Μέρος Α: Σχολιασμός αποτελεσμάτων

# Χρόνος απόκρισης

Τα αποτελέσματα μεταξύ των συνεδριών σε γενικές γραμμές συμφωνούν. Ένας χρόνος απόκρισης των 30-50 ms φαίνεται ως η επικρατούσα τιμή στις μετρήσεις, ωστόσο κυρίως στην δεύτερη συνεδρία παρουσιάζεται ένας μικρός αλλά παρατηρήσιμος αριθμός ακραίων τιμών (spikes) που φτάνουν μέχρι και το 1 sec. Τέτοιες τιμές πιθανότητα προέκυψαν λόγω μικρών διακοπών της διαδικτυακής σύνδεσης μεταξύ server Ithaki και του υπολογιστή στον οποίον εκτελέστηκε η εφαρμογή userApplication.

Η εισαγωγή ψευδοτυχαίων σφαλμάτων σαφώς επιδεινώνει τον χρόνο απόκρισης μέχρι την επιτυχή λήψη ενός πακέτου. Και πάλι οι επικρατούσες τιμές είναι της τάξεως των 30-50 ms, ωστόσο, στις περιπτώσεις όπου λαμβάνεται ανεπιτυχώς ένα πακέτο απαιτείται επανεκπομπή μηνύματος NACK και επανάληψη λήψης του πακέτου, οπότε ουσιαστικά ο χρόνος απόκρισης γίνεται (προσεγγιστικά) πολλαπλάσιο μιας τυπικής τιμής χρόνου απόκρισης χωρίς σφάλματα.

Έστω τώρα ότι θεωρούμε ως δοκιμή Bernoulli την επιτυχή λήψη ενός πακέτου. Η πιθανότητα για κάθε δοκιμή είναι σταθερή και ανεξάρτητη των υπολοίπων, ενώ επίσης για την επιτυχή λήψη ενός πακέτου απαιτείται η επαναλαμβανόμενη λήψη του, για όσες φορές ανιχνευθεί σφάλμα. Επομένως, έχουμε διαδοχικές δοκιμές Bernoulli και η κατανομή του αριθμού των επαναλήψεων θα είναι η γεωμετρική. Πιο αυστηρά, με μαθηματικά:

Με βάση τα παραπάνω, θα ισχύει:

Και αφού παίρνουμε τελικά:

Η τιμή p μπορεί να μετρηθεί πειραματικά από την εφαρμογή userApplication, ως ο λόγος των πακέτων που λήφθηκαν με επιτυχία προς τον συνολικό αριθμό πακέτων που λήφθηκαν. Η μέτρηση αυτών των τιμών έγινε με μεταγενέστερη επεξεργασία των txt αρχείων με τους αριθμούς επαναλήψεων για κάθε πακέτο που παρήχθησαν και βρέθηκαν: για την πρώτη συνεδρία:

Λαμβάνουμε ως p την μέση τιμή των p1 και p2 επομένως έχουμε, ως προσέγγιση της κατανομής:

# Λήψη εικόνων

Η εισαγωγή σφαλμάτων στο δεύτερο μισό της εικόνας προκαλεί σοβαρές αλλοιώσεις, ενδεχομένως σε βαθμό που παρατηρούνται αφύσικα χρώματα και καταστρέφεται εντελώς το περιεχόμενο. Δηλαδή, δεν είναι δυνατή η διάκριση λεπτομερειών που θα έπρεπε αναμενόμενα να υπάρχουν, αφού η φωτογραφία είναι από σταθερό σημείο.

# Ίχνη GPS

Τα ίχνη φαίνεται να σχηματίζουν μια διαδρομή περιμετρικά της πολυτεχνικής και της παιδαγωγικής σχολής.

# BER

Η τιμές BER που μετρήθηκαν δείχνουν μια πολύ κακή ποιότητα σύνδεσης μεταξύ server Ithaki και υπολογιστή στον οποίον εκτελέστηκε η userApplication. Τέτοιες τιμές σπάνια παρατηρούνται σε ρεαλιστικά σενάρια (τα σφάλματα εισήχθησαν τεχνητά για τους σκοπούς της άσκησης). Η υψηλή αυτή τιμή καθιστά επιπλέον την ταχύτητα σύνδεσης χαμηλή.

Μέρος Β: Τεχνική αναφορά

# Αναγκαιότητα χρήσης των modem

Για τεχνοοικονομικούς λόγους, η σύνδεση των νοικοκυριών και των εταιρικών πελατών στο διαδίκτυο πραγματοποιείται κυρίως μέσω της χρήσης του προ υπάρχοντος τηλεφωνικού δικτύου. Ωστόσο, μια τέτοια σύνδεση δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί εάν δεν υπάρξουν κάποιες τροποποιήσεις στον τοπικό βρόχο, δηλαδή στην δισύρματη χάλκινη γραμμή ή πλέον οπτική ίνα που ενώνει έναν πελάτη με το τηλεφωνικό κέντρο μιας εταιρίας παροχής υπηρεσίας διαδικτύου (Internet Service Provider - ISP). Οι τροποποιήσεις αυτές είναι απαραίτητες για δύο κυρίως λόγους:

1. Πρέπει να προσφέρεται ένα είδος πολυπλεξίας ώστε η Κοινή Παλαιά Τηλεφωνική Υπηρεσία (Plain Old Telephone Service - POTS) να εξακολουθεί να υφίσταται όπως έχει και να μην επηρεάζεται από το διαδίκτυο.
2. Τα ψηφιακά δεδομένα του διαδικτύου οφείλουν να διαμορφώνονται σε αναλογικά σήματα ώστε να μπορούν να μεταδοθούν μέσω των τηλεφωνικών γραμμών.

Για να ικανοποιηθούν οι παραπάνω απαιτήσεις, στον χώρο καθενός πελάτη εισάγεται μια συσκευή που ονομάζεται modem (MOdulator DEModulator - Διαμορφωτής Αποδιαμορφωτής). Η συσκευή αυτή δέχεται την τηλεφωνική γραμμή όπως αυτή έρχεται κατευθείαν από το δίκτυο του παρόχου και την διαχωρίζει μέσω φίλτρων στην στενή ζώνη της τηλεφωνίας (εύρος ζώνης 3100Hz) και σε άλλες ζώνες που χρησιμοποιούνται για τις νέες ψηφιακές ευρυζωνικές υπηρεσίες, μεταξύ των οποίων είναι και το διαδίκτυο. Επιπλέον, το modem αποδιαμορφώνει τα ψηφιακά δεδομένα τα οποία λαμβάνει με αναλογική μορφή από την τηλεφωνική γραμμή και τα οδηγεί στους υπολογιστές, ενώ πραγματοποιεί και την αντίθετη διαδικασία, όταν ένας υπολογιστής επιθυμεί να επικοινωνήσει μέσω του διαδικτύου.

Στις σύγχρονες οικιακές και εταιρικές συνδέσεις στο διαδίκτυο, τα modem συνήθως βρίσκονται ενσωματωμένα σε μια νέα διάταξη, τον δρομολογητή (router), γνωστό και ως σημείο πρόσβασης (access point). H συσκευή αυτή λειτουργεί όπως το modem, ωστόσο επιτρέπει την σύνδεση σε αυτήν, καλωδιακή ή ασύρματη, πληθώρας τηλεφωνικών συσκευών και υπολογιστών. Ο ρόλος της είναι, εκτός των λειτουργιών του κλασσικού modem, να διασυνδέει όλες τις συσκευές μεταξύ τους, δρώντας ως κεντρικός κόμβος ενός τοπικού δικτύου (local area network - LAN) και να κατανέμει το διαθέσιμο εύρος ζώνης που παρέχεται από την τηλεφωνική γραμμή.

# Τεχνολογίες ADSL, ADSL2, ADSL2+

Στα πρώτα χρόνια του διαδικτύου, η μετάδοση των δεδομένων γινόταν μέσω της στενής μπάντας της φωνής, γεγονός που είχε φυσικά δραματικά αποτελέσματα στην νέα προσφερόμενη υπηρεσία.

1. Οι ταχύτητες των δεδομένων ήταν απελπιστικά αργές για τα σημερινά δεδομένα, της τάξεως των 56kbps
2. Η επικοινωνία ενός υπολογιστή μέσω του διαδικτύου σήμαινε την κατάληψη της γραμμής, αποτρέποντας έτσι οποιαδήποτε άλλη επικοινωνία, τηλεφώνου ή υπολογιστή προς άλλον συνδρομητή.

Την ίδια ώρα, η βιομηχανία της καλωδιακής τηλεόρασης προσέφερε ταχύτητες μέχρι και 10 Mbps σε κοινόχρηστα καλώδια. Ο τρόπος για να επιτευχθούν τέτοιες ταχύτητες δεν είναι άλλος από την χρήση ζωνών μεγάλου εύρους. Έτσι, εμφανίστηκαν στην αγορά των τηλεπικοινωνιών καινούρια προϊόντα, με κυριότερο την υπηρεσία Ασύμμετρης Ψηφιακής Συνδρομητικής Γραμμής (Asymmetrical Digital Subscriber Line - ADSL).

Στην υπηρεσία ADSL, χρησιμοποιείται μια μπάντα εύρους ζώνης 1,1MHz η οποία διαιρείται σε 256 ανεξάρτητα κανάλια των 4312,5 Hz. Το κανάλι 0 χρησιμοποιείται για την κοινή παλαιά τηλεφωνική υπηρεσία, τα κανάλια 1-5 δεν χρησιμοποιούνται για αποφυγή παρεμβολών, 2 κανάλια χρησιμοποιούνται για έλεγχο ανερχομένων και κατερχομένων δεδομένων ενώ τα υπόλοιπα 248 κανάλια χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση δεδομένων των χρηστών. Τα κανάλια αυτά χρησιμοποιούνται είτε μόνο για ανερχόμενα είτε μόνο για κατερχόμενα δεδομένα με τρόπο που ορίζει ο πάροχος, ενώ συνήθως για τα κατερχόμενα χρησιμοποιείται το 80-90% των καναλιών με το σκεπτικό ότι οι τυπικοί χρήστες λαμβάνουν πολλά περισσότερα δεδομένα από όσα στέλνουν. Από την επιλογή αυτή προκύπτει ο προσδιορισμός «Ασύμμετρος» από τον όρο ADSL.

Το πρότυπο ADSL2 διαδέχτηκε το ADLS αυξάνοντας την μέγιστη ταχύτητα κατερχόμενων δεδομένων από 8 σε 12Mbps με διάφορες βελτιώσεις. Έπειτα, το ADSL2+ διπλασίασε την ταχύτητα κατερχομένων από 12 σε 24Mbps με διπλασιασμό του εύρους ζώνης από 1,1MHz σε 2,2MHz. Ωστόσο οι μέγιστες ταχύτητες μπορούν να επιτευχθούν μόνο για πολύ μικρές αποστάσεις του συνδρομητή από το κέντρο ανταλλαγής του παρόχου. Όσο μεγαλύτερες γίνονται αυτές οι αποστάσεις, τόσο σημαντικότερες είναι οι παρασιτικές χωρητικότητες των καλωδίων που στενεύουν το εύρος ζώνης, και γενικότερα τα παρασιτικά φαινόμενα που μειώνουν τον σηματοθορυβικό λόγο (Signal to Noise Ratio - SNR) και προκαλούν μεγαλύτερους ρυθμούς σφαλμάτων (Bit Error Rate - BER).

# Μεταφορά πακέτων προς το τοπικό κέντρο και το δίκτυο του ISP

Τα μόντεμ που βρίσκονται εγκατεστημένα στους χώρους των συνδρομητών λαμβάνουν πακέτα IP από τις συνδεδεμένες συσκευές του τοπικού δικτύου και τα στέλνουν μέσω του τοπικού βρόχου προς το τοπικό κέντρο της τηλεφωνικής εταιρίας. Εκεί, τα παραλαμβάνει μια συσκευή που ονομάζεται DSLAM (DSL Access Multiplexer - Πολυπλέκτης Προσπέλασης DSL). Η συσκευή αυτή περιέχει το ίδιο είδος ψηφιακού επεξεργαστή σήματος με τα μόντεμ ADSL και ο σκοπός της είναι να μετασχηματίζει το ψηφιακό σήμα που λαμβάνει σε bit και στη συνέχεια σε πακέτα τα οποία αποστέλλονται στον ISP.

Για την αποστολή πακέτων δεδομένων στις γραμμές ADSL χρησιμοποιείται μια στοίβα πρωτοκόλλων, με κορυφαίο στοιχείο το πρωτόκολλο IP (Internet Protocol - Πρωτόκολλο Διαδικτύου). Καθώς απαιτείται απευθείας επικοινωνία ενός υπολογιστή με το modem, ή του modem με το DSLAM, το IP χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο PPP (Point to Point Protocol - Πρωτόκολλο Σημείου προς Σημείο). Η επικοινωνία των σημείων είναι ασύγχρονη, δηλαδή πραγματοποιείται μόνο όταν υπάρχουν δεδομένα που πρέπει να μεταφερθούν, οπότε χρησιμοποιείται το πρότυπο PPPoA (PPP over ATM). Το ATM (Asynchronous Transfer Mode - Κατάσταση Ασύγχρονης Μετάδοσης) είναι ένα πρωτόκολλο που εξυπηρετεί τον παραπάνω σκοπό και για την χρήση του για αποστολή πακέτων δεδομένων απαιτείται ακόμα ένα επίπεδο προσαρμογής, το πρωτόκολλο AAL5 (ATM Adaption Layer 5 - Επίπεδο Προσαρμογής ATM 5).

# Βιβλιογραφία

* Δίκτυα Υπολογιστών, Tanenbaum, Wetherall, 5η έκδοση.
* <https://en.wikipedia.org/wiki/Point-to-Point_Protocol>
* <https://whatismyipaddress.com/ppp-pppoe>
* <https://www.howtogeek.com/234233/whats-the-difference-between-a-modem-and-a-router/>
* <https://computer.howstuffworks.com/dsl.htm>