

# Δίκτυα Υπολογιστών Ι

Ονοματεπώνυμο : Κελέση Ελπίδα

ΑΕΜ : 09410



Καθηγητής : Δημήτριος Μητράκος

Ακαδημαϊκό έτος : 2019-2020

Εξάμηνο : Εαρινό

# Περιεχόμενα

Σχολιασμός των μετρήσεων	σελίδα	3
Περιγραφή του κώδικα	σελίδα	4
Modems	σελίδα	6
Πρωτόκολλα επικοινωνίας	σελίδα	7
Μηχανισμοί αποσφαλμάτωσης των modem	σελίδα	9
Βιβλιογραφία	σελίδα	11

## Σχολιασμός των μετρήσεων

Το πρόγραμμα έτρεχε και στα δύο session με ταχύτητα 50kbps .

- Όσον αφορά τα G1 διαγράμματα και τις μετρήσεις από τα **Echo** πακέτα:

Session 1 : συνολικά πακέτα 5957---μέσος όρος χρόνου αποστολής πακέτου 51 ms

Session 2 : συνολικά πακέτα 5997---μέσος όρος χρόνου αποστολής πακέτου 51 ms

Συνολικός χρόνος αποστολής και για τα δύο session στα echo πακέτα : 5 λεπτά

Παρατηρούμε ότι ο αριθμός των πακέτων που στάλθηκαν στο session 2 είναι λίγο μεγαλύτερος από ότι στο session 1, αλλά ο μέσος χρόνος αποστολής ενός πακέτου παραμένει ο ίδιος. Γι' αυτό και βλέπουμε μια βελτίωση ως προς το χρόνο, αλλά μικρή στο δεύτερο session, η οποία μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι στην πρώτη μέτρηση ήταν και άλλα άτομα συνδεδεμένα στο διαδίκτυο του σπιτιού μου, ενώ στη δεύτερη ήμουν μόνο εγώ. Επίσης επειδή η Ιθάκη φιλοξενούσε σχεδόν τον ίδιο αριθμό χρηστών και στις δύο μετρήσεις, δεν πιστεύω ότι αυτός ο παράγοντας προκάλεσε την πρώτη μέτρηση.

- Όσον αφορά τα G2, G3 και το G3 ποσοστιαία, διαγράμματα και τις μετρήσεις από τα **Arg** πακέτα:

Session 1 : συνολικά πακέτα 3896---μέσος όρος χρόνου αποστολής πακέτου 79 ms

Session 2 : συνολικά πακέτα 4673---μέσος όρος χρόνου αποστολής πακέτου 66 ms

Συνολικός χρόνος αποστολής και για τα δύο session στα arg πακέτα : 5 λεπτά

Παρατηρούμε από τα διαγράμματα G2, ότι ο αριθμός των πακέτων είναι αρκετά μεγαλύτερος στο session 2 και ο χρόνος αποστολής είναι πιο μικρός, οπότε περιμένουμε και μικρότερο ποσοστό σφαλμάτων στο session 2, το οποίο επιβεβαιώνεται από τα διαγράμματα G3. Γι' αυτό το λόγο και η **πιθανότητα σφάλματος ανά bit (BER)** στο session 2 είναι μικρότερη από το session 1.

- Όσον αφορά τις εικόνες E1, E2 και M1, δηλαδή τις **εικόνες με και χωρίς σφάλματα** και την **εικόνα με ίχνη GPS** :

Ισχύει και για τα δύο Session ότι οι εικόνες στέλνονται σε πολύ μικρό χρονικά διάστημα. Συγκεκριμένα οι E1 και E2 στέλνονται σε λιγότερο από 10 δευτερόλεπτα και η M1 γύρω στα 20 , το οποίο είναι αναμενόμενο καθώς πρέπει να προστεθούν σε αυτήν και τα ίχνη GPS. Επίσης παρατηρούμε ότι η E2 που είναι η εικόνα με τα σφάλματα έχει πολύ κακή ανάλυση από το μισό και κάτω, όπου αρχίζει το σφάλμα της.

## Περιγραφή του κώδικα

Ο κώδικάς μου βρίσκεται στο αρχείο source , εδώ θα εξηγήσω συνοπτικά τη συλλογιστική πορεία που ακολούθησα.

Πήρα λοιπόν το δείγμα που υπάρχει στην Ιθάκη με όνομα virtualModem, άλλαξα την ταχύτητα και τα δευτερόλεπτα αδράνειας και πρόσθεσα τον κώδικά μου. Στην αρχή πρόσθεσα τους δύο ελέγχους που υπάρχουν σαν Note στο virtualModem για το No Carrier και το \r\n\r\n. Επίσης έβαλα τις απαραίτητες μεταβλητές και ξεκίνησα να γράφω τον κώδικα για τα ARQ πακέτα.

Ξεκινώντας λοιπόν, δημιουργώ το αρχείο για να γραφτούν τα πακέτα μέσω του **ARQ** μηχανισμού, ορίζω τις απαραίτητες μεταβλητές και βάζω μέσω μιας while να στέλνονται πακέτα για 5 λεπτά περίπου (καθώς στην εκφώνηση έλεγε ότι οι μετρήσεις μας πρέπει να έχουν απόκριση τουλάχιστον 4 λεπτά). Μετά, κάνοντας πάντα τον έλεγχο για το κάθε πακέτο που στέλνεται, αν έρχεται -1 από το modem, κάνω έλεγχο για κάθε κρυπτογραφημένη ακολουθία 16 χαρακτήρων των πακέτων μέσω της ένδειξης ACK. Πιο συγκεκριμένα, μετατρέπω τα στοιχεία της ακολουθίας σε χορ, ώστε να μπορώ να τα συγκρίνω με τα στοιχεία του κωδικού fcs , τα οποία τα αποθηκεύω σε ένα string και τα μετατρέπω σε integer (για να είναι εφικτή η σύγκριση). Αν δεν συμπίπτουν τα στοιχεία χορ με τα fcs τότε ζητάω να έλθει το πακέτο μέσω της ένδειξης NACK. Εκεί επαναλαμβάνω την ίδια διαδικασία ελέγχου και ζητάω την αποστολή NACK πακέτου μέχρι να έρθει το σωστό πακέτο. Παράλληλα, αυξάνω τη μεταβλητή που όρισα για τον αριθμό των προσπαθειών, ώστε να μπορώ μετά να βρω την κατανομή πιθανότητας του αριθμού επανεκπομπών των ARQ πακέτων και μόλις έρθει το σωστό πακέτο υπολογίζω το χρόνο απόκρισης ανάμεσα σε αυτό και το προηγούμενο σωστό πακέτο. Τέλος εκτυπώνω τα αποτελέσματα.

Συνεχίζοντας, δημιουργώ το αρχείο που θα γραφτούν τα **Echo** πακέτα και ορίζω τις απαραίτητες μεταβλητές. Ακόμη βάζω και πάλι τον ίδιο έλεγχο για το χρόνο όπως στα ARQ πακέτα και στη διάρκεια αυτού του χρόνου τσεκάρω τα πακέτα που λαμβάνω αν είναι -1 ή αν περιλαμβάνουν τη λέξη PSTOP, που δείχνει ότι τελείωσε το συγκεκριμένο πακέτο και μπορεί να πάει στο επόμενο. Μετρώ μετά, την απόκριση ανάμεσα σε κάθε πακέτο και το συνολικό αριθμό των πακέτων και εκτυπώνω τα αποτελέσματα.

Έπειτα, παίρνω την **εικόνα χωρίς λάθη** και την **εικόνα με λάθη**. Ο τρόπος που τις λαμβάνω είναι ο ίδιος. Πιο συγκεκριμένα, δημιουργώ ένα αρχείο για να γραφτεί η εικόνα, κάνω τον κλασσικό έλεγχο του -1 και μέσω μιας if ξεκινάω την εγγραφή της εικόνας όταν έρθουν τα bytes 0xFF 0xD8 και τερματίζω την εγγραφή με τα bytes 0xFF 0xD9.

Για τις **συντεταγμένες από το GPS**, δημιουργώ το αρχείο που θα γραφούν, επιλέγω να πάρω ίχνη στη διαδρομή X=1, με εκκίνηση από το 100 για 90 στίγματα, ώστε να μου φτάσουν οι συντεταγμένες, για τον αριθμό το σημείων που θέλω να βάλω στην εικόνα gps. Ξεκινάω την εγγραφή των συντεταγμένων (κάνω τον συνήθη έλεγχο με το -1) και κάνω έλεγχο αν εμφανιστεί το «STOP ITHAKI GPS TRACKING\r\n» να τελειώσει η εγγραφή, καθώς θα έχουν αποσταλεί όλες οι συντεταγμένες.

Τέλος για την **εικόνα με τα ίχνη Gps**, ακολουθώ την ίδια λογική με τις προηγούμενες εικόνες με μοναδική διαφορά ότι προσθέτω τα ίχνη Gps σε αυτήν. Αυτό το κάνω ως εξής, επειδή θέλουμε τα σημεία να απέχουν τουλάχιστον 4 δευτερόλεπτα, παίρνω ανά 10 συντεταγμένες

(άρα ανά 10 δευτερόλεπτα) και απομονώνω το πλάτος και το μήκος. Για παράδειγμα έστω οι συντεταγμένες:

\$GPGGA,103655.000,4037.6528,N,02257.5223,E,1,09,1.1,41.7,M,36.1,M,,0000\*6

Τότε το πλάτος 4037 είναι εντάξει αλλά το δεκαδικό μέρος των λεπτών πρέπει να μετατραπεί σε δευτερόλεπτα. Οπότε  $6528 \times 0.006 = 39.168$  και κρατάμε τα 2 πρώτα ψηφία και τα ενώνουμε μαζί με το 4037 και έχουμε 403739 (στον κώδικα έχω κάνει ένα μικρό λάθος και έχω βάλει 37 αντί για 39 στο πρώτο στίγμα, αλλά μετά από δοκιμή κι σύγκριση προκύπτει ότι το σημείο είναι κοντινό απλά λίγο πιο απομακρυσμένο και τηρείται ο απαιτούμενος χρόνος (>10 δευτερόλεπτα) οπότε δεν προκύπτει πρόβλημα). Ομοίως ακολουθώ ίδια τακτική για το γεωγραφικό μήκος. Ακολούθησα αυτήν την τεχνική και έβαλα έτσι 6 ίχνη στην εικόνα.

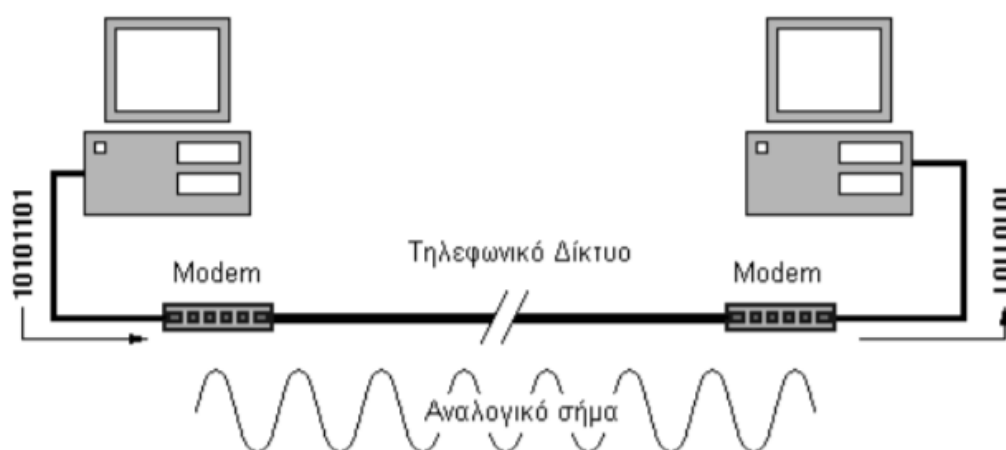
## Modems

Το Modem είναι όρος που προέρχεται από τα αρχικά των αγγλικών λέξεων **mod**ulator (διαμορφωτής) και **dem**odulator (αποδιαμορφωτής).

Το modem είναι μια περιφερειακή συσκευή η οποία μετατρέπει το ψηφιακό σήμα που προέρχεται από τον υπολογιστή σε αναλογικό σήμα, ώστε να είναι κατάλληλο για την μεταφορά του μέσω κοινής τηλεφωνικής ή άλλου τύπου ενσύρματης γραμμής, ή ακόμα και μέσω ασύρματης ζεύξης. Επίσης διαθέτει και τμήμα αποδιαμόρφωσης για την αντίστροφη διαδικασία, δηλαδή τη μετατροπή του αναλογικού (διαμορφωμένου) σήματος σε ψηφιακό.

Ο τύπος του μόντεμ που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της γραμμής που συνδέει τα δύο συστήματα και την επιθυμητή ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων. Τα πρώτα modem συνέδεαν υπολογιστές με ταχύτητες 300 έως και 2400 bit/sec ενώ στις μέρες μας φθάνουν μέχρι τα 56.600 bits/sec. Σε ιδιαίτερες συνθήκες μετάδοσης (καλή ποιότητα γραμμών, κοντινές αποστάσεις) οι ταχύτητες αυξάνονται (π.χ. baseband modems)

Το modem μετατρέπει μεταξύ αυτών των δύο μορφών :



# Πρωτόκολλα Επικοινωνίας

Στον κόσμο των δικτύων, πρωτόκολλο είναι ένα σύνολο από συμβάσεις που καθορίζουν το πώς ανταλλάσσουν δεδομένα οι υπολογιστές μεταξύ διαφορετικών εφαρμογών λογισμικού. Το πρωτόκολλο λοιπόν, είναι αυτό που καθορίζει το πώς διακινούνται τα δεδομένα, το πώς γίνεται ο έλεγχος και ο χειρισμός των λαθών, κλπ.

Τα πρωτόκολλα εξαρτώνται από την ταχύτητα του δικτύου, τον τρόπο επικοινωνίας υπολογιστή - δικτύου κλπ. Υπάρχουν όμως πρωτόκολλα ανωτέρου επιπέδου που έχουν σχέση με την επικοινωνία των εφαρμογών και διακρίνουν τις πληροφορίες, μεταφράζοντάς τις για επεξεργασία από κάποιο πρόγραμμα. Το κάθε πρωτόκολλο έχει τη δυνατότητα να ελέγχει και να διορθώνει λάθη στο επίπεδο που ρυθμίζει.

Τα πιο γνωστά πρωτόκολλα επικοινωνίας είναι :

- **TCP/IP:** Είναι το ευρέως διαδεδομένο πρωτόκολλο στην κοινότητα του Διαδικτύου (Internet). Το πρωτόκολλο IP είναι υπεύθυνο για το πέρασμα του πακέτου από υπολογιστή σε υπολογιστή μέσα από το “σύννεφο” των συνδέσεων. Καθώς το IP δρομολογεί το κάθε πακέτο μέσα στο δίκτυο, προσπαθεί να το παραδώσει, αλλά δεν μπορεί να εγγυηθεί ούτε ότι το πακέτο θα φτάσει στον προορισμό του ούτε ότι τα διάφορα πακέτα που αποτελούν τα αρχικά δεδομένα θα φτάσουν με τη σειρά με την οποία στάλθηκαν ούτε ότι το περιεχόμενο των πακέτων θα φτάσει αναλλοίωτο.
- **Xmodem/Zmodem/Ymodem/Kermit:** Απλά πρωτόκολλα επικοινωνίας για σύνδεση μέσω modem. Διαφέρουν ως προς το μέγεθος του πακέτου που χρησιμοποιείται για την αποστολή δεδομένων. Έτσι το Xmodem χρησιμοποιεί μέγεθος 128 bytes για κάθε πακέτο, το Zmodem 512 bytes και το Ymodem 1024 bytes. Το Kermit έχει πακέτα μεταβλητού μεγέθους.
- **V.90 :** Το πρωτόκολλο V.90 είναι ένα ασύμμετρο πρωτόκολλο και υποστηρίζει ταχύτητες μέχρι 56Kbps/download και 33.6Kbps/upload. Αναφέρεται ως ασύμμετρο πρωτόκολλο, καθώς δεν έχουμε την ίδια ταχύτητα και προς τις δύο κατευθύνσεις (download – upload).
- **Ethernet:** Το βασικότερο πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται ευρέως για μικρά δίκτυα είναι το Ethernet και αποτελεί την πλέον διαδεδομένη μέθοδο υλοποίησης τοπικών δικτύων (LAN). Το πρωτόκολλο Ethernet περιλαμβάνει δύο βασικές υποκατηγορίες, οι οποίες ξεχωρίζουν κυρίως για το ρυθμό μεταφοράς δεδομένων. Η μία είναι η απλή Ethernet και χαρακτηρίζεται από την ταχύτητα των 10Mbps και η άλλη είναι η Fast Ethernet που έχει αντίστοιχη ταχύτητα τα 100Mbps. Υπάρχει και μία ακόμα υποκατηγορία η οποία υποστηρίζει ταχύτητες 1000Mbps(1Gbps) και ονομάζεται Gigabit Ethernet, αλλά δεν είναι τόσο διαδεδομένη ακόμα λόγω του υψηλού κόστους.
- **Token Ring:** Πρωτόκολλο επικοινωνίας που βασίζεται στην ύπαρξη ενός ειδικού πακέτου (σκυτάλη) που ταξιδεύει μέσα στο δίκτυο. Όποιος υπολογιστής είναι ιδιοκτήτης του πακέτου, έχει τον έλεγχο του δικτύου, και μπορεί να αποστείλει δεδομένα. Το Token Ring προτάθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1980 από την IBM.



- **FDDI:** Πρωτόκολλο επικοινωνίας για μεγάλες ταχύτητες δικτύων με οπτικές ίνες. Χρησιμοποιείται κυρίως σε *δίκτυα κορμού* (backbone) που συνενώνουν μικρότερα δίκτυα Ethernet. Τέλος, το εύρος ζώνης του δικτύου είναι 100 Mbps.
- **ATM:** Πρωτόκολλο που υποστηρίζει πολύ μεγάλες ταχύτητες επικοινωνίας. Για τη μετάδοση των δεδομένων, χρησιμοποιεί σταθερού μεγέθους πακέτα των 53 bytes, τις κυψέλες (cells). Από αυτά, τα 5 πρώτα bytes αποτελούν της ATM επικεφαλίδα (header) και τα υπόλοιπα 48 bytes την ωφέλιμη πληροφορία του χρήστη (payload). Το γεγονός ότι χρησιμοποιούνται κυψέλες σταθερού μεγέθους, επιβαρύνει πολύ λίγο τις διεργασίες μεταγωγής και δρομολόγησης που εκτελούνται σε κάθε κόμβο του δικτύου ATM. Έτσι, μπορούν να επιτευχθούν πολύ υψηλές ταχύτητες μεταγωγής των δεδομένων, που μπορούν να φθάσουν και στα 622 Mbps.
- **NAT :** Το NAT (Network Address Translation) είναι ειδικό πρωτόκολλο που εκτελούν οι πύλες (gateways) και έχει σαν αποτέλεσμα να αλλάζει την IP διεύθυνση ενός πακέτου που ξεκινά από έναν υπολογιστή εντός του τοπικού δικτύου και προωθείται εκτός του δικτύου.
- **Frame Relay:** Πρωτόκολλο υψηλών ταχυτήτων για δίκτυα κορμού. Συγκεκριμένα, το Frame Relay, είναι σύγχρονη τεχνολογία γρήγορης μεταγωγής πακέτων μεταβλητού μεγέθους. Τα δίκτυα τεχνολογίας Frame Relay είναι αρκετά δημοφιλή γιατί εκτελούν πολύ πιο γρήγορα από άλλα συστήματα μεταγωγής πακέτου βασικές λειτουργίες προώθησης πακέτων. Επίσης, είναι δυνατό να παρέχουν στους χρήστες τους εύρος ζώνης ανάλογα με τις ανάγκες τους. Υποστηρίζουν ταχύτητες από 64 Kbps έως 2,048 Mbps.
- **X.25:** Διεθνές πρότυπο για δίκτυα μεταγωγής πακέτου, αποτελείται ουσιαστικά, από κόμβους μεταγωγής πακέτων (Packet Switching Nodes, PSNs), οι οποίοι δρομολογούν κατάλληλα τα πακέτα, ώστε να φθάσουν στον προορισμό τους. Τα πρώτα δίκτυα X.25 χρησιμοποιούσαν απλές τηλεφωνικές γραμμές για τη μετάδοση δεδομένων, που αποτελούσαν αρκετά αναξιόπιστο μέσο μετάδοσης, με αποτέλεσμα να επιτρέπουν την εμφάνιση αρκετών λαθών. Για το λόγο αυτό το X.25 χρησιμοποιούσε ειδικές μεθόδους ανίχνευσης λαθών και επαναμετάδοσης δεδομένων. Με τις σημερινές τηλεπικοινωνιακές γραμμές, που εμφανίζουν πολύ μικρότερη πιθανότητα σφαλμάτων και είναι πολύ περισσότερο αξιόπιστες, ο εκτεταμένος έλεγχος λαθών του X.25 δεν είναι πια απαραίτητος και επιπλέον επιδρά αρνητικά στην ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων.
- **IPX:** Πρωτόκολλο με λειτουργία αντίστοιχη του TCP/IP που χρησιμοποιείται σε δίκτυα Novell.



## Μηχανισμοί αποσφαλμάτωσης των modem

Τα σύγχρονα modem επίσης έχουν να αντιμετωπίσουν και ένα άλλο πολύ βασικό ζήτημα. Αυτό είναι η διόρθωση λαθών ή σφαλμάτων, όπως τα σφάλματα θορύβου. Κατά τη μεταφορά των δεδομένων μέσω της γραμμής του τηλεφώνου, διάφορα προβλήματα μπορούν να προκύψουν τα οποία επιφέρουν την κακή λήψη σήματος από το Modem. Το σήμα αυτό πρέπει φυσικά να επαναληφθεί εφόσον δεν είναι σωστό. Για να αναγνωρίσεις και να διορθώσεις ένα σφάλμα πρέπει να σταλούν παραπάνω bit μαζί με τα δεδομένα. Η αναγνώριση του λάθους μπορεί να γίνει με τις εξής μεθόδους :

- **Parity Check** (επαλήθευση ταυτότητας) : Το parity check λειτουργεί επικολλώντας ένα bit στο τέλος κάθε μεταβίβασης. Ανάλογα με τη λειτουργία του parity check είτε ως odd είτε ως even, το bit στην κατάληξη κάθε σήματος είναι τέτοιο ώστε να διαμορφώνει ένα άθροισμα από bits «1», μονό ή ζυγό αντίστοιχα. Το Modem που λαμβάνει το σήμα εξετάζει τον αριθμό των bits «1», μετά το πέρας κάθε μεταβίβασης και εάν διαπιστώσει ότι δεν συμφωνεί με το προσυμφωνημένο parity, ζητά την επανάληψη της αποστολής του.
- **Cyclic Redundancy Checksum** : Στα ελληνικά είναι ο Κυκλικός Έλεγχος Πλεονασμού. Πιο αναλυτικά, έστω ότι θέλουμε να μεταδώσουμε μια ακολουθία από  $k$  bits. Ο πομπός παράγει μια ακολουθία από  $s$  bits και την προσαρτά στο τέλος των  $k$  bits. Συνολικά δημιουργείται ένα μήνυμα με  $n = k + s$  bits. Τα  $s$  bits λέγονται ακολουθία ελέγχου (Frame Check Sequence – FCS). Το συνολικό μήνυμα είναι τέτοιο που διαιρείται από κάποιο προκαθορισμένο αριθμό. Ο δέκτης κάνει τη διαίρεση με το «γνωστό προκαθορισμένο» αριθμό. Αν η διαίρεση γίνει ακριβώς (δηλαδή αν δεν υπάρξει υπόλοιπο), τότε ο δέκτης υποθέτει ότι η μετάδοση έγινε χωρίς σφάλματα. Η επιλογή του κατάλληλου «διαιρέτη» είναι πολύ σύνθετη διαδικασία που καθορίζεται από διεθνή πρότυπα. Οι σημερινές υλοποιήσεις ανιχνεύουν 1 ή περισσότερα σφάλματα σε μια ακολουθία με πολύ μεγάλο ποσοστό επιτυχίας.
- **Hamming Distance Check** : Στη θεωρία της πληροφορίας, η απόσταση Hamming μεταξύ δύο χορδών ίσου μήκους είναι ο αριθμός των θέσεων στις οποίες τα αντίστοιχα σύμβολα είναι διαφορετικά. Με άλλα λόγια, μετρά τον ελάχιστο αριθμό αντικαταστάσεων που απαιτούνται για την αλλαγή μιας συμβολοσειράς στην άλλη ή τον ελάχιστο αριθμό σφαλμάτων που θα μπορούσαν να μετατρέψουν μια συμβολοσειρά στην άλλη.

Οι τεχνικές διόρθωσης του λάθους είναι οι εξής :

- **ARQ** : Το πρωτόκολλο ARQ χρησιμοποιεί μηχανισμούς ανίχνευσης σφάλματος (error detection) με τη βοήθεια των οποίων ο δέκτης αποφασίζει για την ορθότητα των πακέτων που λαμβάνει και αναλόγως απαιτεί επανεκπομπή του ιδίου πακέτου ή όχι. Η επανεκπομπή στη δική μας εργασία γίνεται μέσω του κωδικού NACK.

- **Backward Error Correction** : Γνωστή ως Automatic Repeat Request (ARR). Η συσκευή λήψης στέλνει αίτημα στην πηγή για εκ νέου αποστολή των δεδομένων μετά την ανίχνευση του σφάλματος. Χρησιμοποιείται συχνότερα επειδή απαιτεί λιγότερο εύρος ζώνης . Απαιτείται επίσης και ένα κανάλι επιστροφής για την προς τα πίσω διόρθωση των σφαλμάτων. Υπάρχουν δύο τρόποι για να ξεπεραστούν τα σφάλματα
  - ✓ **Positive acknowledgement** : Ο παραλήπτης (receiver) επιβεβαιώνει τα μπλοκ που παραλήφθηκαν σωστά και ο πομπός στέλνει ξανά τα μπλοκ που δεν αναγνωρίστηκαν.
  - ✓ **Negative acknowledgement** : Ο παραλήπτης επιστρέφει αίτημα για επανάληψη μόνο για τα δεδομένα με σφάλματα.
- **Forward error correction** : Η διόρθωση σφάλματος προς τα εμπρός (FEC) είναι μια διαδικασία προσθήκης περιττών δεδομένων, όπως ενός κωδικού διόρθωσης σφαλμάτων (ECC) σε ένα μήνυμα, έτσι ώστε να μπορεί να ανακτηθεί από ένα δέκτη, ακόμη και όταν έχουν σημειωθεί διάφορα σφάλματα είτε κατά τη διάρκεια της διαδικασίας μετάδοσης είτε κατά την αποθήκευση. Αυτή η τεχνική λοιπόν, επιτρέπει στον δέκτη να εντοπίσει και να διορθώσει λάθη χωρίς να ζητήσει από τον αποστολέα αναμετάδοση, γι' αυτό και δεν χρειάζεται κανάλι επιστροφής. Η απαίτηση βέβαια, εύρους ζώνης είναι υψηλότερη σε σχέση με τη Backward Error Correction . Τέλος έχει δύο κατηγορίες :
  - **Block Coding**: Reed-Solomon Coding, Hamming Codes, Binary BCH
  - **Convolutional Coding**: Viterbi Algorithm
- **Hybrid ARQ** : Είναι ένας συνδυασμός του ARQ και του forward error correction. Στο υβριδικό πρωτόκολλο HARQ ο επιπλέον μηχανισμός διόρθωσης σφάλματος (error correction) επιτρέπει τη διόρθωση ορισμένων σφαλμάτων στον δέκτη αποφεύγοντας έτσι την καθυστέρηση της επανεκπομπής του ιδίου πακέτου. Πιο συγκεκριμένα υπάρχουν δύο προσεγγίσεις :
  - ✓ Τα μηνύματα διαβιβάζονται πάντα με δεδομένα ισοτιμίας FEC (και πλεονασμός ανίχνευσης σφαλμάτων). Ένας δέκτης αποκωδικοποιεί ένα μήνυμα χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες ισοτιμίας και ζητά την αναμετάδοση χρησιμοποιώντας το ARQ μόνο αν τα δεδομένα ισοτιμίας δεν ήταν επαρκή για επιτυχή αποκωδικοποίηση (αναγνωρίστηκε μέσω ενός αποτυχημένου ελέγχου ακεραιότητας).
  - ✓ Τα μηνύματα μεταδίδονται χωρίς δεδομένα ισοτιμίας (μόνο με πληροφορίες ανίχνευσης σφαλμάτων). Εάν ένας δέκτης ανιχνεύσει ένα σφάλμα, ζητά πληροφορίες FEC από τον πομπό χρησιμοποιώντας ARQ και το χρησιμοποιεί για την ανασυγκρότηση του αρχικού μηνύματος.

Εκδοχές του πρωτοκόλλου HARQ αποτελούν σήμερα μέρος των μηχανισμών επικοινωνίας που συναντώνται στα δίκτυα 3ης γενιάς HSDPA (High Speed Downlink

Packet Access) καθώς και στα αναπτυσσόμενα δίκτυα 4ης γενιάς LTE (Long Term Evolution).

## Βιβλιογραφία

<https://el.wikipedia.org/wiki/Διαποδιαμορφωτής>

<http://ithaki.eng.auth.gr/netlab/vlabStart.php>

<http://web.teiep.gr/noc/Helpdesk/P10/services/PDF/modem.pdf>

<http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSB103/173/1209,4424/>

[https://diktia.weebly.com/uploads/6/4/5/1/6451366/\\_protokolla\\_epikoinonias.pdf](https://diktia.weebly.com/uploads/6/4/5/1/6451366/_protokolla_epikoinonias.pdf)

<http://iek->

[fylis.att.sch.gr/openeclass/modules/document/file.php/DIKTYAI101/diktya\\_ypologiston.pdf](fylis.att.sch.gr/openeclass/modules/document/file.php/DIKTYAI101/diktya_ypologiston.pdf)

<http://users.sch.gr/pepoudi/site/pages/page36.html>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Error\\_detection\\_and\\_correction](https://en.wikipedia.org/wiki/Error_detection_and_correction)

<http://www.hasanbalik.com/LectureNotes/NetworkProtocols/Assignments/Error%20Correction%20Techniques-Serkan%20Salturk.pdf>

<https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/MECH1203/Διαλέξεις/08-Μετάδοση%20Δεοδμένων.pdf>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Hamming\\_distance](https://en.wikipedia.org/wiki/Hamming_distance)