Sharing

Overview | [Configure](#)



### Game & Application Sharing

This page summarizes the games and applications defined on your Thomson Gateway. Each game or application can be assigned to a device on your local network.

- Universal Plug and Play**

Universal Plug and Play (UPnP) is a technology that enables seamless operation of a wide range of games and messaging applications.

Use UPnP: Yes

Use Extended Security: No
- Assigned Games & Applications**


The table below shows the games and applications that are allowed to be initiated from the Internet.


You need to configure such games or applications if you like to act as a game server or share a server located on your local network with other people.


If you are simply a player or simply accessing the Internet, you don't need to configure games or applications.

Game or Application	Device	Log
ithaki	Glaxia	On

Pick a task...

 [Assign a game or application to a local network device](#)

 [Create a new game or application](#)

 [Modify a game or application](#)

**Figure 7: Ανάθεση του NAT table της εφαρμογής στο τοπικό τερματικό**

## 5 Η Εφαρμογή

Στην ενότητα αυτή θα αναφερθώ στην υλοποίηση της συγκεκριμένης εφαρμογής στο περιβάλλον JAVA. Θα παρουσιαστούν και θα αναλυθούν οι επιμέρους μέθοδοι που υλοποιήθηκαν.

Για την υλοποίηση της συγκεκριμένης εφαρμογής χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθες βιβλιοθήκες της java.

- `java.io.*;`
- `java.util.Arrays;`
- `java.util.Scanner;`
- `java.lang.String;`
- `java.net.*;`
- `java.nio.ByteOrder;`
- `javax.sound.sampled.AudioFormat;`
- `javax.sound.sampled.AudioSystem;`
- `javax.sound.sampled.SourceDataLine;`
- 

Η εφαρμογή περιλαμβάνει 1 κλάση, την `NetworkComm`, με τις πιο κάτω μεθόδους:

- `void ECHO(int min)`
- `void ECHO_noDelay(int min)`
- `void image(int camera)`
- `void getTemp()`
- `void Audio(int numofpack, int song)`
- `byte[] getdpcm(int numofpack, int song)`
- `byte[] getaqdpcm(int numofpack, int song)`

## 5.1 Η κλάση NetworkComm

Η κλάση αυτή είναι στην ουσία και η όλη υλοποίηση της εφαρμογής. Είναι υπεύθυνη για την σύνδεση μεταξύ των 2 τερματικών, την δημιουργία των απαραίτητων Datagram Sockets και Datagram Packages τα οποία υλοποιούν την μεταφορά πακέτων στις επιμέρους μεθόδους.

Ακόμη περιλαμβάνει τις μεθόδους που αναφέραμε προηγουμένως, οι οποίες υλοποιούν τις συγκεκριμένες διεπαφές και μεταφορά πακέτων μεταξύ των 2 τερματικών.

Είναι υπεύθυνη για τον ορισμό των παραμέτρων που λαμβάνουμε από το εικονικό εργαστήριο για την επικοινωνία μας με τον Server Ιθάκη.

## 5.2 Η μέθοδος ECHO (int min)

Η μέθοδος αυτή είναι αρμόδια για την επικοινωνία request/response, και λήψης των Echo\_Request πακέτων όπως αυτά ορίζονται από το εικονικό εργαστήριο.

Το όρισμα **min** που δίνεται αφορά την χρονική διάρκεια επικοινωνίας με την Ιθάκη για λήψη των echo\_Request πακέτων. Ο χρόνος αυτός ορίζεται από τον χρήστη ο οποίος τρέχει την εφαρμογή μέσα από την main().

Να αναφέρουμε ότι στην μέθοδο echo(int min) υπολογίζονται και αποθηκεύονται σε αντίστοιχα αρχεία οι μετρήσεις για τους χρόνους μετάδοσης πακέτων, χρόνους αποστολής και λήψης πακέτων, χρόνους καθυστέρησης και ρυθμαπόδοση. Τα αντίστοιχα αρχεία φέρουν τις πιο κάτω ονομασίες:

- **echofile.txt**
- **throughput.txt**
- **transmission.txt**
- **time.txt**

## 5.3 Η μέθοδος ECHO\_noDelay (int min)

Η μέθοδος αυτή είναι αρμόδια για την επικοινωνία request/response, και λήψης των Echo\_Request πακέτων, με απενεργοποιημένη την τυχαία καθυστέρηση που ορίζει ο server, όπως αυτά ορίζονται από το εικονικό εργαστήριο.

Το όρισμα **min** που δίνεται αφορά την χρονική διάρκεια επικοινωνίας με την Ιθάκη για λήψη των echo\_Request πακέτων. Ο χρόνος αυτός ορίζεται από τον χρήστη ο οποίος τρέχει την εφαρμογή μέσα από την main().

Να αναφέρουμε ότι και στην μέθοδο echo(int min) υπολογίζονται και αποθηκεύονται σε αντίστοιχα αρχεία οι μετρήσεις για τους χρόνους μετάδοσης πακέτων, χρόνους αποστολής και λήψης πακέτων, χρόνους καθυστέρησης και ρυθμαπόδοση. Τα αντίστοιχα αρχεία φέρουν τις πιο κάτω ονομασίες:

- **Echofile2.txt**
- **Throughput2.txt**
- **Transmission2.txt**
- **Time2.txt**

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφέρω ότι οι αιτήσεις στον server για αποστολή κάθε επόμενου πακέτου γίνονται με κάθε 500ms καθώς αν δεν παρεμβάλουμε την καθυστέρηση αυτή στην αίτηση νέων πακέτων λαμβάνουμε timeout στα 10sec. Δηλαδή σε τυχαίο χρόνο και χωρίς να έχει οριστεί από εμάς, η λήψη νέων πακέτων σταματά.

Στην εφαρμογή έχω προνοήσει να διακόπτεται η σύνδεση αν για 10sec δεν λάβουμε πακέτο μετά από αίτηση.

Αυτό γίνεται με την εξής εντολή:  
***receive.setSoTimeout(10000);***

Η παρεμβολή καθυστέρησης σε κάθε νέα αίτηση στον server γίνεται με τον εξής τρόπο:  
***Thread.sleep(500);***

## **5.4 Η μέθοδος image (int camera)**

Η μέθοδος αυτή αφορά την λήψη εικόνων από την κάμερα που βρίσκεται στον διακομιστή.

Το όρισμα camera έχει σκοπό τον ορισμό της κάμερας από την οποία θέλουμε να λάβουμε την αντίστοιχη εικόνα και μπορεί να πάρει 2 τιμές, «1» και «2». Η παράμετρος αυτή ορίζεται από τον χρήστη της εφαρμογής μέσα από την main().

Τα byteStreams που λαμβάνουμε από την Ιθάκη αποθηκεύονται σε ένα αρχείο .jpeg με την ονομασία "***image3.jpeg***".

## **5.5 Η μέθοδος getTemp ()**

Η μέθοδος αυτή είναι υπεύθυνη για την λήψη πακέτων που περιλαμβάνουν τις θερμοκρασίες, τις οποίες καλούμαστε να λάβουμε στα πλαίσια της εργασίας.

Οι αντίστοιχες μετρήσεις των θερμοκρασιών αποθηκεύονται σε ένα αρχείο με την εξής ονομασία:

***temperature.txt***



## 5.6 Η μέθοδος Audio (int numofpack, int song)

Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι υπεύθυνη για την αναπαραγωγή της μουσικής που λαμβάνουμε από τον server, στα ηχεία του υπολογιστή μας.

Τα δύο ορίσματα που φέρει η μέθοδος έχουν σκοπό τον ορισμό από τον χρήστη της εφαρμογής, του αριθμού των πακέτων που ζητά να λάβει και τον αριθμό του τραγουδιού αντίστοιχα.

Ο αριθμός των bits του κβαντιστή ορίστηκε στα 16 για να λειτουργεί και στις 2 περιπτώσεις:

- DPCM
- AQDPCM

## 5.7 Η μέθοδος getdpcm (int numofpack, int song)

Η μέθοδος αυτή είναι υπεύθυνη για την αποκωδικοποίηση των πακέτων ήχου με κωδικοποίηση DPCM που λαμβάνουμε

Οι τιμές των δειγμάτων που λαμβάνουμε από τον server αποθηκεύονται σε ένα αρχείο με ονομασία «**DPCMmusicXX**», όπου XX είναι ο αριθμός του τραγουδιού που όρισε ο χρήστης της εφαρμογής και τον οποίο περνάμε σαν όρισμα στην μέθοδο Audio().

## 5.8 Η μέθοδος getaqdpcm (int numofpack, int song)

Η μέθοδος αυτή είναι υπεύθυνη για την αποκωδικοποίηση των πακέτων ήχου με κωδικοποίηση AQDPCM που λαμβάνουμε.

Οι τιμές των δειγμάτων που λαμβάνουμε από τον server αποθηκεύονται, μετά από την σχετική επεξεργασία, σε ένα αρχείο με ονομασία «**AQDPCMmusicXX**», όπου XX είναι ο αριθμός του τραγουδιού που όρισε ο χρήστης της εφαρμογής και τον οποίο περνάμε σαν όρισμα στην μέθοδο Audio().

## 6 Γενική περιγραφή των μετρήσεων

Στα πλαίσια της εργασίας ζητείται η λήψη των συγκεκριμένων πακέτων και μετρήσεων αντίστοιχων γεγονότων σε 2 συνοδούς.

Η πρώτη σύνοδος έγινε στις 3/7/13

Η δεύτερη σύνοδος έγινε στις 5/7/13

Πριν την παρουσίαση των αντίστοιχων αποτελεσμάτων από κάθε σύνοδο θα αναφέρουμε τις παραμέτρους που λάβαμε υπόψη:

- Οι μετρήσεις θερμοκρασιών είναι από τους αισθητήρες T01-T08.
- Στα echo\_Request πακέτα, η χρονική διάρκεια επικοινωνίας ορίστηκε στα 4 λεπτά.
- Στα echo\_Request πακέτα με απενεργοποιημένη την τυχαία καθυστέρηση που παρεμβάλλει ο server, η χρονική διάρκεια επικοινωνίας και λήψης αντίστοιχων πακέτων ορίστηκε στα 4 λεπτά.
- Για την λήψη και αναπαραγωγή του ήχου ορίστηκε σαν αριθμός πακέτων ήχου προς λήψη, το 999.

Κατά την διάρκεια εκτέλεσης των 2 συνοδών λάβαμε τα πιο κάτω τραγούδια, τα οποία και αναγνωρίστηκαν με την εφαρμογή Shazam.

1. **Σήκωσέ το – Πελαργοί**
2. **Comme Ci, Comme Ca – French Affair**
3. **Ode an die Freude – Beethoven**
4. **Chase the Sun – Planet Funk**
5. **Out of my Head – Kylie Minogue**
6. **Conquest of Paradise – Vangelis**
7. **Θαλασσογραφία – Σαββόπουλος**
8. **My Number One – Παπαρίζου**
9. **Theme from Serpico – Θεοδωράκης (Ανεπανάληπτος Al Pacino)**
10. **Perfect Color – Tanto Project**
11. **Rene Aubry - Apres la pluie**
12. **Ίδιο με το 11 (διαφορετικό απόσπασμα)**
13. **Ίδιο με το 3 (διαφορετικό απόσπασμα + vocals)**
14. **Ίδιο με το 1 (διαφορετικό απόσπασμα)**
15. **Σ' Αναζητώ στη Σαλονίκη – Μητροπάνος**
16. **Ίδιο με το 15 (διαφορετικό απόσπασμα)**
17. **Χαρταετοί – Θεοδωράκης**
18. **The sounds of Silence – Intrumental 101 Orchestra**
19. **That's my name – Akcent**
20. **Ίδιο με το 19 (διαφορετικό απόσπασμα + vocals)**

21. Ίδιο με το 19 (διαφορετικό απόσπασμα + γυναικεία vocals)
22. Ίδιο με το 19 (διαφορετικό απόσπασμα)
23. Sexy Love – Residence DeeJays
24. Ίδιο με το 23 (διαφορετικό απόσπασμα)
25. Ίδιο με το 18 (διαφορετικό απόσπασμα)
26. Ζεϊμπέκικο της Ευδοκίας – Λοΐζος
27. Ίδιο με το 26 (διαφορετικό απόσπασμα)
28. Losing my religion – REM
29. Ίδιο με το 28
30. Ζεϊμπέκικο Ολυμπιάδας – Πολυκανδριώτης
31. Radioactivity – Kraftwerk
32. Ένα τραγούδι πες μου ακόμα – Σακελλαρίου
33. Στο κελί 33 – Μαργαρίτης (Στο 33ο κομμάτι.. Τυχαίο; Δε νομίζω!!)
34. Ίδιο με το 33
35. Της ξενιτιάς – Μπιθικώτσης
36. Πριν το χάραμα – Καζαντζίδης

## 7. Session #1

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, η πρώτη σύνοδος έγινε στις 3/7/13.

Η επεξεργασία των μετρήσεων που λάβαμε από την εφαρμογή, καθώς και τα διαγράμματα, έγιναν στην Matlab.

### 7.1 Πακέτα Echo\_Request με τυχαία καθυστέρηση

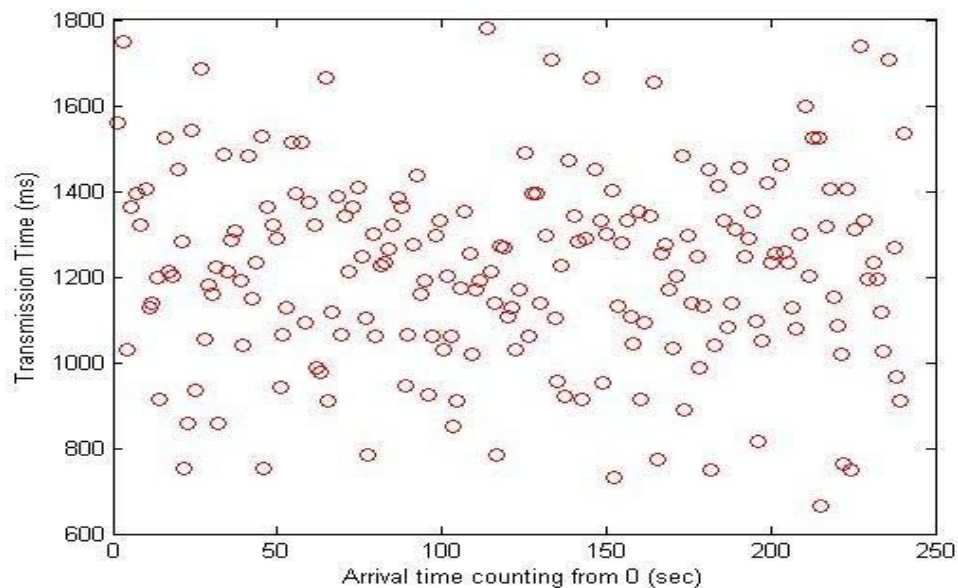
Αυτή η ενότητα έχει να κάνει με τα πακέτα που λαμβάνονται από το server με παρεμβολή τυχαίας καθυστέρησης.

Ποιο κάτω παραθέτουμε κάποιες χρήσιμες πληροφορίες:

- Η χρονική διάρκεια λήψης των πακέτων αυτών ορίστηκε στα 4 λεπτά.
- Ο μέγιστος χρόνος απόκρισης ήταν 1782ms και ο ελάχιστος 665ms.
- Ο μέσος χρόνος απόκρισης του συστήματος ήταν 1215ms.
- Η διασπορά στην συγκεκριμένη λήψη είναι 49572. (γιατί?)
- Η τυπική απόκλιση είναι 222.6484.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα σχετικά διαγράμματα των μετρήσεων.

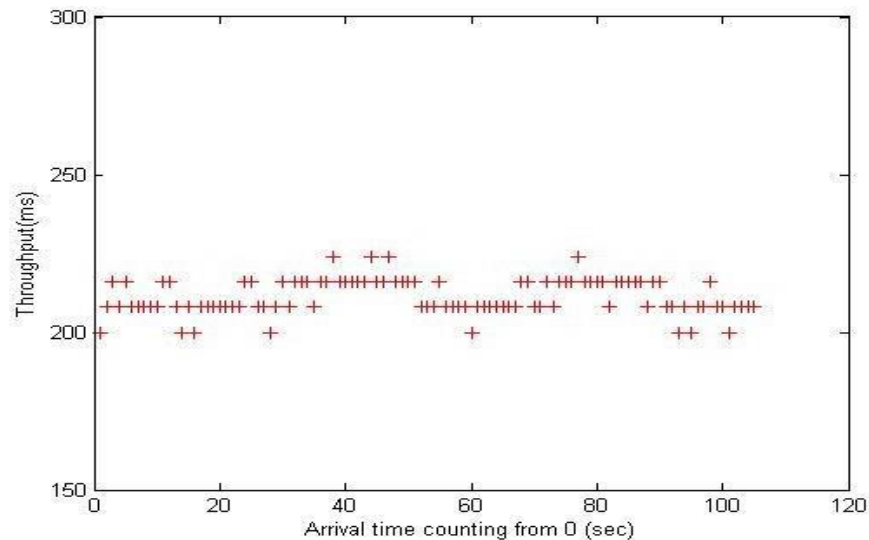
#### 7.1.1 Χρόνος Απόκρισης



**Figure 8: Χρόνος Απόκρισης Συστήματος**

### 7.1.2 Ρυθμαπόδοση με SMA ανά 32sec

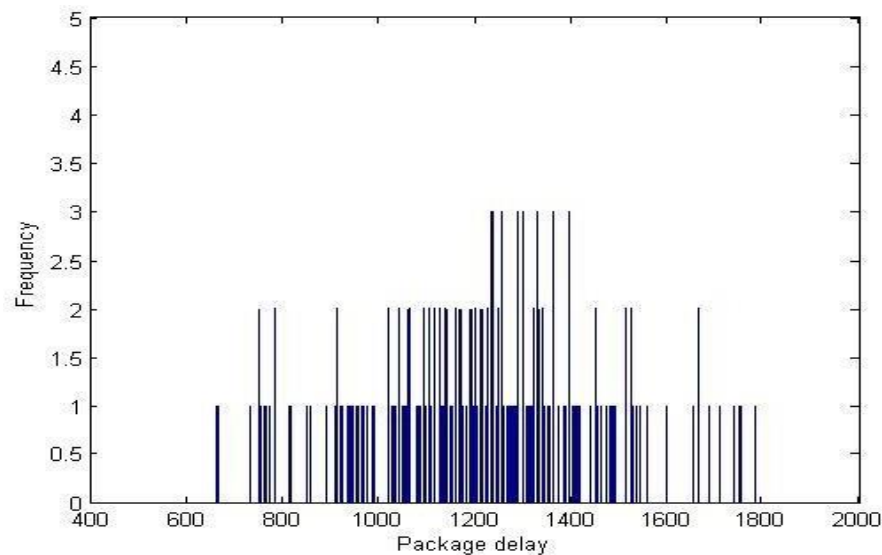
Στο σημείο αυτό αναφέρω ότι η ρυθμαπόδοση του συστήματος υπολογίστηκε με την τεχνική του κινούμενου μέσου όρου (SMA) ανά δευτερόλεπτο για τα 32 πλέον πρόσφατα δευτερόλεπτα κάθε φορά.



*Figure 9: Ρυθμαπόδοση με SMA ανά 32sec*

### 7.1.3 Συχνότητα εμφάνισης τιμών χρόνου απόκρισης

Στην υποενότητα αυτή θα παρουσιαστεί η συχνότητα εμφάνισης των τιμών για τους χρόνους απόκρισης του συστήματος που παρουσιάστηκαν στην υποενότητα 7.1.1



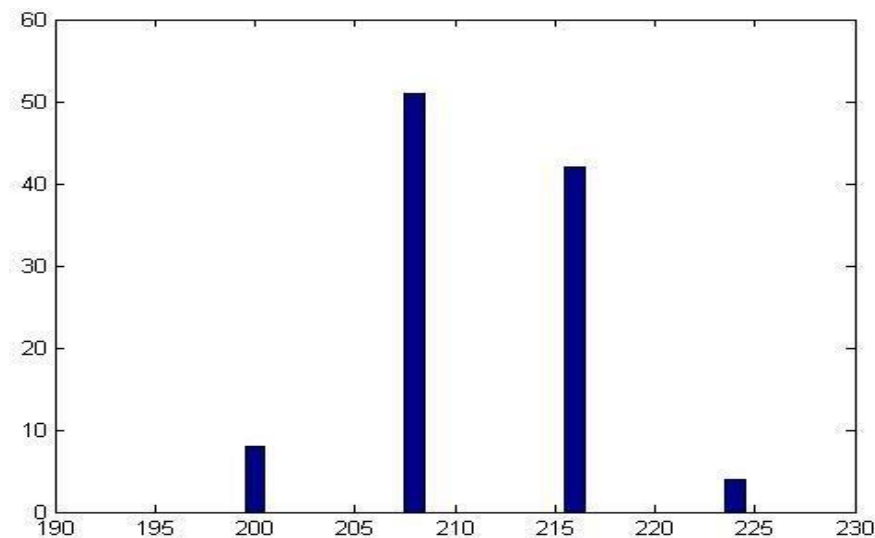
*Figure 10: Συχνότητα Εμφάνισης τιμών Απόκρισης*

#### 7.1.4 Συχνότητα εμφάνισης τιμών ρυθμαπόδοσης

Στην παράγραφο αυτή θα παρουσιαστεί σχετικό διάγραμμα της συχνότητας εμφάνισης των τιμών της ρυθμαπόδοσης του συστήματος που καταγράφηκαν στην παράγραφο 7.1.2

Στο σημείο αυτό αναφέρουμε τα εξής χρήσιμα :

- Η μέγιστη τιμή ρυθμαπόδοσης που καταγράφηκε είναι 224 bps.
- Η ελάχιστη τιμή ρυθμαπόδοσης που καταγράφηκε είναι 200 bps.
- Η μέση τιμή ρυθμαπόδοσης είναι 211 bps.



*Figure 11: Συχνότητα Εμφάνισης τιμών ρυθμαπόδοσης*

#### 7.2 Πακέτα Echo\_Request χωρίς καθυστέρηση

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται οι σχετικές μετρήσεις και αποτελέσματα, για την διαδικασία λήψης πακέτων echo\_request με απενεργοποιημένη την χρονική καθυστέρηση από τον server।θάκη.

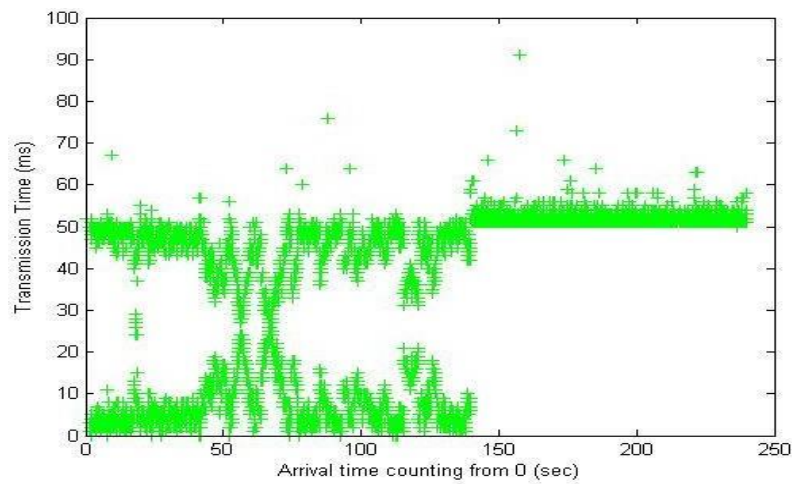
Η χρονική διάρκεια λήψης των πακέτων αυτών ορίστηκε από εμάς στα 4 λεπτά

Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα σχετικά διαγράμματα των μετρήσεων που πήραμε.

### 7.2.1 Χρόνος Απόκρισης

Πιο κάτω παραθέτουμε κάποιες χρήσιμες πληροφορίες που αφορούν τις μετρήσεις μας για τον χρόνο απόκρισης του συστήματος σε λήψη των συγκεκριμένων πακέτων echo\_request.

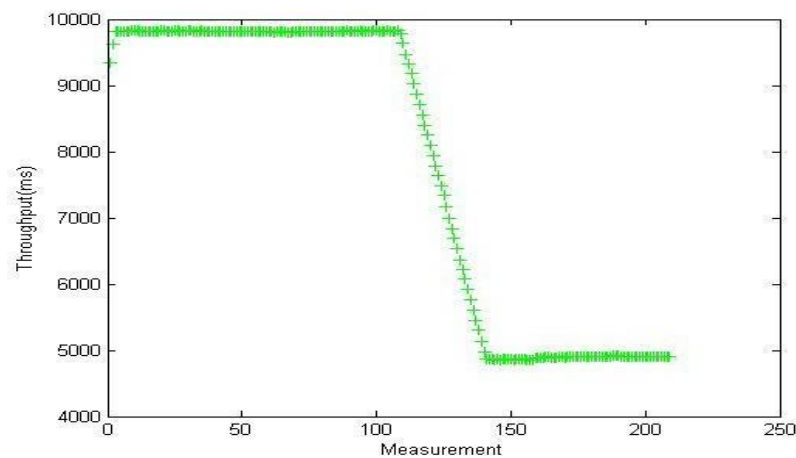
- Η χρονική διάρκεια λήψης των πακέτων αυτών ορίστηκε στα 4 λεπτά.
- Ο μέγιστος χρόνος απόκρισης ήταν 180ms και ο ελάχιστος μικρότερος από 1ms.
- Ο μέσος χρόνος απόκρισης του συστήματος ήταν 33ms.



*Figure 12: Χρόνος Απόκρισης Συστήματος*

### 7.2.2 Ρυθμαπόδοση με SMA ανά 32sec

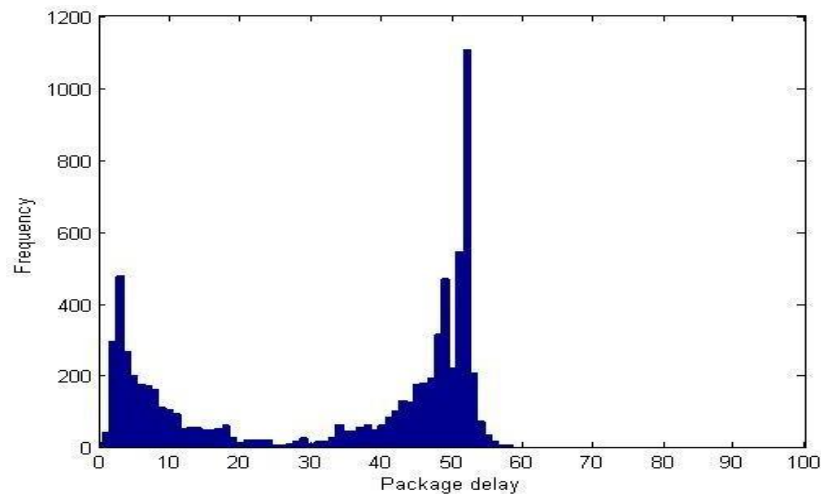
Στο σημείο αυτό αναφέρω ότι η ρυθμαπόδοση του συστήματος υπολογίστηκε με την τεχνική του κινούμενου μέσου όρου (SMA) ανά δευτερόλεπτο για τα 32 πλέον πρόσφατα δευτερόλεπτα κάθε φορά.



*Figure 13: Ρυθμαπόδοση με SMA ανά 32sec*

### 7.2.3 Συχνότητα εμφάνισης τιμών χρόνου απόκρισης

Στην παράγραφο αυτή θα παρουσιαστεί η συχνότητα εμφάνισης των τιμών για τους χρόνους απόκρισης του συστήματος που παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 7.2.1



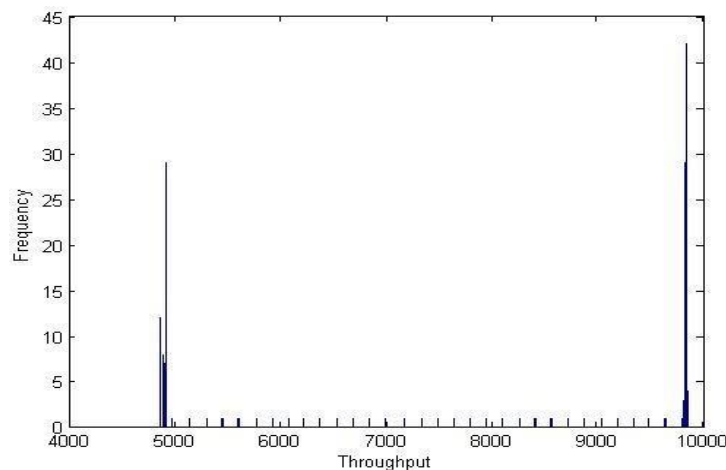
*Figure 14: Συχνότητα εμφάνισης τιμών χρόνου απόκρισης*

### 7.2.4 Συχνότητα εμφάνισης τιμών ρυθμαπόδοσης

Στην παράγραφο αυτή θα παρουσιαστεί σχετικό διάγραμμα της συχνότητας εμφάνισης των τιμών της ρυθμαπόδοσης του συστήματος που καταγράφηκαν στην παράγραφο 7.1.2

Στο σημείο αυτό αναφέρουμε τα εξής χρήσιμα :

- Η μέγιστη τιμή ρυθμαπόδοσης που καταγράφηκε είναι 9840 bps.
- Η ελάχιστη τιμή ρυθμαπόδοσης που καταγράφηκε είναι 4856 bps.
- Η μέση τιμή ρυθμαπόδοσης είναι 7818 bps.



*Figure 15: Συχνότητα εμφάνισης τιμών ρυθμαπόδοσης*



Παρατηρούμε ότι στην συγκεκριμένη σύνοδο και για πρώτη φορά μετά από πολλές μετρήσεις και λήψεις πακέτων echo\_request, ότι η ρυθμαπόδοση του συστήματος μειώνεται περίπου στο μισό μετά την πάροδο κάποιου χρόνου!!!!  
Αυτός είναι και ο λόγος που επιλέχθηκε η συγκεκριμένη σαν η πρώτη σύνοδος.!!!

### 7.3 Λήψη εικόνων

Στην υποενότητα αυτή παραθέτουμε τις εικόνες που λάβαμε από την Ιθάκη κατά την διάρκεια της 1<sup>ης</sup> συνόδου.

Εικόνα από την δεύτερη κάμερα με ανάλυση 320x240 pixels.



Εικόνα από την πρώτη κάμερα με ανάλυση 640x480 pixels.



## 7.4 Θερμοκρασίες Εγνατίας Οδού

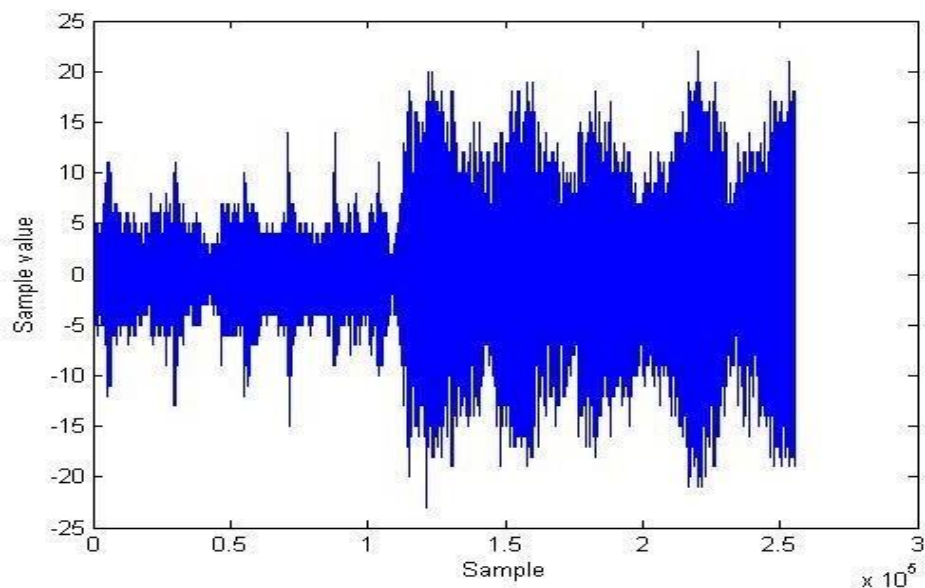
Παρακάτω, παρουσιάζουμε τις θερμοκρασίες που λάβαμε για τα οκτώ (8) διαφορετικά σημεία από τους αντίστοιχους σταθμούς τηλεμετρήσεων T01 έως και T08 της Εγνατίας Οδού.

T01	16-01	11:15	+12
T02	03-07	09:30	+26
T03	12-12	00:30	+02
T04	10-12	20:15	+06
T05	15-09	03:30	+23
T06	15-09	03:30	+23
T07	14-09	17:15	+28

## 7.5 Πακέτα Ήχου - DPCM

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την λήψη πακέτων ήχου με διαμόρφωση DPCM.

### 7.5.1 Τιμές Δειγμάτων



*Figure 16: Τιμές Δειγμάτων Τραγουδιού*

### 7.5.2 Κατανομή τιμών δειγμάτων

Παρακάτω, δίνεται η κατανομή των τιμών των δειγμάτων του τραγουδιού που έχει υποστεί διαμόρφωση DCPM.

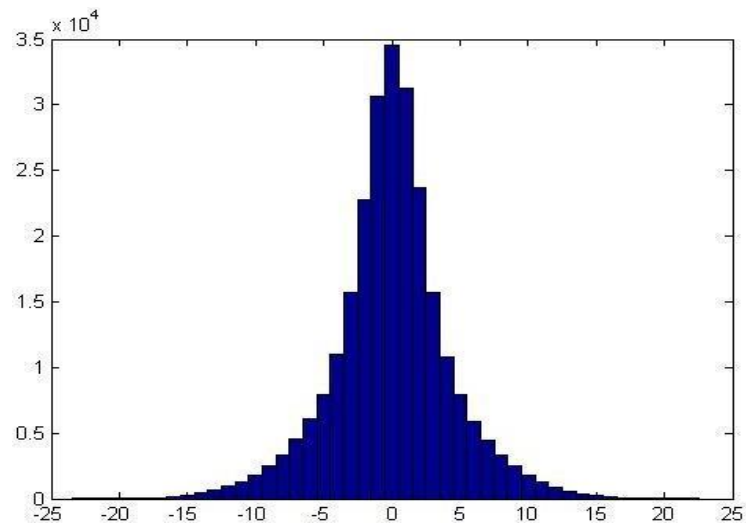


Figure 17: Κατανομή τιμών δειγμάτων

Παρατηρούμε ότι προσεγγίζει την «ΚΑΤΑΝΟΜΗ Cauchy»?

### 7.5.3 Κατανομή τιμών διαφορών

Παρακάτω, δίνεται η κατανομή των τιμών διαφορών για το τραγούδι που έχει υποστεί διαμόρφωση DCPM.

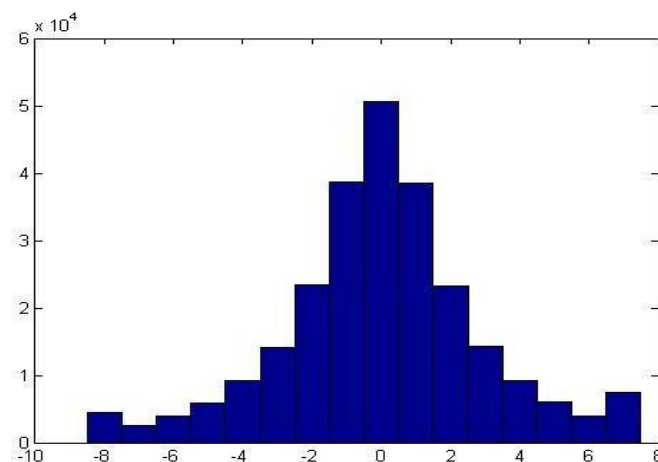


Figure 18: Κατανομή τιμών διαφορών

Παρατηρούμε ότι προσεγγίζει την «ΤΡΙΓΩΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ»

#### 7.5.4 Τμήμα κυματομορφής από Frequency Generator

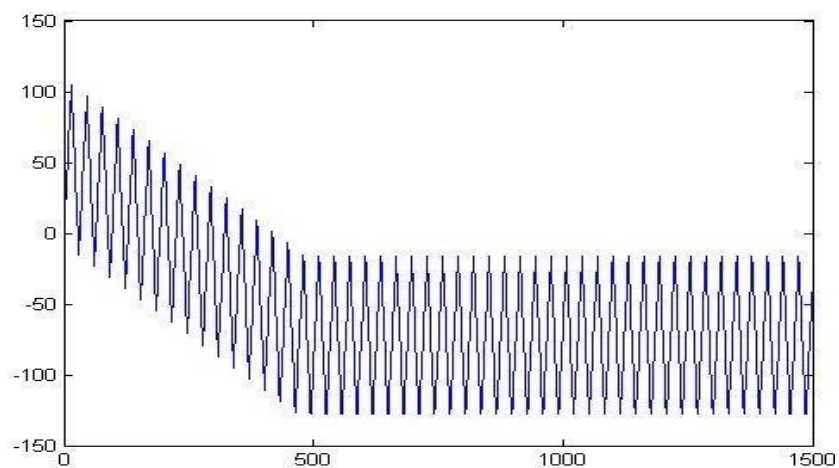


Figure 19: Τιμές δειγμάτων κυματομορφής από FG

#### 7.5.5 Τιμές συχνοτήτων κυματομορφής από FG

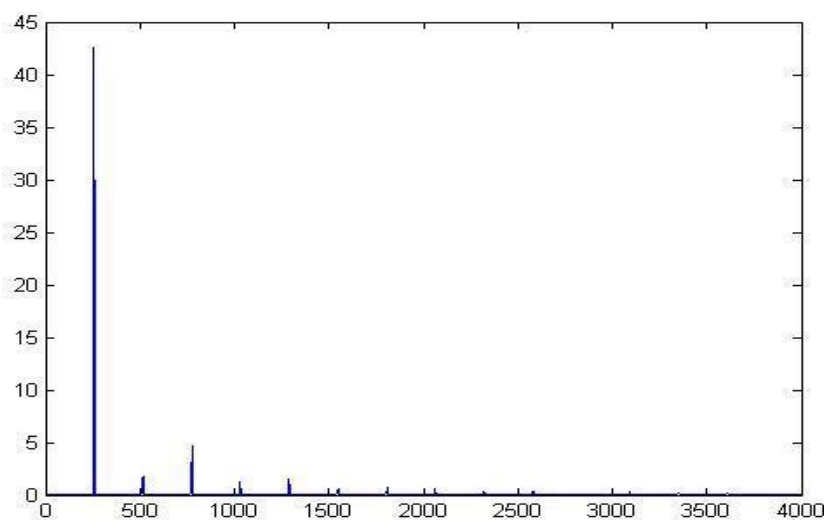


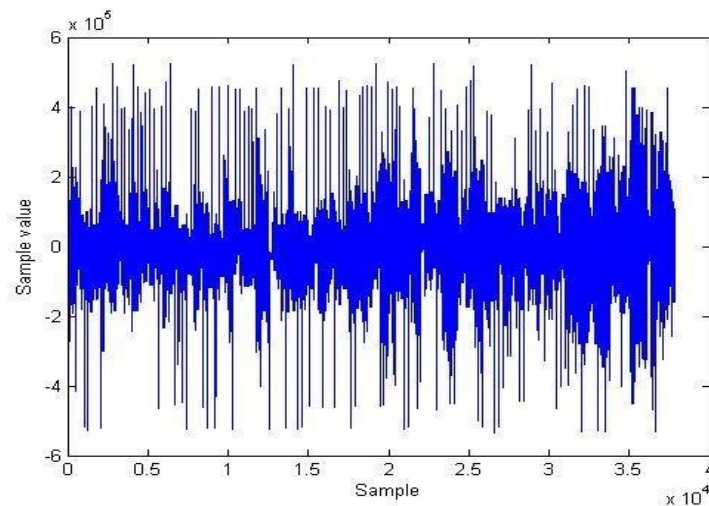
Figure 20: Τιμές συχνοτήτων κυματομορφής από FG

## 7.6 Πακέτα Ήχου - AQDPCM

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την λήψη πακέτων ήχου με διαμόρφωση AQ-DPCM.

Το τραγούδι που αντιστοιχεί στα αποτελέσματα αυτά είναι το υπ-αριθμόν 2 από το ρεπερτόριο του εικονικού εργαστηρίου.

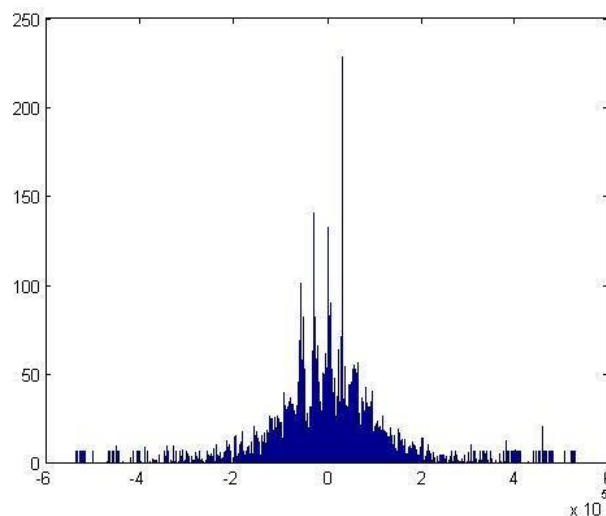
### 7.6.1 Τιμές δειγμάτων



*Figure 21: Τιμές Δειγμάτων Τραγουδιού*

### 7.6.2 Κατανομή τιμών δειγμάτων

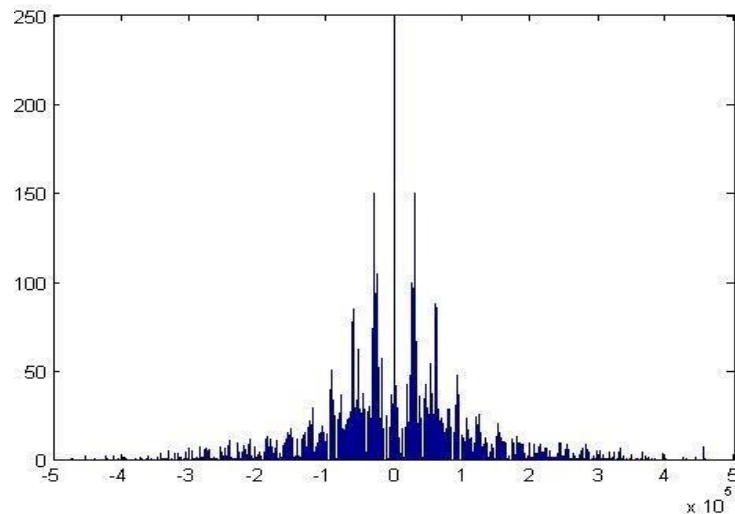
Παρακάτω, δίνεται η κατανομή των τιμών των δειγμάτων του τραγουδιού που έχει υποστεί διαμόρφωση AQ-DCPM.



**Παρατηρείται ότι ακολουθείται η κατανομή LAPLACE!**

### 7.6.3 Κατανομή τιμών διαφορών

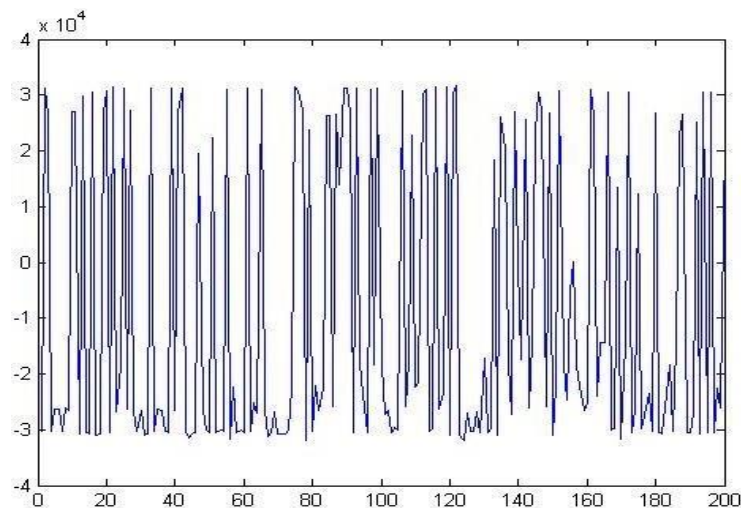
Παρακάτω, δίνεται η κατανομή των τιμών διαφορών για το τραγούδι που έχει υποστεί διαμόρφωση AQ-DCPM.



*Figure 22: Κατανομή τιμών διαφορών*

### 7.6.4 Μέση τιμή του προσαρμοζόμενου κβαντιστή – Τραγούδι #2

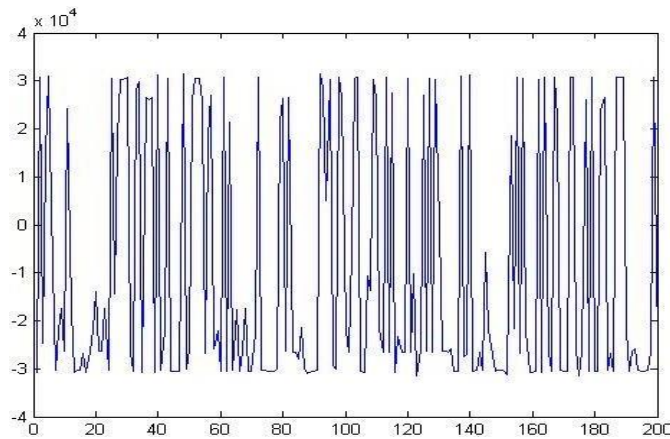
Στην υποπαράγραφο αυτή παρουσιάζεται το διάγραμμα της μέσης τιμής του προσαρμοζόμενου κβαντιστή κατά την λήψη του τραγουδιού υπ-αριθμόν 2 από το ρεπερτόριο του εικονικού εργαστηρίου.



*Figure 23: Μέση τιμή του προσαρμοζόμενου κβαντιστή*

### 7.6.5 Μέση τιμή του προσαρμοζόμενου κβαντιστή – Τραγούδι #5

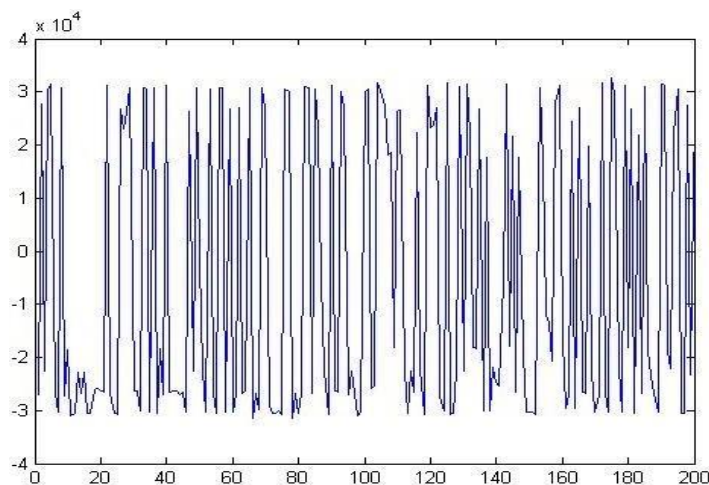
Στην υποπαράγραφο αυτή παρουσιάζεται το διάγραμμα της μέσης τιμής του προσαρμοζόμενου κβαντιστή κατά την λήψη του τραγουδιού υπ-αριθμόν 5 από το ρεπερτόριο του εικονικού εργαστηρίου.



*Figure 24: Μέση τιμή του προσαρμοζόμενου κβαντιστή*

### 7.6.6 Βήμα του προσαρμοζόμενου κβαντιστή – Τραγούδι #2

Στην υποπαράγραφο αυτή παρουσιάζεται το διάγραμμα του βήματος κβάντισης του προσαρμοζόμενου κβαντιστή κατά την λήψη του τραγουδιού υπ-αριθμόν 2 από το ρεπερτόριο του εικονικού εργαστηρίου.

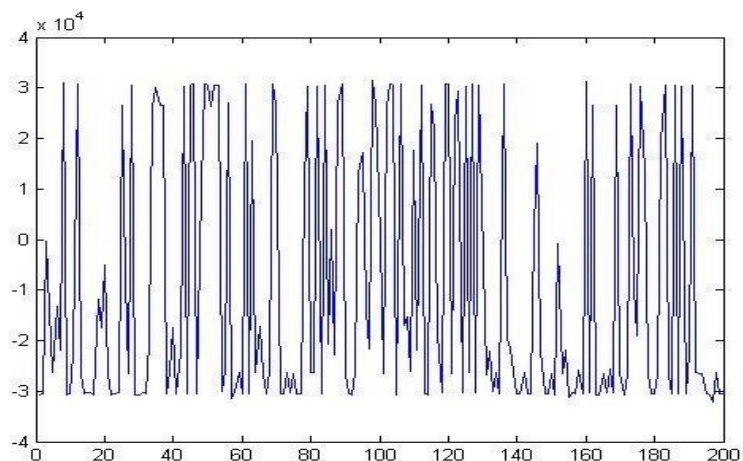


*Figure 25: Βήμα κβάντισης - Τραγούδι #2*



### 7.6.7 Βήμα το προσαρμοσμένου κβαντιστή – Τραγούδι #5

Στην υποπαράγραφο αυτή παρουσιάζεται το διάγραμμα του βήματος κβάντισης του προσαρμοζόμενου κβαντιστή κατά την λήψη του τραγουδιού υπ-αριθμόν 5 από το ρεπερτόριο του εικονικού εργαστηρίου.



*Figure 26: Βήμα κβάντισης - Τραγούδι #5*



## 8. Session #2

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, η πρώτη σύνοδος έγινε στις 5/7/13, και συγκεκριμένα αμέσως μετά την εξέταση των Δικτύων II [=].

Η επεξεργασία των μετρήσεων που λάβαμε από την εφαρμογή, καθώς και τα διαγράμματα, έγιναν στην Matlab.

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών  
Πολυτεχνική Σχολή  
ΑΠΘ

Δίκτυα Υπολογιστών II (8ο εξάμηνο)

Experimental Virtual Lab

Εργασία σε δικτυακό προγραμματισμό : Java socket programming

Client address : 178.59.137.147

Client listening port : 48005

Server listening port : 38005

Echo request code : E3642

Image request code : M2074

Sound request code : V5348 (Ad-hoc real-time audio streaming)

Διάρκεια εργαστηρίου από 21:44 έως 23:44 σήμερα 05-07-2013

Αριθμός φοιτητών/φοιτητριών online στο εργαστήριο : 2

### 8.1 Πακέτα Echo\_Request με τυχαία καθυστέρηση

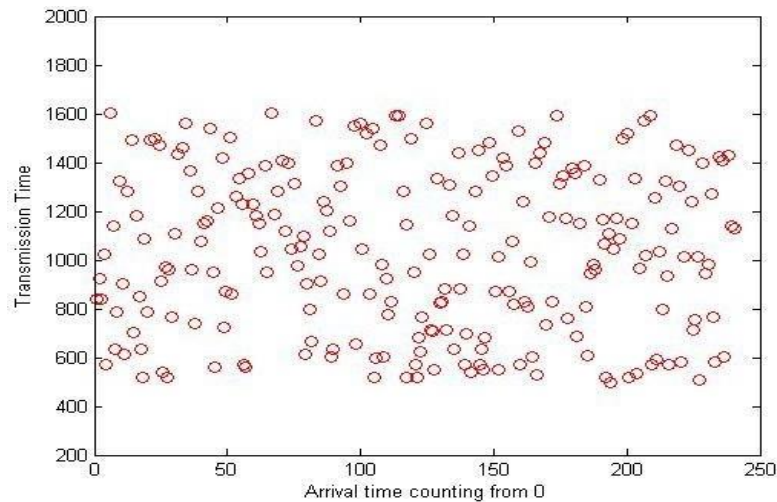
Αυτή η ενότητα έχει να κάνει με τα πακέτα που λαμβάνονται από το server με παρεμβολή τυχαίας καθυστέρησης.

Ποιο κάτω παραθέτουμε κάποιες χρήσιμες πληροφορίες:

- Η χρονική διάρκεια λήψης των πακέτων αυτών ορίστηκε στα 4 λεπτά.
- Ο μέγιστος χρόνος απόκρισης ήταν 1602ms και ο ελάχιστος 497ms.
- Ο μέσος χρόνος απόκρισης του συστήματος ήταν 1035ms.
- Η διασπορά στην συγκεκριμένη λήψη είναι 108270. (γιατί?)
- Η τυπική απόκλιση είναι 329.0470.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα σχετικά διαγράμματα των μετρήσεων.

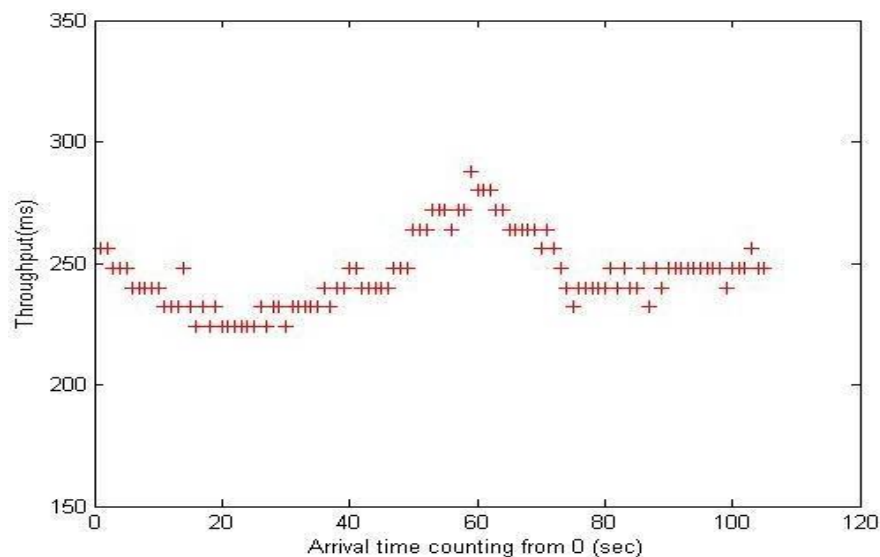
### 8.1.1 Χρόνος Απόκρισης



*Figure 27: Χρόνος Απόκρισης*

### 8.1.2 Ρυθμαπόδοση με SMA ανά 32sec

Στο σημείο αυτό αναφέρω ότι η ρυθμαπόδοση του συστήματος υπολογίστηκε με την τεχνική του κινούμενου μέσου όρου (SMA) ανά δευτερόλεπτο για τα 32 πλέον πρόσφατα δευτερόλεπτα κάθε φορά.



*Figure 28: Ρυθμαπόδοση με SMA ανά 32sec*

### 8.1.3 Συχνότητα εμφάνισης τιμών χρόνου απόκρισης

Στην υποενότητα αυτή θα παρουσιαστεί η συχνότητα εμφάνισης των τιμών για τους χρόνους απόκρισης του συστήματος που παρουσιάστηκαν στην υποενότητα 8.1.1

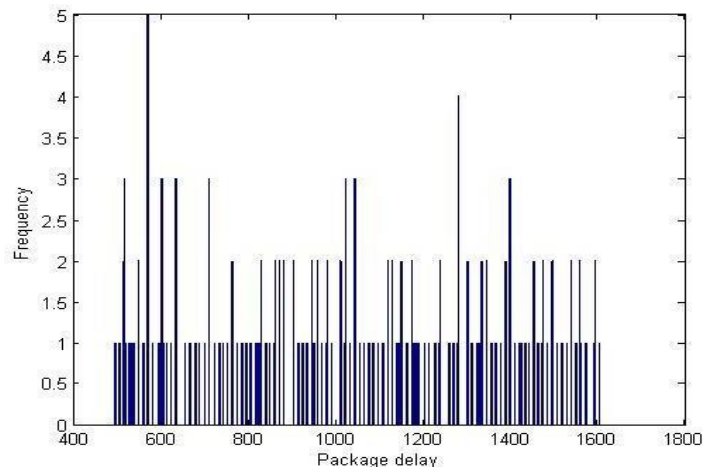


Figure 29: Συχνότητα εμφάνισης τιμών χρόνου απόκρισης

### 8.1.4 Συχνότητα εμφάνισης τιμών ρυθμαπόδοσης

Στην παράγραφο αυτή θα παρουσιαστεί σχετικό διάγραμμα της συχνότητας εμφάνισης των τιμών της ρυθμαπόδοσης του συστήματος που καταγράφηκαν στην παράγραφο 8.1.2

Στο σημείο αυτό αναφέρουμε τα εξής χρήσιμα :

- Η μέγιστη τιμή ρυθμαπόδοσης που καταγράφηκε είναι 288 bps.
- Η ελάχιστη τιμή ρυθμαπόδοσης που καταγράφηκε είναι 224 bps.
- Η μέση τιμή ρυθμαπόδοσης είναι 246 bps.

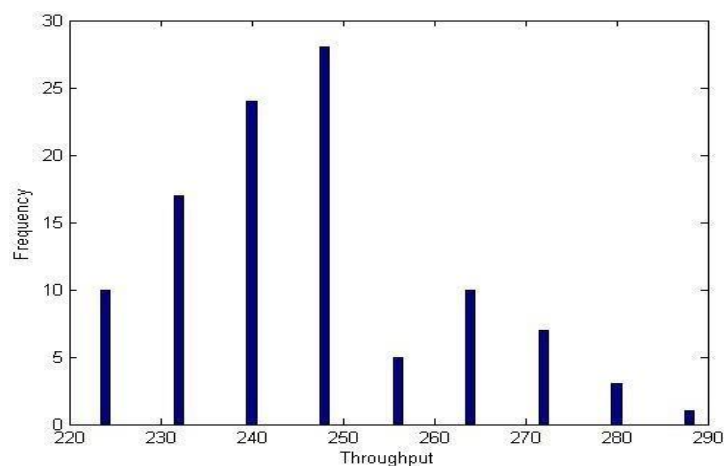


Figure 30: Συχνότητα εμφάνισης τιμών ρυθμαπόδοσης

## 8.2 Πακέτα Echo\_Request χωρίς καθυστέρηση

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται οι σχετικές μετρήσεις και αποτελέσματα, για την διαδικασία λήψης πακέτων echo\_request με απενεργοποιημένη την χρονική καθυστέρηση από τον server Ιθάκη.

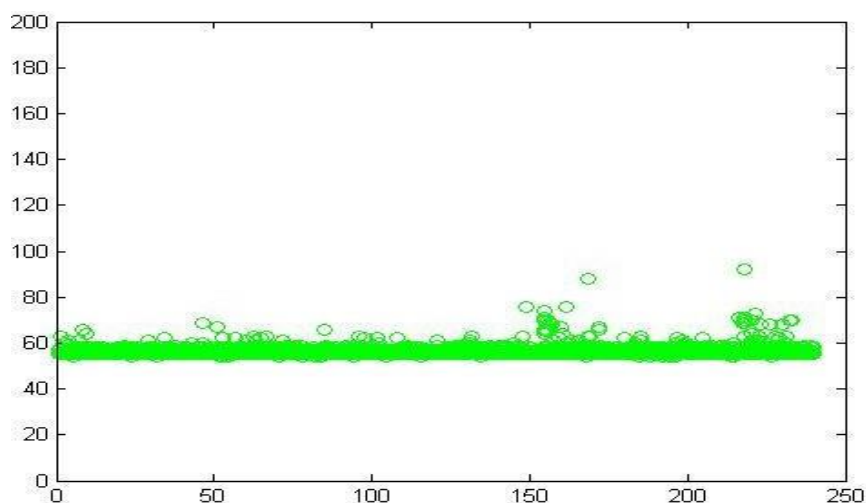
Η χρονική διάρκεια λήψης των πακέτων αυτών ορίστηκε από εμάς στα 4 λεπτά

Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα σχετικά διαγράμματα των μετρήσεων που πήραμε.

### 8.2.1 Χρόνος Απόκρισης

Πιο κάτω παραθέτουμε κάποιες χρήσιμες πληροφορίες που αφορούν τις μετρήσεις μας για τον χρόνο απόκρισης του συστήματος σε λήψη των συγκεκριμένων πακέτων echo\_request.

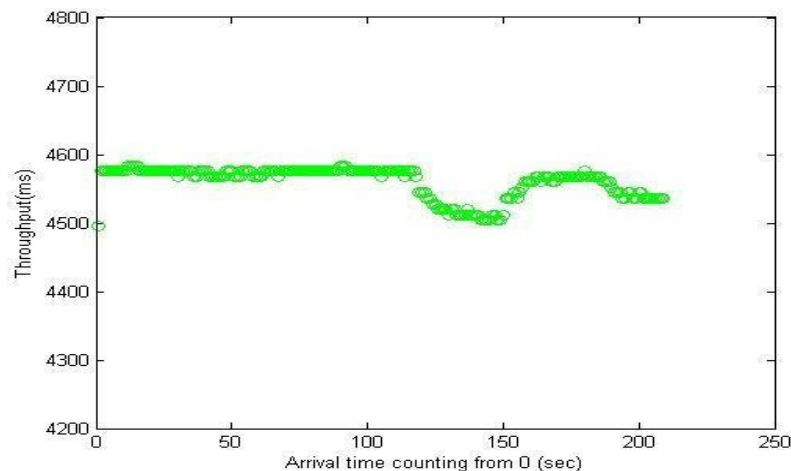
- Η χρονική διάρκεια λήψης των πακέτων αυτών ορίστηκε στα 4 λεπτά.
- Ο μέγιστος χρόνος απόκρισης ήταν 253 ms και ο ελάχιστος μικρότερος από 54 ms.
- Ο μέσος χρόνος απόκρισης του συστήματος ήταν 56ms.
- Η διασπορά στην συγκεκριμένη λήψη είναι 85.1608.
- Η τυπική απόκλιση είναι 9.2283.



*Figure 31: Χρόνος Απόκρισης*

### 8.2.2 Ρυθμαπόδοση με SMA ανά 32sec

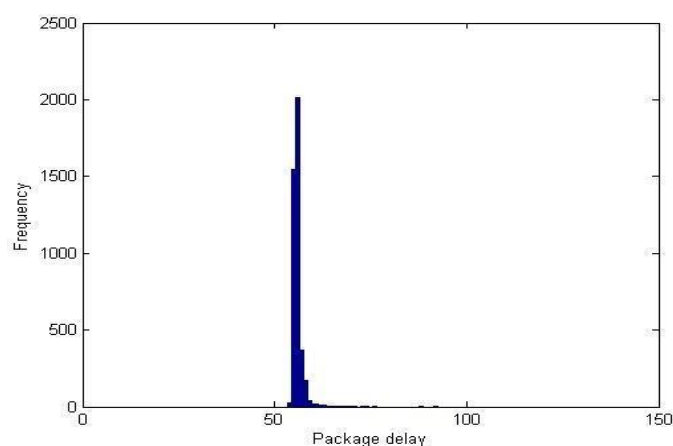
Στο σημείο αυτό αναφέρω ότι η ρυθμαπόδοση του συστήματος υπολογίστηκε με την τεχνική του κινούμενου μέσου όρου (SMA) ανά δευτερόλεπτο για τα 32 πλέον πρόσφατα δευτερόλεπτα κάθε φορά.



*Figure 32: Ρυθμαπόδοση με SMA ανά 32sec*

### 8.2.3 Συχνότητα εμφάνισης τιμών χρόνου απόκρισης

Στην παράγραφο αυτή θα παρουσιαστεί η συχνότητα εμφάνισης των τιμών για τους χρόνους απόκρισης του συστήματος που παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 8.2.1



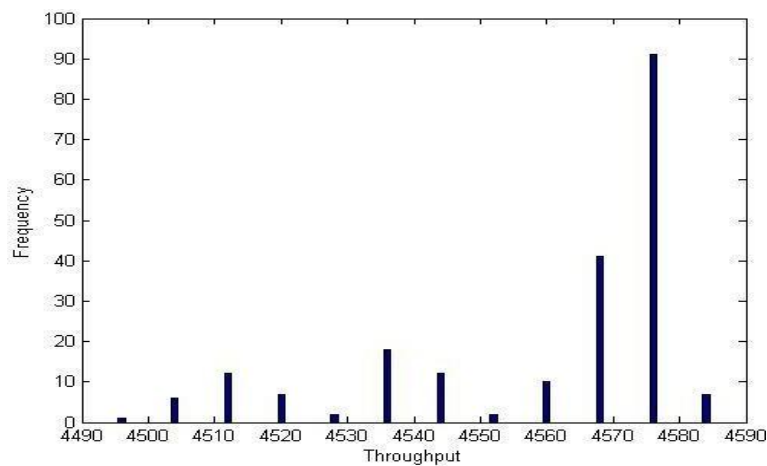
*Figure 33: Συχνότητα εμφάνισης τιμών χρόνου απόκρισης*

#### 8.2.4 Συχνότητα εμφάνισης τιμών ρυθμαπόδοσης

Στην παράγραφο αυτή θα παρουσιαστεί σχετικό διάγραμμα της συχνότητας εμφάνισης των τιμών της ρυθμαπόδοσης του συστήματος που καταγράφηκαν στην παράγραφο 7.1.2

Στο σημείο αυτό αναφέρουμε τα εξής χρήσιμα :

- Η μέγιστη τιμή ρυθμαπόδοσης που καταγράφηκε είναι 4584 bps.
- Η ελάχιστη τιμή ρυθμαπόδοσης που καταγράφηκε είναι 4496 bps.
- Η μέση τιμή ρυθμαπόδοσης είναι 4560 bps.



**Figure 34: Συχνότητα εμφάνισης τιμών ρυθμαπόδοσης**

### 8.3 Λήψη εικόνων

Στην υποενότητα αυτή παραθέτουμε τις εικόνες που λάβαμε από την Ιθάκη κατά την διάρκεια της 2<sup>ης</sup> συνόδου.

Εικόνα από την δεύτερη κάμερα με ανάλυση 320x240 pixels.



Εικόνα από την πρώτη κάμερα με ανάλυση 640x480 pixels.



## 8.4 Θερμοκρασίες Εγνατίας Οδού

Παρακάτω, παρουσιάζουμε τις θερμοκρασίες που λάβαμε για τα οκτώ (8) διαφορετικά σημεία από τους αντίστοιχους σταθμούς τηλεμετρήσεων T01 έως και T08 της Εγνατίας Οδού.

T01	16-01	11:15	+12
T02	05-07	14:00	+34
T03	12-12	00:30	+02
T04	10-12	20:15	+06
T05	15-09	03:30	+23
T06	15-09	03:30	+23
T07	14-09	17:15	+28

## 8.5 Πακέτα Ήχου – DPCM

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την λήψη πακέτων ήχου με διαμόρφωση DPCM.

Το τραγούδι το οποίο λήφθηκε κατά την 2<sup>η</sup> Σύνοδο είναι το υπ-αριθμόν 25 από το ρεπερτόριο του εικονικού εργαστηρίου

### 8.5.1 Τιμές Δειγμάτων

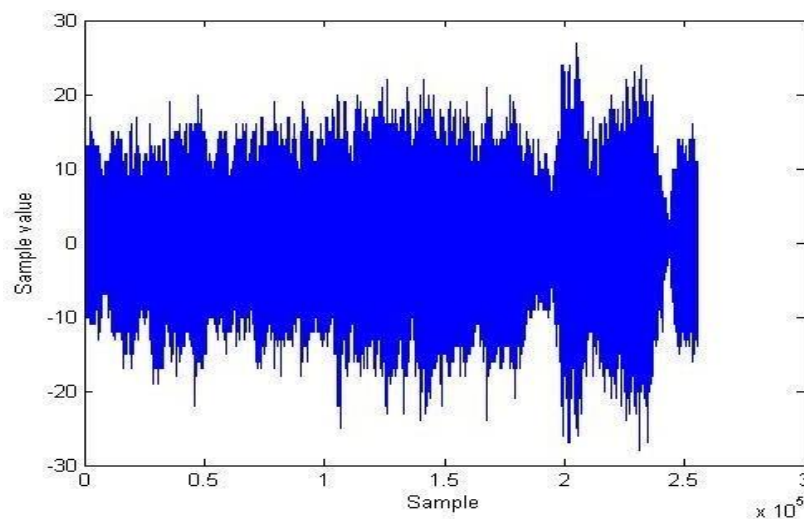


Figure 35: Τραγούδι 25



### 8.5.2 Κατανομή τιμών δειγμάτων

Παρακάτω, δίνεται η κατανομή των τιμών των δειγμάτων του τραγουδιού που έχει υποστεί διαμόρφωση DCPM.

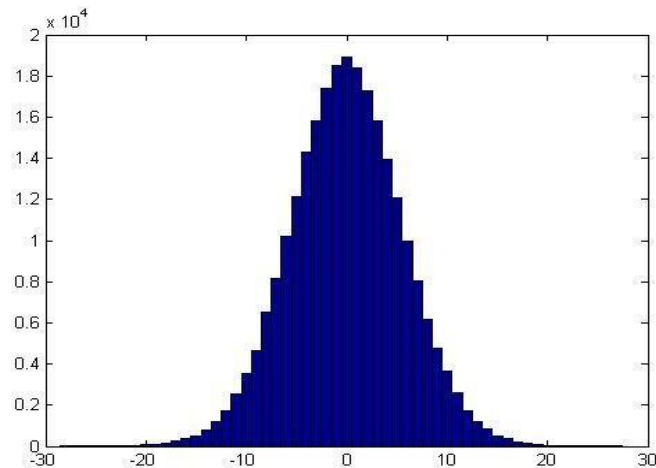


Figure 36: Κατανομή τιμών δειγμάτων

Παρατηρούμε ότι, όπως και για στην πρώτη συνοδό, προσεγγίζει την «ΚΑΤΑΝΟΜΗ Cauchy»?

### 8.5.3 Κατανομή τιμών διαφορών

Παρακάτω, δίνεται η κατανομή των τιμών διαφορών για το τραγούδι που έχει υποστεί διαμόρφωση DCPM.

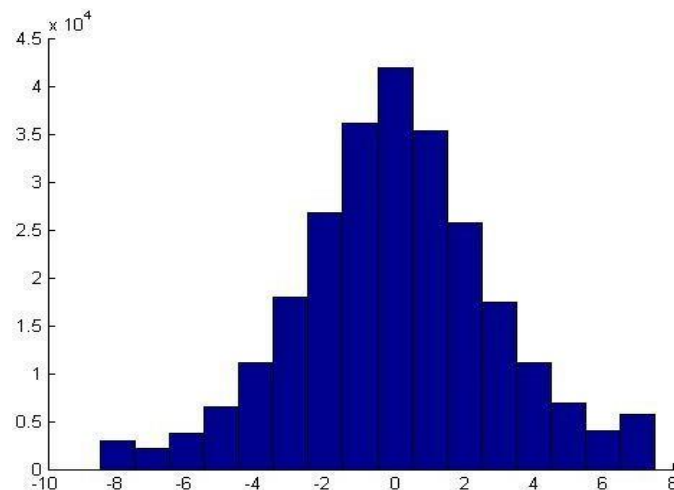


Figure 37: Κατανομή τιμών διαφορών

Παρατηρούμε ότι προσεγγίζει την «ΤΡΙΓΩΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ»

#### 8.5.4 Τμήμα κυματομορφής από Frequency Generator

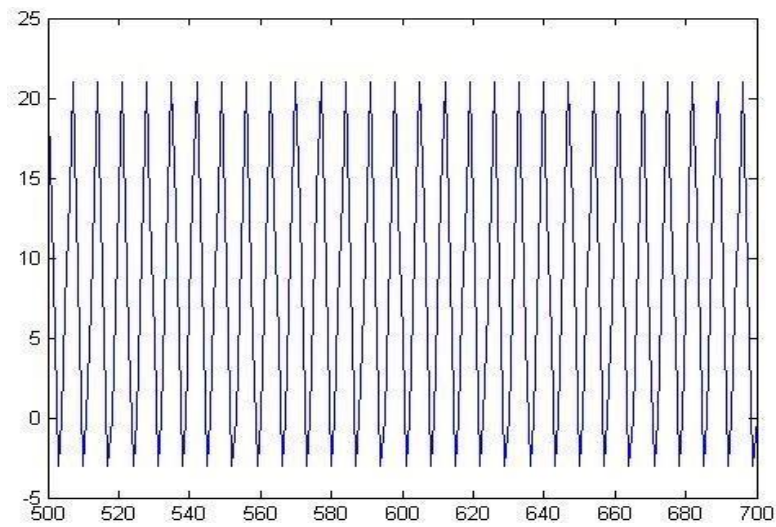
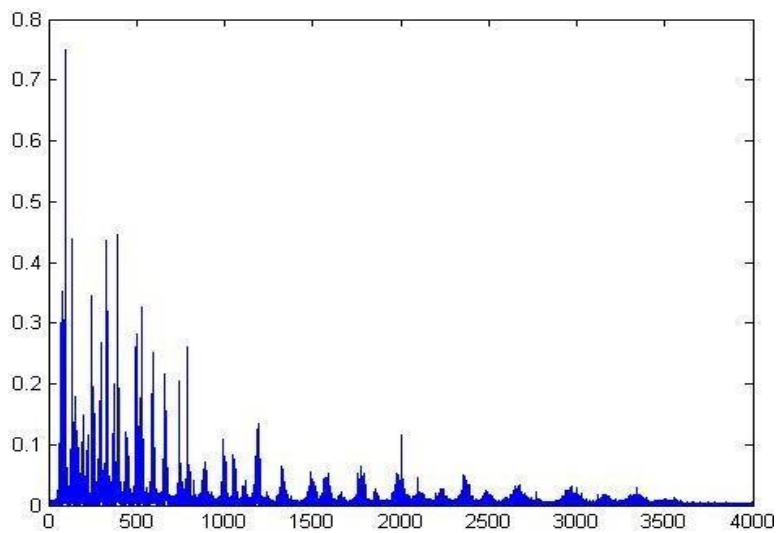


Figure 38: Τιμές δειγμάτων κυματομορφής από FG

#### 8.5.5 Τιμές συχνοτήτων κυματομορφής από FG



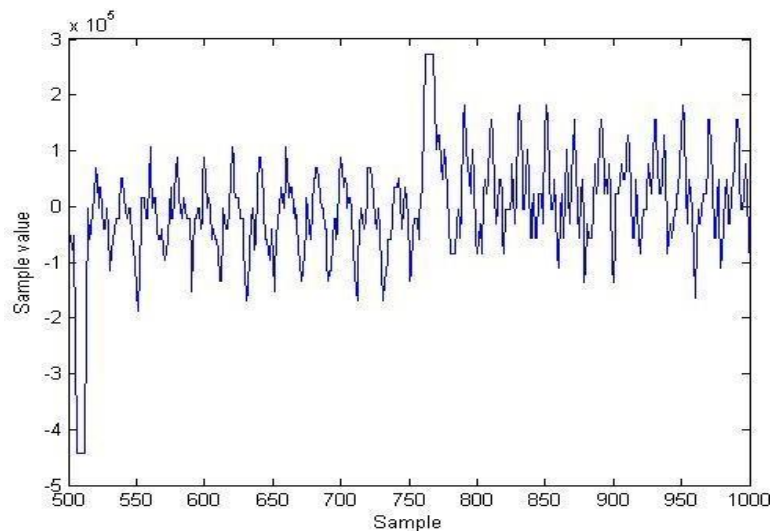
Παρατηρούμε ότι σε σχέση με την κυματομορφή που λάβαμε στην 1<sup>η</sup> συνοδό, ότι έχει μεγαλύτερο φασματικό περιεχόμενο.

## 8.6 Πακέτα Ήχου – AQDPCM

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την λήψη πακέτων ήχου με διαμόρφωση AQ-DPCM.

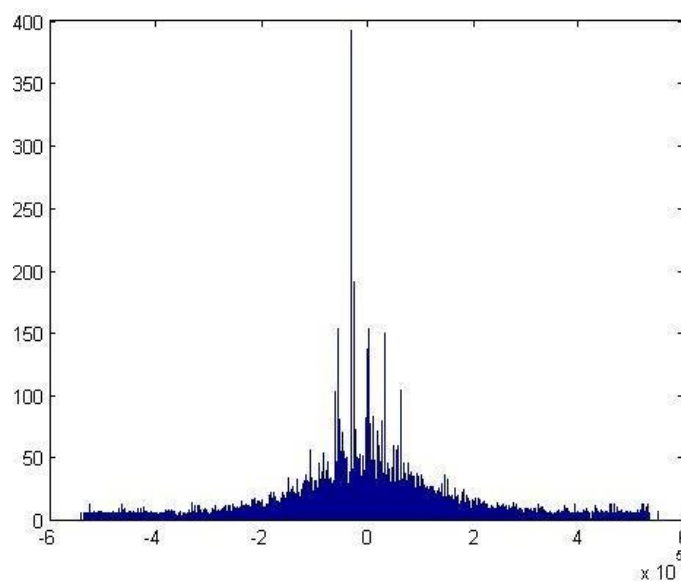
Το τραγούδι που αντιστοιχεί στα αποτελέσματα αυτά είναι το υπ-αριθμόν 25 από το ρεπερτόριο του εικονικού εργαστηρίου.

### 8.6.1 Τιμές δειγμάτων



*Figure 39: Τμήμα της κυματομορφής του τραγουδιού*

### 8.6.2 Κατανομή τιμών δειγμάτων



**Παρατηρείται ότι ακολουθείται η κατανομή LAPLACE!**

### 8.6.3 Κατανομή τιμών διαφορών

Παρακάτω, δίνεται η κατανομή των τιμών διαφορών για το τραγούδι που έχει υποστεί διαμόρφωση AQ-DCPM.

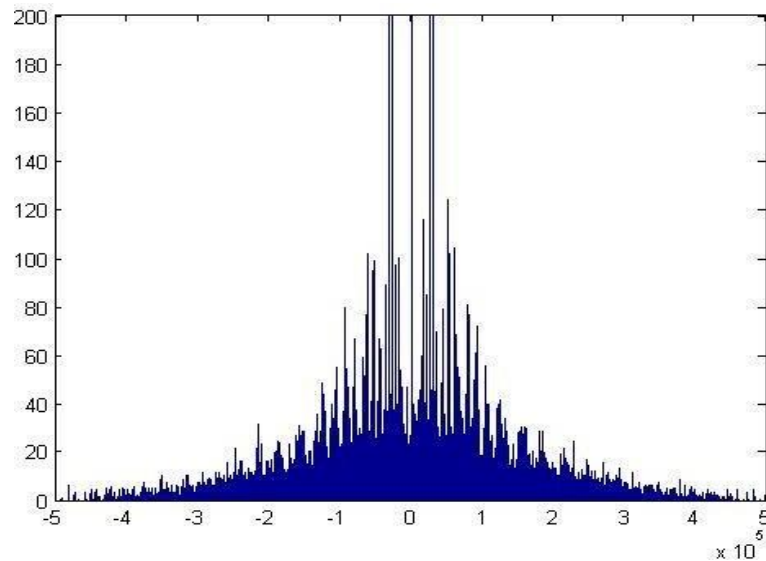


Figure 40: Κατανομή τιμών διαφορών

### 8.6.4 Μέση τιμή του προσαρμοζόμενου κβαντιστή – Τραγούδι #25

Στην υποπαράγραφο αυτή παρουσιάζεται το διάγραμμα του βήματος κβάντισης του προσαρμοζόμενου κβαντιστή κατά την λήψη του τραγουδιού υπ-αριθμόν 25 από το ρεπερτόριο του εικονικού εργαστηρίου.

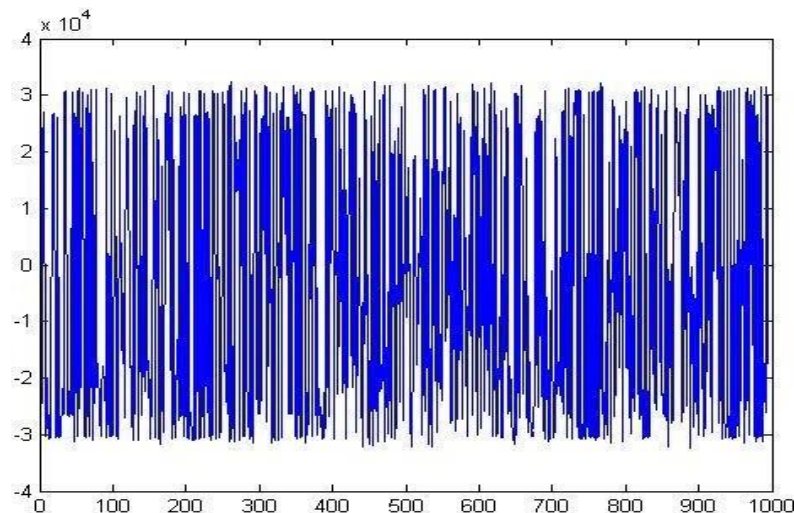


Figure 41: Μέση τιμή βήματος

### 8.6.1 Βήμα το προσαρμοσμένου κβαντιστή – Τραγούδι #25

Στην υποπαράγραφο αυτή παρουσιάζεται το διάγραμμα του βήματος κβάντισης του προσαρμοζόμενου κβαντιστή κατά την λήψη του τραγουδιού υπ-αριθμόν 25 από το ρεπερτόριο του εικονικού εργαστηρίου.

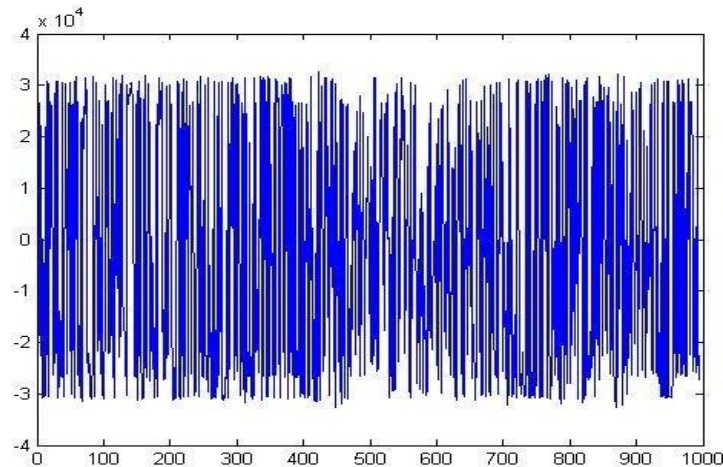


Figure 42: Βήμα κβάντισης

### 8.6.1 Μέση τιμή του προσαρμοζόμενου κβαντιστή – Τραγούδι #28

Στην υποπαράγραφο αυτή παρουσιάζεται το διάγραμμα της μέσης τιμής του προσαρμοζόμενου κβαντιστή κατά την λήψη του τραγουδιού υπ-αριθμόν 28 από το ρεπερτόριο του εικονικού εργαστηρίου.

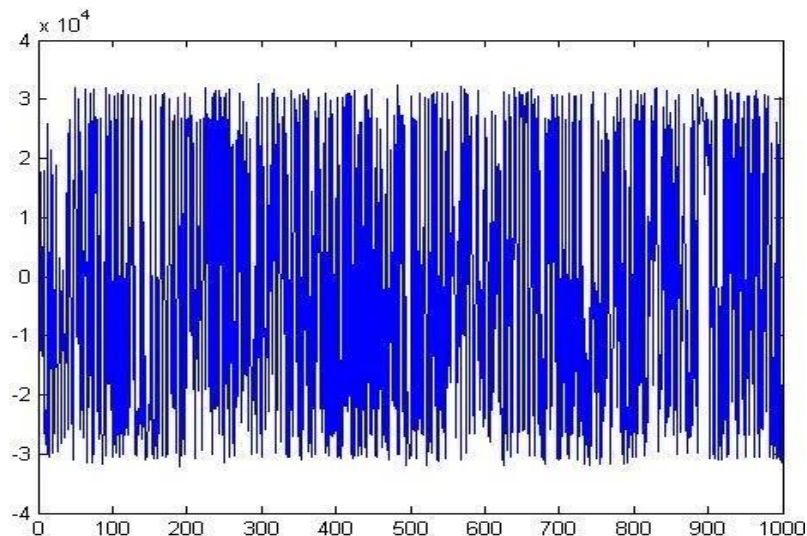
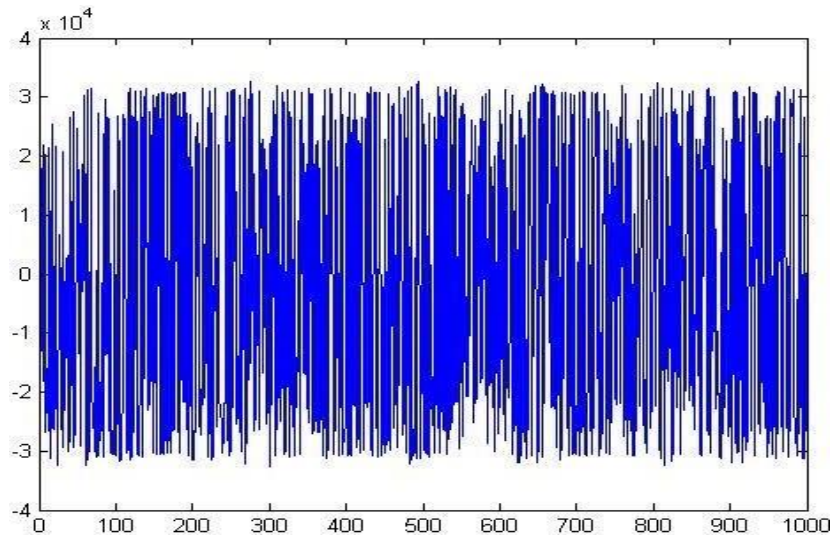


Figure 43: Μέση τιμή βήματος

### 8.6.2 Βήμα το προσαρμοσμένου κβαντιστή – Τραγούδι #28

Στην υποπαράγραφο αυτή παρουσιάζεται το διάγραμμα του βήματος κβάντισης του προσαρμοζόμενου κβαντιστή κατά την λήψη του τραγουδιού υπ-αριθμόν 25 από το ρεπερτόριο του εικονικού εργαστηρίου.



*Figure 44: Βήμα Κβάντισης*