



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΗΜΜΥ. ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ

ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ Ι

Εργασία δικτυακού προγραμματισμού Ι

Συντάκτης :
ΧΡΗΣΤΟΣ ΧΟΥΤΟΥΡΙΔΗΣ
ΑΕΜ:8997
cchoutou@ece.auth.gr

Διδάσκων :
ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΜΗΤΡΑΚΟΣ
mitrakos@eng.auth.gr

17 Απριλίου 2020

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	Εισαγωγή	2
2	Γενικά περί modem	2
2.1	PCM - Pulse code modulation	2
2.2	Αρχή λειτουργίας PCM	3
2.3	ADSL	3
3	Ανάλυση πειραματικών δεδομένων	3
3.1	Πρώτη σύνοδος	3
3.2	Δεύτερη σύνοδος	5
4	Επίλογος	6

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εργασία αυτή αφορά μια εφαρμογή δικτυακού προγραμματισμού που αναπτύχθηκε σε γλώσσα Java. Η εφαρμογή χρησιμοποιήθηκε ως εργαλείο επικοινωνίας με τον server του εργαστηρίου “**Ιθάκη**”, ώστε να πραγματοποιήσει μία σειρά από μετρήσεις και λήψεις δεδομένων. Με τα δεδομένα των μετρήσεων μπορέσαμε να εξάγουμε συμπεράσματα τόσο για την χρονική απόκριση του server και του καναλιού επικοινωνίας, όσο και για την πιθανότητα εσφαλμένης μετάδοσης δεδομένων. Για την επεξεργασία των δεδομένων και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το matlab.

Τέλος στον σύνδεσμο git.hoo2.net/hoo2/virtualModem υπάρχει το **αποθετήριο με τον κώδικα** της εφαρμογής, τον κώδικα των αναφορών καθώς και τον κώδικα matlab που χρησιμοποιήσαμε για να επεξεργαστούμε τα δεδομένα.

2. ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ MODEM

Ξεκινώντας από την ονομασία τους, ο όρος modem προέρχεται από τη συνένωση των λέξεων modulator-demodulator. Πρόκειται για ηλεκτρονική συσκευή η οποία είναι ικανή για την μετάδοση δεδομένων από ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή σε έναν άλλο. Ιστορικά οι συσκευές αυτές συνήθως χρησιμοποιούσαν τις τηλεφωνικές γραμμές. Τα πρώτα modem ήταν τα *bell 101* και άρχισαν να παράγονται μαζικά το 1958 από την εταιρία AT&T [1], ώστε να χρησιμοποιηθούν στο υπολογιστικό σύστημα SAGE [2]. Ένα χαρακτηριστικό των modem, το οποίο βρίσκεται κάτω από συνεχή έρευνα για βελτίωση, είναι η ταχύτητα δεδομένων τα οποία μπορούν να μεταδώσουν και η οποία μετράται σε bit/sec ή bps. Για το σκοπό αυτό αναπτύχθηκαν πολλά πρωτόκολλα και τεχνολογίες.

Κατά τα τέλη της δεκαετίας του 1990 αρκετές εταιρίες ανταγωνίζονται για να επιτύχουν καλύτερες ταχύτητες μετάδοσης με αποτέλεσμα τον Φεβρουάριο του 1998, η παγκόσμια ένωση τηλεπικοινωνιών να ανακοινώνει το πρότυπο v90 [3]. Δύο χρόνια αργότερα η ίδια το βελτιώνει, παρουσιάζοντας το v92 [4], το οποίο χρησιμοποιεί διαμόρφωση **PCM**, τόσο για την λήψη, όσο και για την αποστολή δεδομένων. Η σπουδαιότητα αυτού φαίνεται από το γεγονός ότι το PCM χρησιμοποιείται ευρέως μέχρι και σήμερα.

2.1. PCM - Pulse code modulation

Η διαμόρφωση PCM είναι η απλούστερη μορφή κωδικοποίησης μιας κυματομορφής. Το ζητούμενο είναι να μετατραπεί ένα αναλογικό σήμα σε ψηφιακή πληροφορία και το ανάποδο. Ένας κωδικοποιητής PCM χρησιμοποιείται για την παραγωγή ψηφιακής πληροφορίας από ένα αναλογικό σήμα, ενώ ένας αποκωδικοποιητής για αντίθετο. Οι κωδικοποιητές PCM αποτελούνται από τρία βασικά μέρη. Ένα **δειγματολήπτη**, ένα **κβαντιστή** και ένα **κωδικοποιητή**.

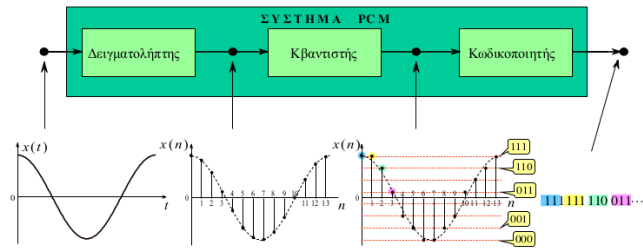
Τα στοιχεία που έκαναν την διαμόρφωση PCM μια από τις πιο βασικές τεχνικές κωδικοποίησης είναι:

- Η απλότητα του υλικού που απαιτείται για την υλοποίηση.

- Η μη χρησιμοποίηση φέροντος.
- Η ευρωστία απέναντι στους θορύβους και τις παρεμβολές.
- Η ασφάλεια στη μετάδοση, καθώς διευκολύνεται η χρήση κρυπτογράφησης.

2.2. Αρχή λειτουργίας PCM

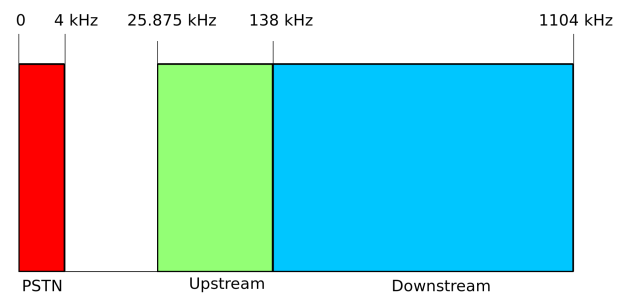
Όπως φαίνεται και στο σχήμα 1, αρχικά το σήμα δειγματοληπτείται. Εδώ ο δειγματολήπτης πρέπει να χρησιμοποιήσει μια συχνότητα μεγαλύτερη από τη συχνότητα Nyquist [5]. Έπειτα το δειγματοληπτημένο σήμα διέρχεται από τον κβαντιστή, απ' όπου και εξέρχεται σε πεπερασμένες στάθμες πλάτους. Αυτό επιτυγχάνεται καθώς ο κβαντιστής αλλάζει την τιμή πλάτους του σήματος εξόδου σε προκαθορισμένες διακριτές τιμές, επιλέγοντας κάθε φορά μια τιμή που είναι κοντινότερη σε αυτή του σήματος εισόδου. Τέλος η κάθε στάθμη κωδικοποιείται σε ένα ψηφιακό αριθμό, ομαδοποιείται σε ψηφιακές λέξεις των n bits και εξέρχεται από τη διάταξη.



Σχήμα 1: Διάγραμμα ενός PCM

2.3. ADSL

Μια ποιο πρόσφατη τεχνολογία στο χώρο των modem, είναι η DSL (digital subscriber line). Σε αυτή την τεχνολογία γίνεται χρήση ενός μεγαλύτερου εύρους συχνοτήτων από αυτό της φωνής μιας τηλεφωνικής γραμμής. Με αυτό τον τρόπο υπάρχει δυνατότητα για μετάδοση δεδομένων με μεγαλύτερο ρυθμό. Μια υλοποίηση αυτής της τεχνολογίας είναι το ADSL (Asymmetric digital subscriber line)[6][7], όπου το bandwidth συχνοτήτων που χρησιμοποιείται για αποστολή δεδομένων είναι διαφορετικού μεγέθους από αυτό που χρησιμοποιείται για την λήψη (σχήμα 2).



Σχήμα 2: Bandwidth συχνοτήτων που χρησιμοποιείται για φωνή, αποστολή και λήψη δεδομένων μιας γραμμής ADSL.

3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

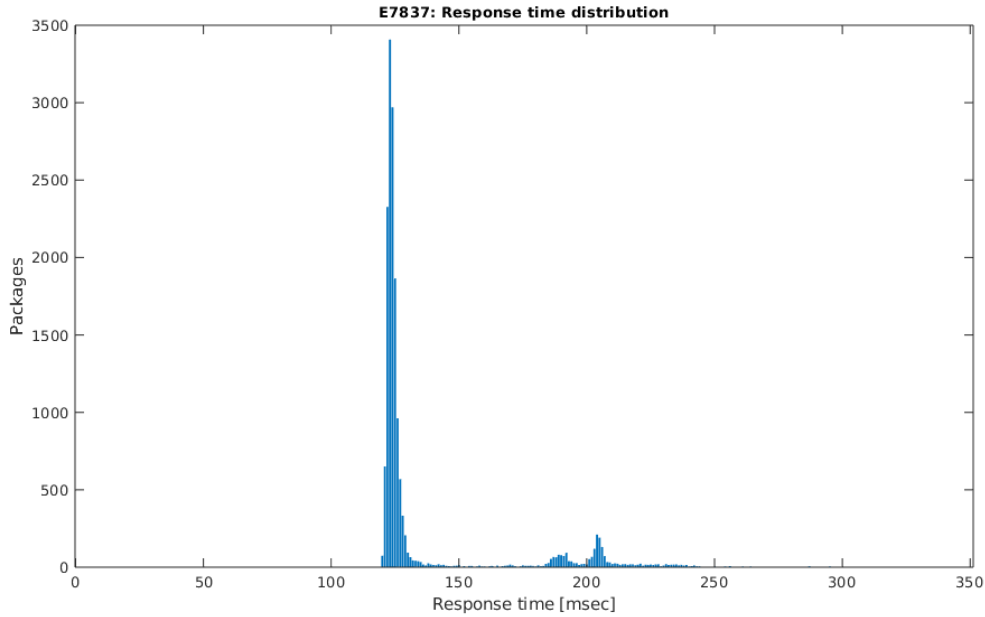
3.1. Πρώτη συνόδος

Με βάση την απόκριση του συστήματος στα πακέτα echo G1 της πρώτης συνόδου, παράξαμε την κατανομή που φαίνεται στο σχήμα 3.

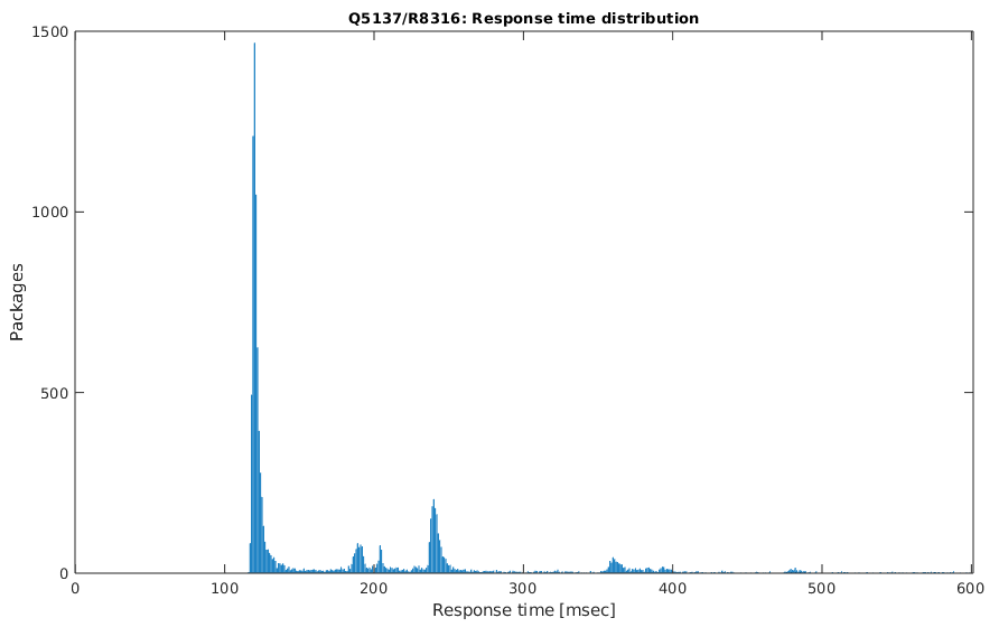
Με μια πρώτη ματιά μπορούμε να διακρίνουμε ότι ο μέσος χρόνος απόκρισης που φαίνεται στον κύριο λοβό, είναι περίπου 120 msec, ενώ ακόμα αυτός είναι μη συμμετρικός και μετατοπισμένος προς τα αριστερά. Ακόμα η κατανομή παρουσιάζει εκτός του κύριου λοβού δύο ακόμα μικρότερους λοβούς σε χρόνους περί τα 180 και 210 msec αντίστοιχα.

Αντίστοιχα με βάση την απόκριση του συστήματος για αποστολές με το μηχανισμό ARQ G2 της πρώτης συνόδου παράξαμε την κατανομή του σχήματος 4. Εδώ μπορούμε να διακρίνουμε επιπλέον μικρούς λοβούς οι οποίοι αφορούν τις κατανομές για πακέτα τα οποία χρειάστηκαν περισσότερες από μία αποστολές.

Εύκολα μπορεί κάποιος να παρατηρήσει πως οι μικρότεροι λοβοί είναι μια “σχεδόν μικρογραφία” του κύριου. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα πως δεν πρόκειται για απόκριση που οφείλεται στον server της Ιθάκης, αλλά ίσως κάποια διαφορετική διαδρομή που ακολούθησαν τα συγκεκριμένα πακέτα, η οποία παίρνει περισσότερο χρόνο. Φυσικά δεν μπορούμε να αποκλείσουμε τον server, καθώς κάλλιστα και αυτός θα μπορούσε να δημιουργεί τεχνικά τις ίδιες καθυστερήσεις. Το γεγονός όμως ότι δημιουργούνται λοβοί, τόσο ο κύριος όσο και οι μικρότεροι, έγκειται στο ότι οι διαδρομές που ακολουθούν τα πακέτα είναι συγκεκριμένες και πεπερασμένες.



Σχήμα 3: Κατανομή του χρόνου απόκρισης του συστήματος για αποστολές echo 40 λεπτών



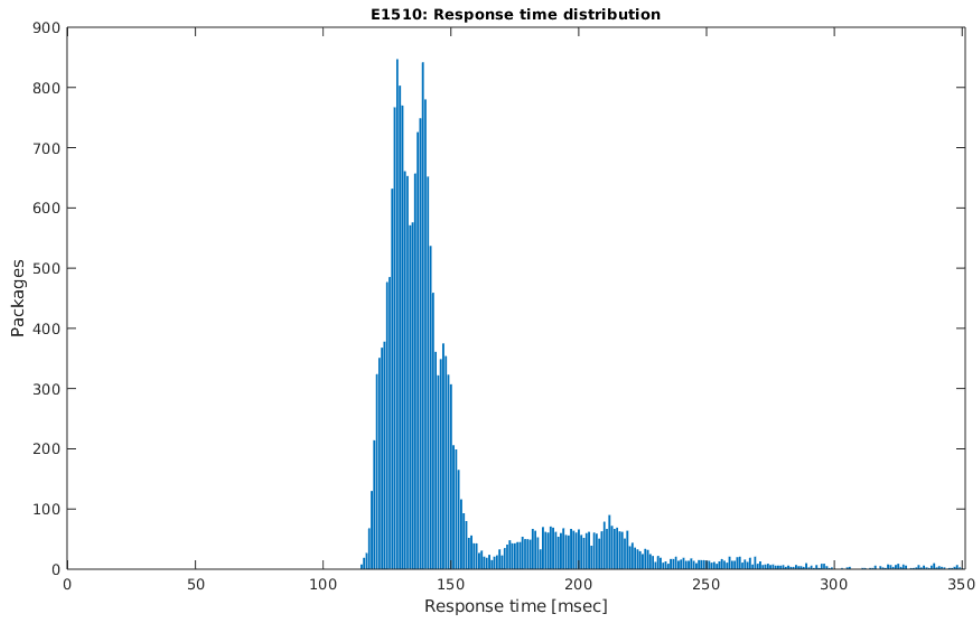
Σχήμα 4: Κατανομή του χρόνου απόκρισης του συστήματος για αποστολές ARQ 40 λεπτών

Στο γράφημα του σχήματος G3 της πρώτης συνόδου φαίνεται ο αριθμός των εκπομπών ανά πακέτο αλλά και ο κανονικοποιημένος αριθμός των επανεκπομπών. Αυτός αντιστοιχεί ουσιαστικά στην πιθανότητα που έχει κάποιο πακέτο να χρειαστεί επανεκπομπή.

Η εκτιμώμενη συνάρτηση που προσεγγίζει την πιθανότητα του αριθμού των επανεκπομπών, με βάση τα αποτελέσματα των μετρήσεων της πρώτης συνόδου είναι εκθετική και ακολουθεί την εξίσωση:

$$P(n) = 0.740089e^{-1.36012n}$$

Όπου n , ο αριθμός των επανεκπομπών.

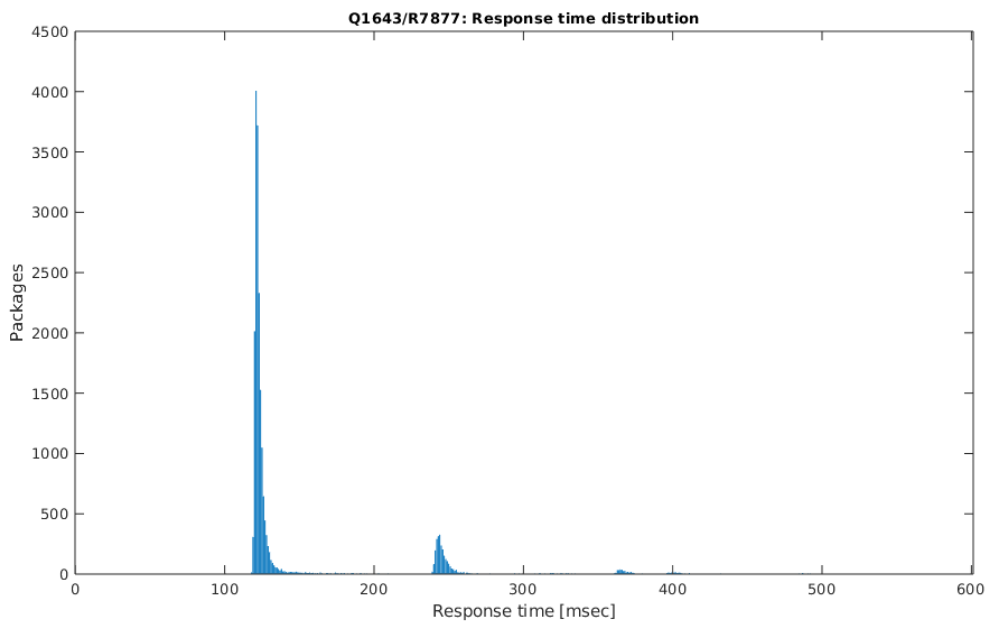


Σχήμα 5: Κατανομή του χρόνου απόκρισης του συστήματος για αποστολές echo 60 λεπτών

3.2. Δεύτερη σύνοδος

Με βάση την απόκριση του συστήματος στα πακέτα echo G1 της δεύτερης συνόδου, παράξαμε την κατανομή που φαίνεται στο σχήμα 5.

Αρχικά βλέπουμε ότι το σύστημα έχει διπλό “κύριο” λοβό. Αυτό προέκυψε γιατί τα δεδομένα λήφθηκαν με σύνδεση μέσω GSM και όπως φαίνεται και στο γράφημα G1 της δεύτερης συνόδου, περίπου μετά τα πρώτα 10000 πακέτα, η απόκριση του συστήματος μειώθηκε. Η χρήση της γραμμής του GSM έγινε λόγω τεχνικών προβλημάτων στην επίγεια γραμμή. Παρόλα αυτά μπορούμε να παρατηρήσουμε πως οι κύριοι λοβοί δεν παρουσιάζουν την ασυμμετρία που είχαν στις μετρήσεις με την επίγεια γραμμή που είχαμε στην πρώτη σύνοδο.



Σχήμα 6: Κατανομή του χρόνου απόκρισης του συστήματος για αποστολές ARQ 60 λεπτών

Αντίστοιχα με βάση την απόκριση του συστήματος για αποστολές με το μηχανισμό ARQ G2 της δεύτερης συνόδου παράξαμε την κατανομή του σχήματος 6. Εδώ χρησιμοποιήθηκε πάλι η επίγεια γραμμή, καθώς η βλάβη αποκαταστάθηκε. Μπορούμε και σε αυτή την περίπτωση, όπως ακριβώς και στην αντίστοιχη της πρώτης συνόδου, να διακρίνουμε επιπλέον μικρούς λοβούς οι οποίοι αφορούν τις κατανομές για πακέτα τα οποία χρειάστηκαν περισσότερες από μία αποστολές. Αυτή τη φορά η λοβοί είναι πολύ μικρότεροι, καθώς η πιθανότητα σφάλματος αυτή τη φορά είναι μικρότερη.

Στο γράφημα του σχήματος G3 της δεύτερης συνόδου φαίνεται ο αριθμός των εκπομπών ανά πακέτο αλλά και ο κανονικοποιημένος αριθμός των επανεκπομπών. Αυτός και εδώ αντιστοιχεί στην πιθανότητα που έχει κάποιο πακέτο να χρειαστεί επανεκπομπή.

Η εκτιμώμενη συνάρτηση που προσεγγίζει την πιθανότητα του αριθμού των επανεκπομπών, με βάση τα αποτελέσματα των μετρήσεων της δεύτερης συνόδου είναι επίσης εκθετική και ακολουθεί την εξίσωση:

$$P(n) = 0.851462e^{-1.90528n}$$

Όπου n , ο αριθμός των επανεκπομπών.

4. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Συνολικά παρατηρούμε πως οι αποκρίσεις δεν έχουν σταθερή συμπεριφορά, κάτι που λέει πολλά για το περιβάλλον στο οποίο πρέπει να “ζουν” οι εφαρμογές που επικοινωνούν με το δίκτυο. Κατά την εκπόνηση μόνο της παρούσας είχαμε τεχνικά προβλήματα στην επίγεια γραμμή όπως η απώλεια πακέτων ακόμη και στο ring. Παρόλα αυτά θεωρούμε ότι καταφέραμε να δημιουργήσουμε μια εφαρμογή που να “μιλάει” τη γλώσσα της **Ιθάκης** και να μπορεί να λάβει μετρήσεις και δεδομένα με σταθερότητα. Κλείνοντας την παρούσα εργασία μπορούμε να πούμε πως μας πρόσφερε αρκετό έδαφος για πειραματισμό και αυτό είναι κάτι που εκτιμούμε ιδιαίτερα.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Bell Telephone Laboratories, Inc. List of Significant Innovations & Discoveries (1925-1983)
- [2] Kent C. Redmond & Thomas M. Smith (2000). From Whirlwind to MITRE: The R&D Story of the SAGE Air Defense Computer. MIT Press. ISBN 978-0-262-26426-6.(20th of April 1951 - p.1, National Security Act 1947 - p.12, April 1947 - p.13)
- [3] "Agreement reached on 56K Modem standard". International Telecommunication Union. 9 February 1998
- [4] Modern site: V.92
- [5] Shannon, Claude E. (January 1949). "Communication in the presence of noise". Proceedings of the Institute of Radio Engineers. 37 (1): 10–21
- [6] ANSI T1.413-1998 "Network and Customer Installation Interfaces – Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) Metallic Interface." (American National Standards Institute 1998)
- [7] Data and Computer Communications, William Stallings, ISBN 0-13-243310-9, ISBN 978-0-13-243310-5