



Λαέρτης

ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΚΤΥΑΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ
ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Λογισμικό Δικτύων

Οδηγίες αξιοποίησης για τον Εκπαιδευτικό



Ελληνικά
Σχολεία
στην
Κοινωνία
της
Πληροφορίας

Φορέας
Υλοποίησης

Ερευνητικό
Ακαδημαϊκό
Ινστιτούτο
Τεχνολογίας
Υπολογιστών

Ανάδοχοι

conceptum A.E.

Φορείς της Ενέργειας

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΣΠΟΥΔΩΝ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΟΙΝΟΤΙΚΟΥ ΠΑΛΛΙΣΙΟΥ ΣΤΗΡΙΞΗΣ



ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



ΠΑΙΔΑΓΟΓΙΚΟ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Συγχρηματοδότηση από την Ευρωπαϊκή Ένωση

Ανάδοχος φορέας



Υπεύθυνος έργου: Αδάμ Κ. Δαμιανάκης

Επιστημονικός υπεύθυνος: Αθανάσιος Γ. Μαλάμος

Επιμέλεια – Σύνταξη κειμένου: Αναστασία Γ. Αξαρίδου

Περιεχόμενα

1. Στόχος και θεματικές ενότητες του εκπαιδευτικού λογισμικού των δικτύων.....	6
2. Προσομοίωση λειτουργίας επικοινωνίας δεδομένων (μόντεμ) 7	
Περιγραφή λογισμικού	7
Διδακτικοί στόχοι.....	7
Εκπαιδευτικό Σενάριο	7
Διδακτικές ενότητες που εντάσσεται το σενάριο σύμφωνα με το σχολικό πρόγραμμα σπουδών.....	7
Συνοπτική περιγραφή.....	7
Α. Εξοικείωση με βασικές έννοιες της μετάδοσης δεδομένων μέσω μόντεμ	8
1η Δραστηριότητα	8
2η Δραστηριότητα	8
3η Δραστηριότητα	9
Β. Επίδραση του θορύβου στη μετάδοση της ψηφιακής πληροφορίας	9
Δραστηριότητα	9
3. Προσομοίωση λειτουργίας των επιπέδων OSI.....	10
Περιγραφή λογισμικού	10
Διδακτικοί στόχοι.....	10
Εκπαιδευτικό Σενάριο	10
Διδακτικές ενότητες που εντάσσεται το σενάριο σύμφωνα με το σχολικό πρόγραμμα σπουδών.....	10
Συνοπτική περιγραφή.....	10
Α. Καταγραφή και παρατήρηση επικεφαλίδων πρωτοκόλλων	11
Δραστηριότητα	11
Β. Σύγκριση επικεφαλίδων πρωτοκόλλων για διαφορετικές υπηρεσίες και τύπους φυσικού δικτύου.	13
Δραστηριότητα	13
Γ. Καταγραφή των βασικών παραμέτρων του πρωτοκόλλου (SMTP) αποστολής email.	15
Δραστηριότητα	15
4. Προσομοίωση λειτουργιών μεταγωγής	16
Περιγραφή λογισμικού	16
Περίπτωση 1. Μεταγωγή κυκλώματος.	16
Περίπτωση 2. Μεταγωγή πακέτου νοητού κυκλώματος (virtual circuit).	16
Περίπτωση 3. Μεταγωγή πακέτου αυτοδύναμου κυκλώματος (datagram).	17
Διδακτικοί στόχοι.....	18
Εκπαιδευτικό Σενάριο	18
Διδακτικές ενότητες που εντάσσεται το σενάριο σύμφωνα με το σχολικό πρόγραμμα σπουδών.....	18

A. Μετάδοση πληροφορίας σε δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος.....	18
<i>Δραστηριότητα</i>	18
B. Μετάδοση πληροφορίας σε δίκτυα μεταγωγής πακέτου νοητού κυκλώματος	20
<i>Δραστηριότητα</i>	20
Γ. Μετάδοση πληροφορίας σε δίκτυα μεταγωγής πακέτου αυτοδύναμου κυκλώματος.....	20
1η Δραστηριότητα.....	20
2η Δραστηριότητα.....	21
5. Προσομοίωση σχεδίασης τοπικών δικτύων και στοιχείων απόδοσής τους με κανόνες επιλογής τοπολογιών, μονάδων διασύνδεσης και μέσων μετάδοσης	23
Περιγραφή λογισμικού	23
Περίπτωση 1. Ethernet.	23
Περίπτωση 2. Token Ring.....	23
Διδακτικοί στόχοι.....	24
Εκπαιδευτικό Σενάριο.....	24
Διδακτικές ενότητες που εντάσσεται το σενάριο σύμφωνα με το σχολικό πρόγραμμα σπουδών.....	24
Συνοπτική περιγραφή.....	24
A. Δίκτυα τύπου Ethernet	25
<i>Δραστηριότητα</i>	25
B. Δίκτυα τύπου Token-Ring.....	27
<i>Δραστηριότητα</i>	27

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 29

1. Συνοπτική παρουσίαση των πρωτοκόλλων που υλοποιούν τα επίπεδα OSI στην περίπτωση του TCP/IP..... 29

Το μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων (Open System Interconnection-OSI Reference Model-RM) - Περιγραφή.....	29
Το επίπεδο Εφαρμογής (Application layer)	31
Το επίπεδο Παρουσίασης (Presentation layer)	31
Το επίπεδο Συνόδου (Session layer)	31
Το επίπεδο Μεταφοράς (Transport layer)	31
Το επίπεδο Δικτύου (Network layer)	31
Το επίπεδο Γραμμής Δεδομένων (Data link layer)	32
Το Φυσικό επίπεδο (Physical layer).....	32
Αντιστοίχιση του OSI και του TCP/IP προτύπου διαδικτύωσης.....	33
Ενθυλάκωση (Encapsulation)	34
Τα βασικά πρωτόκολλα του Διαδικτύου	35

Το πρωτόκολλο μεταφοράς υπερκειμένου (HyperText Transfer Protocol - HTTP)	35
<i>Οι βασικές λειτουργίες του HTTP πρωτοκόλλου</i>	35
Η σύνταξη μιας διεύθυνσης	35
Τυποποίηση της ημερομηνίας	36
Κωδικοσελίδες χαρακτήρων	36
Κωδικοποίηση του περιεχομένου	36
Το πρωτόκολλο αποστολής ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (Simple Mail Protocol - SMTP)	36
<i>Οι βασικές λειτουργίες του SMTP πρωτοκόλλου</i>	36
Το πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων (File Transfer Protocol - FTP)	37
<i>Οι βασικές λειτουργίες του FTP πρωτοκόλλου</i>	37
Το πρωτόκολλο TCP	39
<i>Η επικεφαλίδα του TCP</i>	39
Το πρωτόκολλο IP	41
<i>Η επικεφαλίδα του IP</i>	41
Τα πρωτόκολλα ARP και RARP	43

1. Στόχος και θεματικές ενότητες του εκπαιδευτικού λογισμικού των δικτύων

Το λογισμικό προσομοίωσης δικτυακών συστημάτων και λειτουργιών αποτελείται από τέσσερις επιμέρους εφαρμογές, οι οποίες κατασκευάστηκαν με στόχο να υποβοηθήσει στην πρακτική εξάσκηση και εξοικείωση των μαθητών με τις βασικές έννοιες του γνωστικού αντικείμενου των δικτύων επικοινωνίας δεδομένων.

Οι θεματικές ενότητες που καλύπτονται από το λογισμικό είναι οι ακόλουθες:

- Η λειτουργία επικοινωνίας δεδομένων (μόντεμ)
- Η λειτουργία των επιπέδων OSI
- Οι λειτουργίες μεταγωγής
- Σχεδίαση τοπικών δικτύων και στοιχείων απόδοσής τους με κανόνες επιλογής τοπολογιών, μονάδων διασύνδεσης και μέσων μετάδοσης

Στο σχεδιασμό του λογισμικού, έγινε προσπάθεια αναλυτικής παρουσίασης των εννοιών και των διαδικασιών των δικτύων. Συγκεκριμένα οι έννοιες και οι διαδικασίες διαχωρίστηκαν σε επιμέρους ιδιότητές τους και χαρακτηριστικά, με σκοπό τον καθορισμό των απαραίτητων παραμετροποιήσιμων οντοτήτων και τη διασύνδεση αυτών, για τη δημιουργία μοντέλων προσομοίωσης δικτυακών λειτουργιών. Η ένταξη των μοντέλων αυτών στο λογισμικό συνιστά τη δημιουργία ενός πλήρους διαδραστικού μαθησιακού περιβάλλοντος, το οποίο συνδυαζόμενο κατάλληλα με τη θεωρητική διδασκαλία μπορεί να επιτύχει το βέλτιστο εκπαιδευτικό αποτέλεσμα.

Η διδασκαλία μέσα από ένα διαδραστικό περιβάλλον προσομοιώσεων βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν πληρέστερα τις θεμελιώδεις έννοιες και λειτουργίες των δικτύων. Καθιστά δε πιο άμεση την επαφή των μαθητών με το γνωστικό αντικείμενο, καθώς είναι πρακτικά δύσκολο στον πραγματικό κόσμο να παρατηρήσουν τις εσωτερικές διεργασίες που λαμβάνουν μέρος σε μια δικτυακή επικοινωνία. Αυτό με το οποίο μπορούν συνήθως οι εκπαιδευόμενοι να έλθουν σε επαφή δεν είναι άλλο από τη διαπίστωση κάποιων αποτελεσμάτων, όπως είναι για παράδειγμα, η αποστολή/λήψη ενός email, η μεταφορά κάποιου αρχείου προς άλλο υπολογιστή σε ένα τοπικό δίκτυο, κλπ. και γενικότερα η διαπίστωση μιας επιτυχούς ή ανεπιτυχούς μεταφοράς δεδομένων.

Η ενεργή συμμετοχή στην εξέλιξη των διαδικασιών και η δυνατότητα παρακολούθησης των αποτελεσμάτων που παρέχει το λογισμικό, ενισχύει σημαντικά τη μαθησιακή διαδικασία.

Ακολουθούν αναλυτικά εκπαιδευτικά σενάρια χρήσης με επιμέρους δραστηριότητες, για κάθε λογισμικό. Οι δραστηριότητες οι οποίες προτείνονται δεν εξαντλούν φυσικά το σύνολο των δραστηριοτήτων οι οποίες μπορούν να αναπτυχθούν και να εκτελεστούν με ένα τέτοιο εργαλείο προσομοίωσης. Είναι ενδεικτικές τόσο ως προς τη φιλοσοφία όσο και ως προς τη δομή της εκτέλεσής τους και αποτελούν το ερέθισμα και την ένδειξη των δυνατοτήτων που παρέχονται. Το λογισμικό προσομοίωσης αφήνει στον εκπαιδευτικό απεριόριστες δυνατότητες να διανθίσει τις υπάρχουσες δραστηριότητες με ερευνητικές και βιβλιογραφικές αναφορές και υλοποιήσεις.

2. Προσομοίωση λειτουργίας επικοινωνίας δεδομένων (μόντεμ)

Περιγραφή λογισμικού

Το περιβάλλον στο οποίο εισάγεται ο μαθητής, περιλαμβάνει ένα τοπικό υπολογιστικό σύστημα, μία τηλεφωνική σύνδεση και ένα απομακρυσμένο σύστημα παροχέα (Internet Service Provider). Το τοπικό σύστημα αποτελείται από έναν προσωπικό υπολογιστή, το μόντεμ και η οθόνη του οποίου είναι στη διάθεση του χρήστη. Το απομακρυσμένο σύστημα, διαθέτει το μόντεμ-παροχέα στο οποίο επιτρέπεται να γίνουν οι απαραίτητες ρυθμίσεις, για τις ανάγκες της προσομοίωσης. Στην οθόνη του χρήστη παρουσιάζεται ένα γραφικό περιβάλλον επικοινωνίας παρόμοιο με αυτό των MS-Windows και παρέχεται το κατάλληλο λογισμικό για την πραγματοποίηση σύνδεσης με το απομακρυσμένο σύστημα μέσω μόντεμ (Dial-Up) και πλοήγησης στο Διαδίκτυο (Internet Browsing).

Ο μαθητής, μέσω ενός μενού επιλογών, μπορεί να μεταβάλλει το ρυθμό μετάδοσης δεδομένων του δικού του μόντεμ καθώς και του μόντεμ του παροχέα. Αφού πραγματοποιηθεί dial-up σύνδεση και ανάλογα με τις επιλογές ρυθμών μετάδοσης, αναγράφεται στην οθόνη του εικονικού υπολογιστή (με παρουσίαση σε kbits/sec) η ταχύτητα σύνδεσης με το Διαδίκτυο, η οποία επιδρά εμφανώς στο ρυθμό ανανέωσης των ιστοσελίδων, στις οποίες ο μαθητής έχει πρόσβαση μέσω του εικονικού προγράμματος πλοήγησης. Με ειδική επιλογή ο μαθητής μπορεί να μεταβάλλει το επίπεδο θορύβου που υπεισέρχεται στη μετάδοση της πληροφορίας, αλλοιώνοντας (εμφανώς) την ταχύτητα μετάδοσής της. Η αύξηση του θορύβου και κατ' επέκταση η αύξηση λαθών στην πληροφορία παρουσιάζεται στο μαθητή σαν μεταβολή στο ρυθμό ανανέωσης των ιστοσελίδων καθώς επίσης και σαν οπτικό σήμα στην ένδειξη σφαλμάτων του τοπικού μόντεμ. Τέλος, σε ειδικό παράθυρο μπορεί να παρατηρήσει την κυματομορφή της διαμόρφωσης των ψηφιακών δεδομένων και να πειραματιστεί με τους βασικούς τύπους διαμόρφωσης.

Διδακτικοί στόχοι

Οι μαθητές έρχονται σε επαφή με βασικές έννοιες της διασύνδεσης υπολογιστικών συστημάτων και ανταλλαγής δεδομένων μέσω διαποδιαμορφωτών (μόντεμ) όπως: Κωδικοποίηση, αποκωδικοποίηση, μόντεμ, μετάδοση δεδομένων, διαμόρφωση ψηφιακού σήματος, κλήση απομακρυσμένου συστήματος (dial-up), θόρυβος, κώδικες ανίχνευσης και διόρθωσης λαθών.

Πιο ειδικά, στο πρώτο μέρος του σεναρίου οι μαθητές εισάγονται στις έννοιες της κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης, του ρυθμού μετάδοσης και της σύνδεσης απομακρυσμένων μόντεμ.

Στο δεύτερο μέρος του σεναρίου οι μαθητές εισάγονται στην έννοια του θορύβου και στη μεταβολή που επιφέρει στο ρυθμό μετάδοσης.

Εκπαιδευτικό Σενάριο

Διδακτικές ενότητες που εντάσσεται το σενάριο σύμφωνα με το σχολικό πρόγραμμα σπουδών

Το εκπαιδευτικό σενάριο εντάσσεται στη διδακτική ενότητα *Επικοινωνίες Δεδομένων* του μαθήματος *Μετάδοση Δεδομένων και Δίκτυα Υπολογιστών* των ΤΕΕ.

Συνοπτική περιγραφή

Ο μαθητής διασυνδέεται εικονικά με έναν Dial-up server ενός παροχέα Internet. Η σύνδεση γίνεται με έναν προσωπικό υπολογιστή και ένα μόντεμ μέσω του τηλεφωνικού δικτύου. Η λειτουργία που εκτελεί ο μαθητής είναι αναζήτηση στο Διαδίκτυο και στο

εικονικό πρόγραμμα πλοήγησης αναζητά μία συγκεκριμένη σελίδα. Ο μαθητής έχει τη δυνατότητα μεταβολής του ρυθμού μετάδοσης της πληροφορίας στο μόντεμ. Η ιστοσελίδα που ο μαθητής αναζητά, φτάνει στο τοπικό σύστημα με ρυθμό ανάλογο προς εκείνον που επιλέγεται κάθε φορά. Ο μαθητής έχει τη δυνατότητα μεταβολής του θορύβου της γραμμής και παρατηρεί το αποτέλεσμα του θορύβου ως επιπλέον μείωση του ρυθμού μετάδοσης.

A. Εξοικείωση με βασικές έννοιες της μετάδοσης δεδομένων μέσω μόντεμ

Ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει μερικές βασικές έννοιες όπως τι είναι το ψηφιακό σήμα, η διαμόρφωση και αποδιαμόρφωση σήματος, η μετάδοση και οι ταχύτητες μετάδοσης ψηφιακού σήματος.

1η Δραστηριότητα

Διδακτικές ώρες: 1

Στη δραστηριότητα αυτή δεν έχει ιδιαίτερη σημασία η ταχύτητα των μόντεμ και δεν απαιτείται η πλοήγηση στο Διαδίκτυο μέσω του εικονικού προγράμματος του Internet Explorer.

Έστω ότι οι αρχικές ταχύτητες των δύο μόντεμ είναι στα 38400 bits/sec. Αυτές είναι και οι προεπιλεγμένες ταχύτητες κατά την εκκίνηση του λογισμικού. Οι μαθητές καλούνται να εκκινήσουν μια dial-up σύνδεση από το σχετικό εικονίδιο που υπάρχει στην οθόνη του εικονικού ΗΥ. Η επικοινωνία αποκαθίσταται στην ταχύτητα των 37,50 (=38400:1024) kbits/sec.

Στη συνέχεια καλούνται να ενεργοποιήσουν (με διπλό «κλικ» στην τηλεφωνική γραμμή) και να μεγιστοποιήσουν (κάτω δεξί βέλος του παραθύρου) το παράθυρο παρακολούθησης της κυματομορφής μετάδοσης πληροφορίας. Στα 4 κανάλια του παραθύρου, παρατηρούν:

- Στο 1ο κανάλι, την κυματομορφή που φτάνει στο μόντεμ ύστερα από την επίδραση του θορύβου.
- Στο 2ο κανάλι, τη μορφή του ψηφιακού σήματος.
- Στο 3ο κανάλι, τη βασική συχνότητα διαμόρφωσης.
- Στο 4ο κανάλι, τη διαμόρφωση του ψηφιακού σήματος που γίνεται στο μόντεμ.

Οι μαθητές, στο σημείο αυτό επιλέγοντας με τη σειρά τους βασικούς τύπους διαμόρφωσης, παρατηρούν πώς γίνεται σε κάθε περίπτωση η διαμόρφωση του ψηφιακού σήματος.

2η Δραστηριότητα

Διδακτικές ώρες: 1

Βεβαιωθείτε ότι οι αρχικές ταχύτητες των δύο μόντεμ είναι στα 38400 bits/sec. Αυτές είναι και οι προεπιλεγμένες ταχύτητες κατά την εκκίνηση του λογισμικού.

Οι μαθητές εκκινούν μια τηλεφωνική σύνδεση από το σχετικό εικονίδιο που υπάρχει στην οθόνη του εικονικού ΗΥ. Η επικοινωνία αποκαθίσταται στην ταχύτητα των 37,50 (=38400:1024) kbits/sec. Βεβαιωθείτε ότι ο θόρυβος, που ρυθμίζεται στο παράθυρο των κυματομορφών, βρίσκεται στο ελάχιστο δυνατό επίπεδο και κλείστε το παράθυρο αυτό.

Στη συνέχεια καλούνται να εκκινήσουν το εικονικό πρόγραμμα πλοήγησης του υπολογιστή τους και να παρακολουθήσουν το ρυθμό εμφάνισης μιας ιστοσελίδας. Μεταβάλλουν την ταχύτητα μετάδοσης πληροφορίας του δικού τους μόντεμ μεταξύ 110 – 57600 bits/sec, και επιλέγουν *Ανανέωση*, ύστερα από κάθε αλλαγή, στο εικονικό πρόγραμμα πλοήγησης. Ως αποτέλεσμα παρατηρούν το διαφορετικό ρυθμό ανανέωσης, και κατ' επέκταση το διαφορετικό συνολικό χρόνο εμφάνισης μιας ιστοσελίδας. Παράλληλα συμπληρώνουν κατάλληλο πίνακα ώστε να αποκτήσουν μια ποσοτική

άποψη και υπολογίζουν και το μέγεθος της ιστοσελίδας. Το μέγεθος της ιστοσελίδας υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\text{Μέγεθος ιστοσελίδας} = \text{Ταχύτητα επικοινωνίας} \times \text{χρόνος ανανέωσης}$$

3η Δραστηριότητα

Διδακτικές ώρες: 1

Οι μαθητές εκκινούν μια τηλεφωνική σύνδεση και το εικονικό πρόγραμμα πλοήγησης, μέσω του οποίου μεταβαίνουν σε μια ιστοσελίδα.

Επιλέγοντας την ταχύτητα του δικού τους μόντεμ στα 57600 bits/sec, μεταβάλλουν στη συνέχεια την ταχύτητα του μόντεμ του παροχέα και παρατηρούν μεταβολές στο ρυθμό ανταλλαγής δεδομένων του δικού τους μόντεμ, γεγονός που φαίνεται στην ένδειξη των kbits/sec της μπάρας κατάστασης του προγράμματος πλοήγησης.

Το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι η μέγιστη ταχύτητα ανταλλαγής δεδομένων περιορίζεται από τη μέγιστη ταχύτητα των δύο μόντεμ. Ο καθηγητής έχει την ευκαιρία να εξηγήσει τη διαδικασία συγχρονισμού των μόντεμ, καθώς και το λόγο για τον οποίο στις ρυθμίσεις του μόντεμ των ΗΥ, όταν επιλέγουμε ταχύτητα δεν επιλέγουμε την πραγματική αλλά τη μέγιστη δυνατή.

Β. Επίδραση του θορύβου στη μετάδοση της ψηφιακής πληροφορίας

Δραστηριότητα

Διδακτικές ώρες: 1

Ο μαθητής συνδέονται με τηλεφωνική σύνδεση όπως και παραπάνω, επιλέγοντας μέγιστη ταχύτητα 57600 και για τα δύο μόντεμ. Στη συνέχεια καλούνται να ενεργοποιήσουν (με διπλό «κλικ» στην τηλεφωνική γραμμή) και να μεγιστοποιήσουν (με το κάτω δεξί βέλος του παραθύρου) το παράθυρο παρακολούθησης της κυματομορφής μετάδοσης πληροφορίας. Προκαλούν μεταβολή του επιπέδου του θορύβου στο σήμα μέσω της ειδικής επιλογής και παρατηρούν στο πρώτο κανάλι των κυματομορφών την αλλοίωση του σήματος από το θόρυβο. Με την αύξηση του θορύβου αυξάνεται και η εμφάνιση λαθών στα δεδομένα που ανταλλάσσονται και ο μαθητής παρατηρεί την ειδική ένδειξη ανίχνευσης σφαλμάτων του μόντεμ (error indicator) να επισημαίνει τις εσφαλμένες λήψεις. Επιπρόσθετα, στο παράθυρο της εφαρμογής Dial-Up, παρατηρούν τη μεταβολή της ταχύτητας στη μετάδοση δεδομένων, που επιφέρουν ο θόρυβος και οι εσφαλμένες λήψεις, σε πραγματικό χρόνο. Με την εργαστηριακή αυτή άσκηση, δίνεται η αφορμή στον εκπαιδευτικό να εξηγήσει την ανάγκη που οδήγησε στις ψηφιακές επικοινωνίες και στην αναγκαιότητα ανίχνευσης και διόρθωσης σφαλμάτων συνδέοντας με αυτό τον τρόπο το εργαστηριακό μάθημα με την αντίστοιχη θεωρία.

3. Προσομοίωση λειτουργίας των επιπέδων OSI

Περιγραφή λογισμικού

Ο μαθητής αντιπροσωπεύοντας έναν πελάτη (client) δικτύου, εισάγεται σε ένα περιβάλλον στο οποίο μπορεί να επιλέξει μια από τις υπηρεσίες http, ftp, e-mail (smtp) που αποτελούν τις βασικές υπηρεσίες Διαδικτύου, ένα λειτουργικό σύστημα Windows ή Unix, και έναν τρόπο διασύνδεσης με τον εξυπηρετητή, μέσω δικτύου LAN ή μέσω μόντεμ και ISP.

Στη συνέχεια, ανάλογα με την επιλεγμένη υπηρεσία, εκκινείται η αντίστοιχη εφαρμογή, μέσω της οποίας πραγματοποιείται η ανταλλαγή δεδομένων με τον εξυπηρετητή.

Η προσομοίωση της ανταλλαγής των δεδομένων μεταξύ εξυπηρετητή και πελάτη, πραγματοποιείται σε ένα ειδικό παράθυρο, στο οποίο τόσο ο εξυπηρετητής όσο και ο πελάτης απεικονίζονται αντίστοιχα σαν μία αριστερή και μία δεξιά στήλη 7 κελιών. Κάθε κελί των στηλών αυτών αντιπροσωπεύει ένα επίπεδο OSI. Μια κονσόλα πλοήγησης μεταξύ των επιπέδων OSI, πραγματοποιεί τη μεταφορά της πληροφορίας από τον πελάτη προς τον εξυπηρετητή και αντίστροφα. Καθώς η πληροφορία μεταφέρεται, διέρχεται σταδιακά από τα επίπεδα OSI του αποστολέα, μέσα στα οποία μορφοποιείται καθώς προστίθενται σε αυτήν τα στοιχεία του πρωτοκόλλου κάθε επιπέδου.

Η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι το φυσικό επίπεδο και από εκεί στον παραλήπτη της πληροφορίας, όπου και ξεκινά η αντίστροφη διαδικασία αποκωδικοποίησης των πρωτοκόλλων. Η κονσόλα πλοήγησης μεταξύ των επιπέδων OSI δίνει στο μαθητή, τη δυνατότητα ελέγχου του χρονισμού της προσομοίωσης.

Σημείωση: Στα επίπεδα 5 έως 7 δεν γίνεται προσθήκη της επικεφαλίδας του επιπέδου στην πληροφορία. Στα επίπεδα Εφαρμογής και Παρουσίασης, ουσιαστικά καθορίζεται το είδος της υπηρεσίας που θα εκτελεστεί και σχετίζονται περισσότερο με το πρωτόκολλο της υπηρεσίας (π.χ. SMTP, HTTP, SMTP) και το περιεχόμενο, παρά με το μηχανισμό της επικοινωνίας που εξελίσσεται στα κατώτερα επίπεδα. Στο λογισμικό, για λόγους εποπτικότητας, στο επίπεδο Συνόδου όπου «αποφασίζεται» το port που θα επικοινωνήσουν δύο υπολογιστές, εμφανίζεται μια επικεφαλίδα η οποία όμως δεν διατηρείται στα επόμενα επίπεδα, καθώς η πληροφορία για το port ενσωματώνεται στην επικεφαλίδα του επιπέδου Μεταφοράς (...<Source Port = 80><Destination Port = 80>...).

Διδακτικοί στόχοι

Στην ενότητα αυτή, οι μαθητές έρχονται σε επαφή με τις πιο δημοφιλείς δικτυακές υπηρεσίες και κατανοούν τα πρωτόκολλα και τις λειτουργίες τους. Μαθαίνουν πώς λειτουργεί το μοντέλο OSI και ενημερώνονται για τους οργανισμούς τυποποίησης, τα πρότυπα και τις συστάσεις (βλ. Παράρτημα).

Εκπαιδευτικό Σενάριο

Διδακτικές ενότητες που εντάσσεται το σενάριο σύμφωνα με το σχολικό πρόγραμμα σπουδών

Το εκπαιδευτικό σενάριο εντάσσεται στη διδακτική ενότητα *Δίκτυα Επικοινωνίας Δεδομένων* του μαθήματος *Μετάδοση Δεδομένων και Δίκτυα Υπολογιστών* των ΤΕΕ.

Συνοπτική περιγραφή

Οι μαθητές εκτελούν εικονικά μια Διαδικτυακή υπηρεσία στον υπολογιστή τους.

Επιλέγουν:

- Την υπηρεσία (http, ftp, email) που πρόκειται να εκτελέσουν.

- Τον τύπο του δικτύου (Ethernet LAN ή μέσω μόντεμ και ISP) με το οποίο γίνεται η διασύνδεση με τον αντίστοιχο εξυπηρετητή.
- Το λειτουργικό σύστημα του υπολογιστή τους.

Με βάση τις παραπάνω επιλογές γίνεται παρουσίαση των πρωτοκόλλων που υλοποιούν τα αντίστοιχα επίπεδα OSI. Για το κάθε πρωτόκολλο ο εκπαιδευτικός μπορεί να κάνει σύντομη αναφορά.

A. Καταγραφή και παρατήρηση επικεφαλίδων πρωτοκόλλων

Δραστηριότητα

Διδακτικές ώρες: 2

Ο εκπαιδευτικός κάνει σύντομη παρουσίαση των επιπέδων OSI και της εφαρμογής που έχουν αυτά στην ανάλυση του τρόπου διασύνδεσης των σύγχρονων δικτύων. Εξηγεί σε βασικές γραμμές τον τρόπο με τον οποίο αναλύεται μια δικτυακή υπηρεσία στα OSI επίπεδα και εξηγεί την έννοια του πρωτοκόλλου.

Έπειτα εισάγει τους μαθητές στο πρόγραμμα και τους προτρέπει να επιλέξουν:

- το λειτουργικό σύστημα Windows
- την υπηρεσία http
- τον τύπο δικτύου LAN

και να προχωρήσουν στην ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ.

Στο παράθυρο του εικονικού προγράμματος πλοήγησης που εμφανίζεται, οι μαθητές καλούνται να επιλέξουν από το πεδίο διευθύνσεων το αρχείο HTML που επιθυμούν να μεταβιβάσουν μέσω της εικονικής υπηρεσίας. Ύστερα επιλέγουν Μετάβαση, οπότε ξεκινά η προσομοίωση της υπηρεσίας σύμφωνα με το μοντέλο OSI.

Η διαδικασία της προσομοίωσης ξεκινά από τον πελάτη και εκτελείται σταδιακά με ελεγχόμενο χρονισμό από το μαθητή. Παράλληλα το παράθυρο πληροφορίας είναι ανοιχτό και εξηγείται από τον καθηγητή, σε κάθε επίπεδο, η εφαρμογή των πρωτοκόλλων στην πληροφορία.

1ο Βήμα: Στον Πίνακα I που ακολουθεί οι μαθητές καταγράφουν τις επικεφαλίδες που προσθέτει το κάθε επίπεδο.

Επίπεδο	Επικεφαλίδα
Εφαρμογής	
Παρουσίασης	
Συνόδου	
Μεταφοράς (πρώτο πακέτο)	
Δικτύου (πρώτο πακέτο)	
Γραμμής Δεδομένων (Πρώτο πακέτο)	

Πίνακας Ι. Επικεφαλίδες πρωτοκόλλων ανά επίπεδο του μοντέλου στην περίπτωση του TCP/IP, υπηρεσία http.

2ο Βήμα: Για την επικεφαλίδα του επιπέδου Μεταφοράς, συμβουλευόμενοι το χρωματικό χαρακτηρισμό στο *Παράθυρο πληροφορίας* του λογισμικού, συμπληρώνεται ο Πίνακας ΙΙ. Οι μαθητές καλούνται να εξηγήσουν την απουσία τμημάτων επικεφαλίδας από τα ανώτερα επίπεδα. Η εξήγηση, όπως δίνεται και στην εισαγωγική σημείωση, είναι ότι στα επίπεδα 5 έως 7 δεν γίνεται προσθήκη της επικεφαλίδας του επιπέδου στην πληροφορία. Στα επίπεδα Εφαρμογής και Παρουσίασης ουσιαστικά καθορίζεται το είδος της υπηρεσίας που θα εκτελεστεί και άρα σχετίζονται περισσότερο με το πρωτόκολλο της υπηρεσίας (π.χ. HTTP, FTP, SMTP) και το περιεχόμενο, παρά με το μηχανισμό της επικοινωνίας που εξελίσσεται στα κατώτερα επίπεδα. Στο δε επίπεδο Συνόδου, καθορίζεται η θύρα (ανάλογα με την υπηρεσία) και επομένως τα δεδομένα αυτού του επιπέδου ενσωματώνονται στην επικεφαλίδα του επιπέδου Μεταφοράς. Στο παράρτημα, βλ. *Τα βασικά πρωτόκολλα του Διαδικτύου*, ο εκπαιδευτικός μπορεί να βρει και να μεταφέρει στους μαθητές την αναλυτική περιγραφή των επικεφαλίδων των πακέτων.

Τμήμα Επικεφαλίδας από επίπεδο Μεταφοράς	Τμήμα Επικεφαλίδας από επίπεδο Δικτύου	Τμήμα Επικεφαλίδας από επίπεδο Γραμμής Δεδομένων

Πίνακας ΙΙ. Καταγραφή του φαινομένου της ενθυλάκωσης των επικεφαλίδων των πρωτοκόλλων για την περίπτωση ενός LAN.

Η δραστηριότητα μπορεί να επαναληφθεί για το σύνολο των επιλογών λειτουργικού συστήματος, υπηρεσίας και δικτύου που υποστηρίζει το λογισμικό.

Β. Σύγκριση επικεφαλίδων πρωτοκόλλων για διαφορετικές υπηρεσίες και τύπους φυσικού δικτύου.

Δραστηριότητα

Διδακτικές ώρες: 2

1ο Βήμα: Επιλογές:

- το λειτουργικό σύστημα Windows
- η υπηρεσία EMAIL
- ο τύπος δικτύου LAN

Οι μαθητές δημιουργούν ένα νέο μήνυμα και επιλέγουν *Αποστολή*. Εκτελούν την προσομοίωση σταδιακά (με ελεγχόμενο χρονισμό) και παρακολουθούν την εφαρμογή των πρωτοκόλλων στην πληροφορία.

Στον Πίνακα III που ακολουθεί καταγράφουν τις επικεφαλίδες που προσθέτει το κάθε επίπεδο.

Επίπεδο	Επικεφαλίδα
Εφαρμογής	
Παρουσίασης	
Συνόδου	
Μεταφοράς (πρώτο πακέτο)	
Δικτύου (πρώτο πακέτο)	
Γραμμής Δεδομένων (Πρώτο πακέτο)	

Πίνακας III. Επικεφαλίδες πρωτοκόλλων ανά επίπεδο του μοντέλου στην περίπτωση του TCP/IP, υπηρεσία email.

Συγκρίνουν τις επικεφαλίδες του Πίνακα I, για την περίπτωση της υπηρεσίας http, με αυτές της υπηρεσίας email. Οι διαφορές που παρατηρούνται σχετίζονται με τη θύρα που κάθε φορά εμφανίζεται στις επικεφαλίδες και το περιεχόμενο των συναρτήσεων των πρωτοκόλλων. Καταγράφουν στον Πίνακα IV τις διαφορές αυτές.

Επίπεδο	HTTP	EMAIL
Εφαρμογής		
Παρουσίασης		
Συνόδου		
Μεταφοράς (πρώτο πακέτο)		
Δικτύου (πρώτο πακέτο)		
Γραμμής Δεδομένων (Πρώτο πακέτο)		

Πίνακας IV. Διαφορές μεταξύ των επικεφαλίδων των επιπέδων για τις υπηρεσίες http, email.

2ο Βήμα: Επιλογές:

- το λειτουργικό σύστημα Windows
- η υπηρεσία EMAIL
- ο τύπος διασύνδεσης MODEM.

Οι μαθητές δημιουργούν ένα νέο μήνυμα και το αποστέλλουν.

Για την επικεφαλίδα του επιπέδου Μεταφοράς συμβουλευόμενοι το χρωματικό χαρακτηρισμό στο *Παράθυρο πληροφορίας* του λογισμικού, οι μαθητές συμπληρώνουν τον Πίνακα V. Η δραστηριότητα απαιτεί εκ νέου να δοθεί εξήγηση για την απουσία τμημάτων επικεφαλίδας από τα ανώτερα επίπεδα.

Τμήμα Επικεφαλίδας από επίπεδο Μεταφοράς	Τμήμα Επικεφαλίδας από επίπεδο Δικτύου	Τμήμα Επικεφαλίδας από επίπεδο Γραμμής Δεδομένων

Πίνακας V. Καταγραφή του φαινομένου της ενθυλάκωσης των επικεφαλίδων των πρωτοκόλλων για την περίπτωση ενός MODEM.

Οι διαφορές, στο τμήμα επικεφαλίδας του επιπέδου Γραμμής Δεδομένων, μεταξύ των περιπτώσεων LAN και MODEM, οφείλονται στα διαφορετικά πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται. Στην περίπτωση του LAN γίνεται εφαρμογή του Ethernet ενώ στη περίπτωση του modem εφαρμόζεται το PPP (Point to Point Protocol).

Γ. Καταγραφή των βασικών παραμέτρων του πρωτοκόλλου (SMTP) αποστολής email.

Δραστηριότητα

Διδακτικές ώρες: 2

Επιλογές:

- το λειτουργικό σύστημα Windows
- η υπηρεσία EMAIL
- ο τύπος δικτύου LAN.

Δημιουργείται ένα νέο μήνυμα και επιλέγεται *Αποστολή*. Οι μαθητές παρατηρούν προσεκτικά μια πλήρη ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ πελάτη και εξυπηρετητή, για την ολοκληρωμένη αποστολή ενός μηνύματος ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Καταγράφουν τα δεδομένα που ανταλλάσσονται στο επίπεδο Εφαρμογής. Συμβουλευόμενοι τα σχολικά εγχειρίδια και πληροφορία από το Διαδίκτυο, δημιουργούν τον παρακάτω πίνακα επεξήγησης της λειτουργίας των δεδομένων που ανταλλάσσονται. Ακολουθούν το παράδειγμα της πρώτης πληροφορίας που είναι ήδη συμπληρωμένο.

A/A	Εξυπηρετητής	Πελάτης	Πληροφορία	Επεξήγηση
1		X	HELO <όνομα mail server>	Έλεγχος ύπαρξης του εξυπηρετητή που φιλοξενεί τον αποδέκτη του email
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8...				

Πίνακας VI. Βασικές συναρτήσεις του πρωτοκόλλου (SMTP) αποστολής μηνύματος ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.

Η συγκεκριμένη εργασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανεξάρτητα και στη διδασκαλία των επιμέρους πρωτοκόλλων. Ειδικά στις περιπτώσεις των υπηρεσιών e-mail και ftp το λογισμικό προσομοίωσης υλοποιεί ένα μεγάλο μέρος των διαδικασιών ανταλλαγής πληροφορίας μεταξύ εξυπηρετητή και πελάτη που προβλέπουν τα πρωτόκολλα υλοποίησης των υπηρεσιών (βλ. «Συνοπτική παρουσίαση των πρωτοκόλλων που υλοποιούν τα επίπεδα OSI στην περίπτωση του TCP/IP.» στο παράρτημα).

4. Προσομοίωση λειτουργιών μεταγωγής

Περιγραφή λογισμικού

Με την είσοδο του μαθητή στην εφαρμογή γίνεται η επιλογή της τεχνικής μεταγωγής: μεταγωγή κυκλώματος, μεταγωγή πακέτου νοητού κυκλώματος (virtual circuit), μεταγωγή πακέτου αυτοδύναμου κυκλώματος (datagrams).

Στη συνέχεια ο μαθητής μεταβαίνει στο περιβάλλον κατασκευής τοπολογίας του προγράμματος.

Περίπτωση 1. Μεταγωγή κυκλώματος.

Στο γραφικό περιβάλλον του προγράμματος ο μαθητής σχεδιάζει την τοπολογία, καθορίζοντας ποιοι κόμβοι δρομολόγησης επικοινωνούν μεταξύ τους καθώς επίσης και ποιοι από τους τερματικούς σταθμούς επικοινωνούν με ποιους κόμβους δρομολόγησης.

Μετά την ολοκλήρωση αυτής της διαδικασίας ο μαθητής καθορίζει στα τερματικά-πομπούς:

- Το χρώμα που θα χαρακτηρίζει τον πομπό και θα χρησιμοποιηθεί για τη γραφική αναπαράσταση του τρόπου δρομολόγησης της πληροφορίας μέσα στον ιστό του δικτύου.
- Τον παραλήπτη της πληροφορίας.

Οι παραπάνω λειτουργίες γίνονται με την εισαγωγή τιμών στις αντίστοιχες ιδιότητες των τερματικών.

Μετά την ολοκλήρωση του καθορισμού όλων των παραμέτρων διαδικτύωσης, ακολουθεί η εκκίνηση της διαδικασίας προσομοίωσης. Το βασικό σημείο, όπου επικεντρώνει η συγκεκριμένη ενότητα, είναι η εξεύρεση μονοπατιών πληροφορίας και η δέσμευσή τους σε όλη τη διάρκεια της ανταλλαγής δεδομένων.

Κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης ξεκινά ταυτόχρονα από όλους τους πομπούς η απαίτηση δημιουργίας κυκλώματος προς το δέκτη τους, αποτέλεσμα της οποίας είναι η δημιουργία σταθερών μονοπατιών ροής προς τους δέκτες. Τα μονοπάτια αυτά για λόγους εποπτικούς χρωματίζονται με το χαρακτηριστικό χρώμα του αντίστοιχου πομπού. Όταν ένα μονοπάτι έχει καταληφθεί από πληροφορία κάποιου πομπού, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί από άλλο πομπό. Εάν η διοχέτευση πληροφορίας κάποιου πομπού προς τον αντίστοιχο δέκτη δεν είναι δυνατή διότι τα μονοπάτια επικοινωνίας είναι κατειλημμένα, η μετάδοση ακυρώνεται.

Στην προσομοίωση γίνεται σαφές ότι στα δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος, όταν μεταξύ πομπού και δέκτη καθοριστεί ένα μονοπάτι, τότε αυτό παραμένει σταθερό σε όλη τη διάρκεια της μεταξύ τους επικοινωνίας.

Περίπτωση 2. Μεταγωγή πακέτου νοητού κυκλώματος (virtual circuit).

Στην περίπτωση αυτή, ο μαθητής καλείται να κάνει επιλογές παρόμοιες με αυτές της περίπτωσης δικτύου μεταγωγής κυκλώματος. Το πρόγραμμα ζητά από το μαθητή να καθορίσει ποιοι κόμβοι δρομολόγησης επικοινωνούν μεταξύ τους και ποιοι από αυτούς συνδέονται με τους τερματικούς σταθμούς. Ο καθορισμός αυτός γίνεται με γραφικό τρόπο. (Βλ. Περίπτωση 1)

Μετά τον καθορισμό των παραμέτρων διαδικτύωσης, ακολουθεί η εκκίνηση της διαδικασίας προσομοίωσης. Το βασικό σημείο, όπου επικεντρώνει η συγκεκριμένη ενότητα, είναι η εξεύρεση μονοπατιών πληροφορίας και η δέσμευσή τους για μία μόνο αποστολή πακέτου.

Κατά την προσομοίωση η πληροφορία ξεκινά ταυτόχρονα από όλους τους πομπούς και δημιουργεί εικονικά μονοπάτια ροής προς τους δέκτες. Τα μονοπάτια αυτά για λόγους εποπτικούς χρωματίζονται με το χαρακτηριστικό χρώμα του αντίστοιχου πομπού.

Ένα μονοπάτι του δικτύου μπορεί να αποτελέσει διάδρομο πληροφορίας για περισσότερους από έναν πομπούς. Όταν ένα ζεύγος πομπού-δέκτη καταλάβει ένα κανάλι, τότε θα διατηρήσει τη ροή πληροφορίας μέσα από αυτό, για όσο χρόνο χρειαστεί να εξυπηρετηθεί η συγκεκριμένη αίτηση. Μετά από το πέρας της συγκεκριμένης ανταλλαγής, το κανάλι απελευθερώνεται και είναι διαθέσιμο για τη διαβίβαση άλλης πληροφορίας.

Στην προσομοίωση γίνεται σαφές ότι στα δίκτυα μεταγωγής πακέτου νοητού κυκλώματος εξασφαλίζεται η ροή της πληροφορίας για μία συγκεκριμένη υπηρεσία, αλλά δεν υπάρχει κάποιο φυσικό κύκλωμα το οποίο να δεσμεύεται. Έτσι μετά τη διαβίβαση κάποιου όγκου ή το τέλος μίας συγκεκριμένης υπηρεσίας το κανάλι είναι διαθέσιμο.

Περίπτωση 3. Μεταγωγή πακέτου αυτοδύναμου κυκλώματος (datagram).

Το πρόγραμμα ζητά από το μαθητή να καθορίσει τις βασικές παραμέτρους της διαδίκτυωσης:

- Την τοπολογία του δικτύου
- Το χρώμα που θα χαρακτηρίζει τον πομπό και θα χρησιμοποιηθεί για τη γραφική αναπαράσταση του τρόπου δρομολόγησης της πληροφορίας μέσα στον ιστό του δικτυώματος.
- Το ρυθμό εκπομπής, δηλαδή σε κάθε πόσους χρόνους προσομοίωσης θα αποστέλλεται ένα πακέτο.
- Τον επιθυμητό χρόνο παράδοσης, δηλαδή το χρόνο στον οποίο ο σχεδιαστής του δικτύου θα ήθελε το πακέτο να έχει ήδη παραδοθεί. Συνήθως αυτός ο χρόνος συναντάται σε δικτυακές υπηρεσίες πραγματικού χρόνου και τότε ο επιθυμητός χρόνος παράδοσης εκφράζεται σε χρόνο παραπλήσιο του ρυθμού εκπομπής.
- Τον παραλήπτη της πληροφορίας.

Ο χρόνος λήξης πακέτου ο οποίος εμφανίζεται στα στοιχεία ενός πακέτου όπως δίδεται από τη σύντομη αναφορά που εμφανίζεται με δεξί «κλικ» στους κόμβους, είναι ένα μέγεθος που ρυθμίζεται από το λογισμικό και είναι ανάλογο του μεγέθους του δικτύου. Χρησιμοποιείται για τη λήξη εμφάνισης ενός πακέτου στο δίκτυο, όταν αυτό δεν καταφέρει να βρει τον παραλήπτη του. Είναι ανάλογο του Time to Live τμήματος της επικεφαλίδας ενός πακέτου IP.

Ακόμη, ο μαθητής επιλέγει έναν από τους παρακάτω αλγορίθμους δρομολόγησης των πακέτων:

- Flooding: Κάθε πακέτο μεταδίδεται από έναν κόμβο προς όλες τις κατευθύνσεις και συλλέγεται από εκείνο το δέκτη του οποίου η διεύθυνση περιέχεται στην επικεφαλίδα του.
- Hot Potato: Κάθε πακέτο κατευθύνεται προς εκείνον το γειτονικό κόμβο που έχει τη μεγαλύτερη διαθεσιμότητα.
- Min Path: Κατά την αποστολή κάθε πακέτου υπολογίζεται η συντομότερη δυνατή διαδρομή μεταξύ του κόμβου αποστολέα και του παραλήπτη. Ο min path αλγόριθμος υλοποιείται με βάση την τεχνική που συναντάται στους κόμβους του Διαδικτύου και το πρωτόκολλο OSPF (Open Shortest Path First).

Η τεχνική που εφαρμόζει το λογισμικό για τον υπολογισμό των συντομότερων διαδρομών, είναι η εξής:

Αρχικά, τα πακέτα δρομολογούνται τυχαία προς τους ελεύθερους κόμβους του δικτύου και κατευθύνονται στον παραλήπτη τους. Κάθε φορά που ολοκληρώνεται με επιτυχία μια αποστολή, το πλήρες μονοπάτι που ακολούθησε το πακέτο καταχωρείται σε έναν πίνακα. Το αποτέλεσμα είναι για κάθε ζεύγος αποστολέα-παραλήπτη να υπάρχει καταχώρηση των διαδρομών που ακολουθήθηκαν σε προηγούμενες αποστολές, με στόχο για κάθε νέο πακέτο που

αποστέλλεται από έναν πομπό, να επιλέγεται η συντομότερη δυνατή διαδρομή από αυτές που είναι καταχωρημένες στον πίνακα. Έτσι, οι κόμβοι που ενημερώνονται για τις διαδρομές αυτές, δρομολογούν τα πακέτα προς εκείνο το γειτονικό κόμβο που είναι μεν διαθέσιμος, συμμετέχει δε σε κάποιο από τα πιο σύντομα μονοπάτια του πίνακα.

Μετά την ολοκλήρωση του καθορισμού όλων των παραμέτρων διαδικτύωσης, ακολουθεί η εκκίνηση της διαδικασίας προσομοίωσης.

Με την ολοκλήρωση του καθορισμένου από το μαθητή χρόνου εξέλιξης της προσομοίωσης, παρουσιάζονται στοιχεία σχετικά με την απόδοση του δικτύου, όπως διαθεσιμότητα των πόρων, ποσοστό χαμένης πληροφορίας για ένα ζευγάρι πομπού-δέκτη, ποσοστό καθυστερημένων αφίξεων.

Διδακτικοί στόχοι

Οι μαθητές έρχονται σε επαφή με τους βασικούς τύπους τοπολογιών και με θεωρητικές έννοιες δικτύων. Γνωρίζουν τους τρόπους δρομολόγησης της πληροφορίας στα δικτυακά μοντέλα μεταγωγής κυκλώματος, μεταγωγής πακέτου νοητού κυκλώματος και μεταγωγής πακέτου αυτοδύναμου κυκλώματος. Επίσης δίνεται η ευκαιρία στον εκπαιδευτικό να παρουσιάσει τυπικές εφαρμογές των βασικών μοντέλων, όπως τα δίκτυα IP, ATM, και τα τηλεφωνικά δίκτυα.

Εκπαιδευτικό Σενάριο

Διδακτικές ενότητες που εντάσσεται το σενάριο σύμφωνα με το σχολικό πρόγραμμα σπουδών

Το εκπαιδευτικό σενάριο εντάσσεται στη διδακτική ενότητα *Δίκτυα Επικοινωνίας Δεδομένων* του μαθήματος *Μετάδοση Δεδομένων και Δίκτυα Υπολογιστών* των ΤΕΕ.

Με βάση τις παρακάτω δραστηριότητες πάνω σε συγκεκριμένη τοπολογία, οι μαθητές μπορούν να δημιουργήσουν στο περιβάλλον του λογισμικού κι άλλες τοπολογίες διασύνδεσης και να σχολιάσουν τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων.

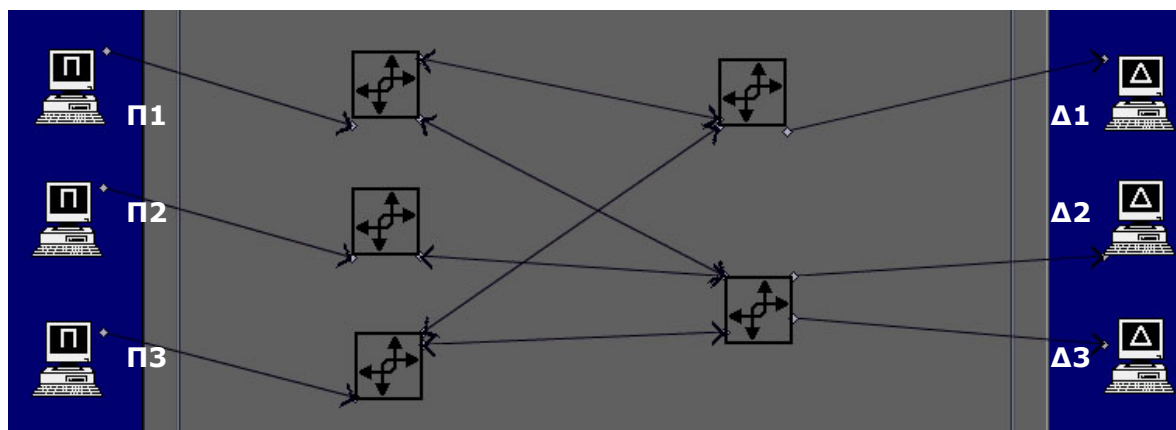
Στις ακόλουθες δραστηριότητες προτείνεται αρχικά η ρυθμιζόμενη και στη συνέχεια η συνεχής ροή χρόνου της προσομοίωσης.

Α. Μετάδοση πληροφορίας σε δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος

Δραστηριότητα

Διδακτικές ώρες: 2

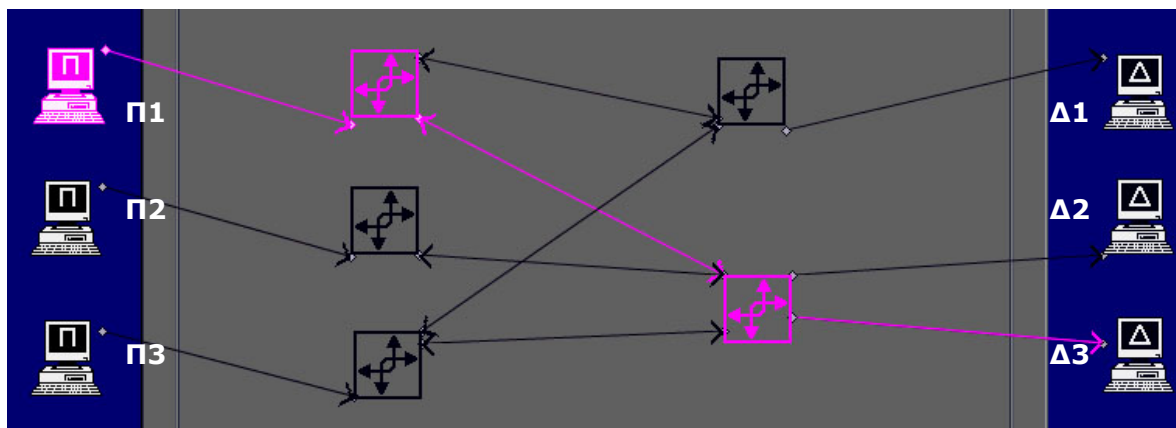
Οι μαθητές δημιουργούν την ακόλουθη διασύνδεση:



Τοπολογία 1

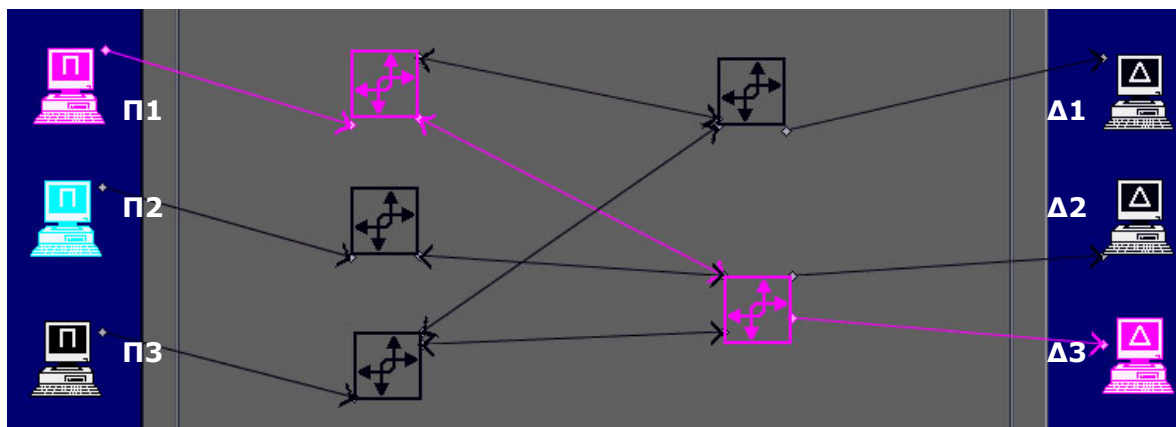
Στη συνέχεια ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα.

1ο Βήμα: Αρχικά ενεργοποιείται ως πομπός μόνο ο Π1 και ως δέκτης της πληροφορίας του ο Δ3, και εκκινείται η προσομοίωση. Για την επικοινωνία αυτή θα δημιουργηθεί δυναμικά κάποιο μονοπάτι που θα φανεί και γραφικά στην οθόνη.



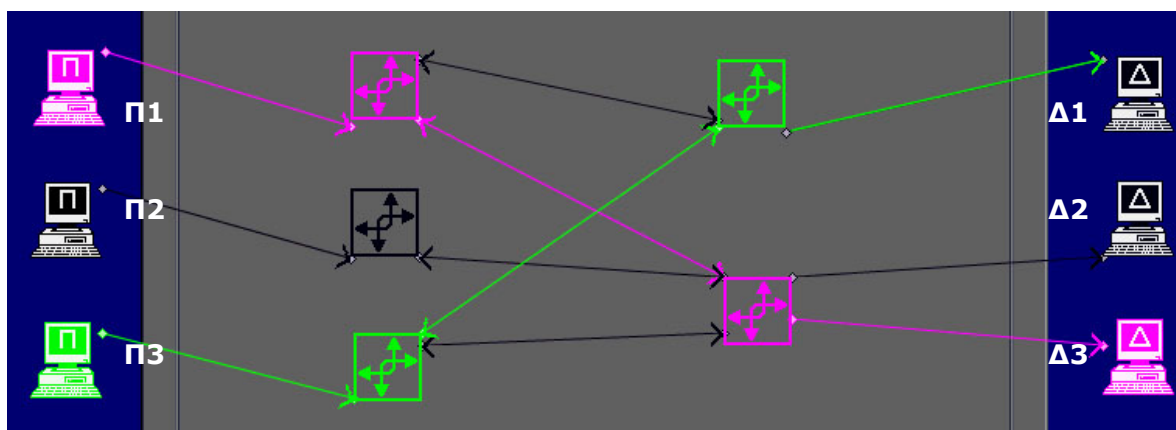
1ο βήμα

2ο Βήμα: Ενεργοποιούνται ως πομποί τόσο ο Π1 όσο και ο Π2 με αντίστοιχους δέκτες τους Δ3 και Δ2, και εκκινείται η προσομοίωση. Από την εκτέλεση αυτού του βήματος θα διαφανεί η βασική αδυναμία της μεταγωγής κυκλώματος, αφού ο ένας από τους δύο πομπούς δεν θα εξυπηρετηθεί ποτέ (ο πρώτος που θα εξυπηρετηθεί θα καταλάβει τα κυκλώματα στερώντας τη δυνατότητα από το δεύτερο).



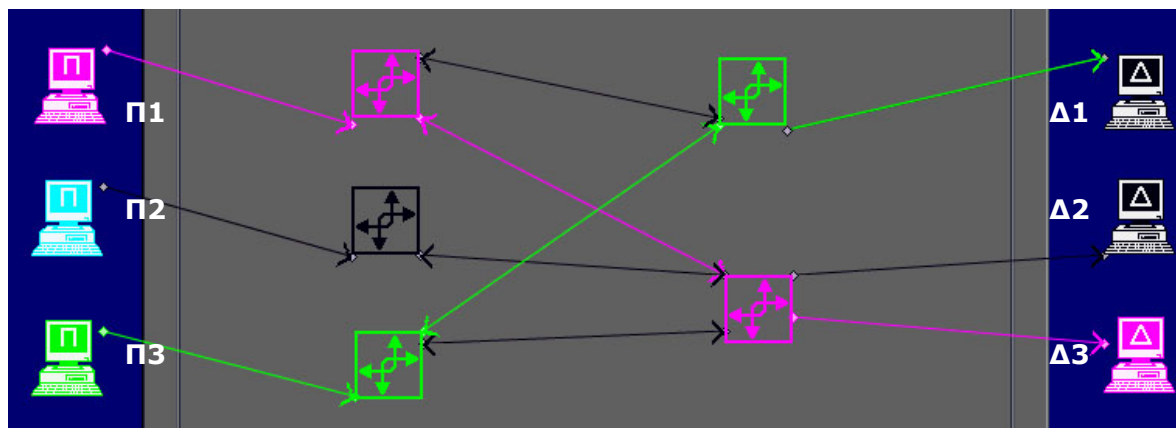
2ο βήμα

3ο Βήμα: Ενεργοποιούνται ως πομποί τόσο ο Π1 όσο και ο Π3 με αντίστοιχους δέκτες τους Δ3 και Δ1, και εκκινείται η προσομοίωση. Για την επικοινωνία αυτή θα δημιουργηθούν δυναμικά δύο μονοπάτια που θα φανούν γραφικά στην οθόνη.



3ο βήμα

4ο Βήμα: Ενεργοποιούνται ως πομποί οι Π1, Π2 και Π3 με αντίστοιχους δέκτες τους Δ3, Δ2 και Δ1, και εκκινείται η προσομοίωση. Για την επικοινωνία αυτή θα δημιουργηθούν δυναμικά δύο μονοπάτια που θα φανούν γραφικά στην οθόνη, ενώ ένα από τα τερματικά δε θα καταφέρει να αποκαταστήσει κύκλωμα με το δέκτη του (το ζεύγος Π2-Δ2). Αιτία αυτού είναι ότι ο κόμβος από τον οποίο θα έπρεπε υποχρεωτικά να περάσει αυτή η επικοινωνία είναι ήδη κατειλημμένος από το ζεύγος Π1-Δ3.



4ο βήμα

Β. Μετάδοση πληροφορίας σε δίκτυα μεταγωγής πακέτου νοητού κυκλώματος

Δραστηριότητα

Διδακτικές ώρες: 2

1ο Βήμα: Δημιουργείται η διασύνδεση της Τοπολογίας 1 και ακολουθούνται τα βήματα όπως παρουσιάστηκαν στην περίπτωση του δικτύου μεταγωγής κυκλώματος.

2ο Βήμα: Για την τοπολογία του βήματος 4 του δικτύου μεταγωγής κυκλώματος οι μαθητές εκκινούν συνεχή ροή. Παρατηρούν τις εναλλαγές των χρωμάτων στα διάφορα μονοπάτια για την αποστολή 50 περίπου πακέτων και παρατηρούν ότι οι πομποί καθώς ολοκληρώνουν μια μετάδοση πληροφορίας, επιχειρείται επαναδρομολόγηση του συστήματος. Συνέπεια αυτού είναι το ζεύγος Π2-Δ2 που στην περίπτωση της μεταγωγής κυκλώματος είχε αποκλειστεί, στη περίπτωση της μεταγωγής πακέτου νοητού κυκλώματος εξυπηρετείται. Αυτό φαίνεται και μέσω της επιλογής *Αποτίμηση Δικτύου*, όπου στη σχετική αναφορά ο δέκτης Δ2 θα παρουσιάσει έναν αριθμό από παραληφθέντα πακέτα.

Γ. Μετάδοση πληροφορίας σε δίκτυα μεταγωγής πακέτου αυτοδύναμου κυκλώματος

1η Δραστηριότητα

Διδακτικές ώρες: 6

Επιλέγεται ο αλγόριθμος δρομολόγησης Flooding, σύμφωνα με τον οποίο κάθε πακέτο μεταδίδεται από έναν κόμβο προς όλες τις κατευθύνσεις και συλλέγεται από το δέκτη του οποίου η διεύθυνση περιέχεται στην επικεφαλίδα του

Δημιουργείται η Τοπολογία 1 και ακολουθούνται τα επόμενα βήματα:

1ο Βήμα: Αρχικά ενεργοποιείται ως πομπός μόνο ο Π1 και ως δέκτης της πληροφορίας του ο Δ3. Επιλέγεται ρυθμός εκπομπής 10 και επιθυμητός χρόνος παράδοσης του πακέτου 9. Εκτελέστε βήμα-βήμα την προσομοίωση της αποστολής ενός πακέτου. Για κάθε πακέτο που φτάνει στον προορισμό του (τον κατάλληλο δέκτη) οι μαθητές καταγράφουν στον παρακάτω πίνακα τα εξής στοιχεία (τα στοιχεία μπορείτε να τα βρείτε με δεξί «κλικ» και την επιλογή *Πακέτο*, στο δέκτη που έχει πακέτο):

Χρονική στιγμή πακέτου (σε χρόνους προσομοίωσης)	Επιθυμητός χρόνος παράδοσης (σε χρόνους προσομοίωσης)	Κόμβοι από όπου πέρασε το πακέτο

2ο Βήμα: Ενεργοποιούνται ως πομποί οι Π1, Π2 και Π3 με αντίστοιχους δέκτες τους Δ3, Δ2 και Δ1. Σε κάθε τερματικό πομπού επιλέξτε ρυθμό εκπομπής 10 και επιθυμητό χρόνο παράδοσης των πακέτων 9 και εκκινήστε τη προσομοίωση βήμα-βήμα.

Για κάθε πακέτο που φτάνει στον προορισμό του (τον κατάλληλο δέκτη) οι μαθητές καταγράφουν στον παρακάτω πίνακα τα εξής στοιχεία (τα στοιχεία μπορείτε να τα βρείτε με δεξί «κλικ» και την επιλογή *Πακέτο*, στο δέκτη που έχει πακέτο):

Χρόνος Προσομοίωσης	Αποστολέας	Δέκτης	Χρονική στιγμή πακέτου (σε χρόνους προσομοίωσης)	Επιθυμητός χρόνος παράδοσης (σε χρόνους προσομοίωσης)	Κόμβοι από όπου πέρασε το πακέτο
1					
2...					

Παρατηρήστε τη διασπορά των πακέτων αλλά και το μεγάλο αριθμό πακέτων που έχουν λήξει λόγω της παρέλευσης του χρόνου λήξης τους. Συνεχίστε τη διαδικασία για περίπου 50 χρόνους προσομοίωσης.

3ο Βήμα: Επαναλάβετε τα βήματα 1 και 2 για τους άλλους αλγόριθμους δρομολόγησης.

Παρατηρήστε τη μεγάλη διασπορά σε πολλούς κόμβους ταυτόχρονα του ίδιου πακέτου στην περίπτωση του Flooding, με αποτέλεσμα το μεγάλο αριθμό επαναλαμβανόμενων λήψεων του ίδιου πακέτου από τον αποδέκτη, όπως επίσης και τον αυξημένο αριθμό ληγμένων πακέτων. Στην περίπτωση του min-path και του hot-potato, παρατηρήστε τη σαφώς προσανατολισμένη κίνηση προς κόμβους που εξασφαλίζουν το μικρότερο δυνατό μονοπάτι στον πρώτο αλγόριθμο, και τη σχεδόν τυχαία κίνηση των πακέτων στο δεύτερο. Κάποια πακέτα θα μετακινούνται «εγκλωβισμένα» ανάμεσα σε κόμβους, μέχρι είτε τη λήξη τους είτε την κίνησή τους όταν αυτό είναι εφικτό. Στο σημείο αυτό οι μαθητές θα μπορούσαν να δημιουργήσουν δικές τους συνδέσεις και να διερευνήσουν τα παραπάνω.

2η Δραστηριότητα

Διδακτικές ώρες: 3+1

Για όλους τους αλγόριθμους δρομολόγησης στην Τοπολογία 1 και με ρυθμό εκπομπής 5 και επιθυμητό χρόνο παράδοσης των πακέτων 4, εκτελείται προσομοίωση συνεχούς ροής (για 100 χρόνους προσομοίωσης). Οι μαθητές καταγράφουν (επιλογή: *Αποτίμηση Δικτύου*) τις ποιοτικές παραμέτρους (ληγμένα πακέτα, παραληφθέντα πακέτα, απεσταλμένα πακέτα, αριθμός καθυστερημένων πακέτων) των δικτύων για κάθε περίπτωση. Με τα δεδομένα αποτίμησης δικτύου συμπληρώνεται ο παρακάτω πίνακας. Οι μαθητές καλούνται να συγκρίνουν τις παραμέτρους και να αιτιολογήσουν τα αποτελέσματα, καθώς και να επιλέξουν τον καλύτερο αλγόριθμο κατά τη γνώμη τους.

Παράμετρος	Flooding	Min Path	Hot Potato
Απεσταλμένα			
Παραληφθέντα			
Καθυστερημένα			
Ληγμένα			

Ο αλγόριθμος Flooding θα πρέπει να παρουσιάζει αυξημένο αριθμό ληγμένων και καθυστερημένων πακέτων. Η αιτία είναι η ταυτόχρονη διασπορά του ίδιου πακέτου σε πολλούς κόμβους. Ο αλγόριθμος hot-potato θα πρέπει να παρουσιάζει αυξημένο αριθμό από καθυστερημένα πακέτα αλλά ελάχιστα ληγμένα, εξαιτίας της τυχαίας κίνησης των πακέτων στους κόμβους. Ο αλγόριθμος min-path θα πρέπει να παρουσιάζει την καλύτερη δυνατή συμπεριφορά από όλους προσφέροντας μικρά ποσοστά ληγμένων και καθυστερημένων πακέτων.

Στο σημείο αυτό, οι μαθητές θα μπορούσαν να υπολογίσουν το μέσο ποσοστό χρήσης του συστήματος, σύμφωνα με τη σχέση:

$$\text{Μέσο ποσοστό χρήσης του δικτύου} = \frac{\sum_{\text{ΚΟΜΒΟΥΣ}} \left(\frac{\Pi}{T} \right)}{N}$$

Όπου Π είναι τα παραληφθέντα πακέτα στον κόμβο, T ο χρόνος προσομοίωσης και N ο αριθμός των κόμβων.

Σημειώστε ότι για τις ίδιες ρυθμίσεις ρυθμού αποστολής στα τερματικά, η συνολική απαίτηση για αποστολή πακέτων, είναι η ίδια ανεξαρτήτως αλγόριθμου. Επομένως, διατηρώντας την ίδια τοπολογία, το μέσο ποσοστό χρήσης του δικτύου είναι ενδεικτικό του φορτίου που δημιουργεί ο αλγόριθμος στο δίκτυο. Τα στοιχεία για τους παραπάνω υπολογισμούς βρίσκονται στην αναφορά αποτίμησης δικτύου.

5. Προσομοίωση σχεδίασης τοπικών δικτύων και στοιχείων απόδοσής τους με κανόνες επιλογής τοπολογιών, μονάδων διασύνδεσης και μέσων μετάδοσης

Περιγραφή λογισμικού

Οι μαθητές, μέσω του γραφικού περιβάλλοντος, επιλέγουν έναν από τους δυνατούς τύπους (Ethernet, Token ring) διασύνδεσης δικτύων, κατασκευάζουν μια τοπολογία και εκκινούν την προσομοίωση.

Περίπτωση 1. Ethernet.

Το Ethernet ακολουθεί το πρότυπο IEEE 802.3. ενώ ο τρόπος διαβίβασης πακέτων ακολουθεί το πρωτόκολλο Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect (CSMA/CD). Δηλαδή όλα τα τερματικά διασυνδέονται σε κοινό δίαυλο και κάθε σήμα που αποστέλλεται από κάποιο φθάνει σε όλα τα τερματικά του δικτύου. Το κάθε τερματικό συλλέγει εκείνη την πληροφορία που έχει τη δική του διεύθυνση. Όταν ένα τερματικό επιθυμεί να στείλει πληροφορία, ελέγχει τον κοινό δίαυλο και αν αυτός είναι ελεύθερος τότε τον δεσμεύει -μεταβάλλει το φέρον (carrier) του διαύλου- για να τον χρησιμοποιήσει για αποστολή πληροφορίας. Όταν δύο τερματικά ζητήσουν το δίαυλο την ίδια στιγμή, τότε δημιουργείται σύγκρουση (collision). Σε αυτήν την περίπτωση αποσύρουν και τα δύο τερματικά την αίτησή τους και ξαναπροσπαθούν αργότερα.

Στο γραφικό περιβάλλον, ο μαθητής συνδέει τερματικά στο δίκτυο και ορίζει ζεύγη πομπών και δεκτών πληροφορίας. Μπορεί επίσης να ρυθμίσει:

- Το χρώμα που θα χαρακτηρίζει τον πομπό και θα χρησιμοποιηθεί για τη γραφική απεικόνιση ροής της πληροφορίας μέσα στον ιστό του δικτυώματος.
- Το ρυθμό αποστολής πληροφορίας.
- Τον παραλήπτη της πληροφορίας κάθε πομπού.

Ξεκινά η προσομοίωση που βασίζεται στις αρχές λειτουργίας του Ethernet. Ο δίαυλος χρωματίζεται κάθε φορά από το χρώμα του τερματικού που τον χρησιμοποιεί και σε περίπτωση σύγκρουσης (collision), αυτή αποτυπώνεται με εμφανή τρόπο και καταγράφεται.

Στο τέλος κάθε προσομοίωσης παρουσιάζονται στο μαθητή στοιχεία αποτίμησης του δικτύου όπως: το σύνολο της πληροφορίας που διαβιβάστηκε, το ποσοστό των ανεπιτυχών προσπαθειών για αποστολή προς τις συνολικές προσπάθειες και το πλήθος των συγκρούσεων (collisions) που σημειώθηκαν.

Περίπτωση 2. Token Ring.

Η τοπολογία των δικτύων Token Ring στηρίζεται σε ένα δακτύλιο στον οποίο συνδέονται τα τερματικά. Στο δακτύλιο και από τερματικό σε τερματικό διέρχεται ένα σήμα (token) το οποίο δηλώνει ότι το κανάλι είναι ελεύθερο. Όταν ένα τερματικό θέλει να αποστείλει πληροφορία στο δακτύλιο, περιμένει μέχρι το σήμα token να φτάσει σε αυτό. Όταν λάβει το σήμα token, το δεσμεύει, κοινοποιώντας με τον τρόπο αυτό στο δίκτυο, ότι κάποιο τερματικό πρόκειται να στείλει πληροφορία. Αμέσως μετά διαβιβάζει την πληροφορία στο κανάλι. Η πληροφορία διέρχεται με τη σειρά από όλα τα τερματικά που μεσολαβούν μεταξύ αποστολέα και παραλήπτη. Όταν η πληροφορία φτάσει στον παραλήπτη, ο τελευταίος ειδοποιεί τον αποστολέα, για τη λήψη της πληροφορίας, μέσω ενός σήματος αναγνώρισης (acknowledge). Στη συνέχεια ο δακτύλιος απελευθερώνεται και αποστέλλεται σήμα token εκ νέου.

Στο γραφικό περιβάλλον, ο μαθητής δημιουργεί μια τοπολογία, εισάγει τις βασικές ρυθμίσεις και ξεκινά την προσομοίωση η οποία βασίζεται στις αρχές λειτουργίας του

Token Ring. Ο δακτύλιος χρωματίζεται κάθε φορά από το χρώμα του τερματικού που τον χρησιμοποιεί.

Στο τέλος μίας προσομοίωσης παρουσιάζονται στο μαθητή στοιχεία αποτίμησης του δικτύου όπως: το σύνολο της πληροφορίας που διαβιβάστηκε ο ρυθμός αποστολής και λήψης (σε σχέση με το χρόνο προσομοίωσης).

Διδακτικοί στόχοι

Οι μαθητές έρχονται σε επαφή με τους βασικούς τύπους τοπολογιών. Γνωρίζουν τις βασικές αρχές λειτουργίας και τον τρόπο δρομολόγησης πληροφορίας στα δίκτυα τύπου Ethernet και Token Ring. Επίσης έρχονται σε επαφή με στοιχεία αποτίμησης των δικτύων όπως: το σύνολο της πληροφορίας που διαβιβάστηκε, ο χρόνος αναμονής ενός τερματικού για αποστολή, το ποσοστό των ανεπιτυχών προσπαθειών για αποστολή.

Εκπαιδευτικό Σενάριο

Διδακτικές ενότητες που εντάσσεται το σενάριο σύμφωνα με το σχολικό πρόγραμμα σπουδών

Το εκπαιδευτικό σενάριο εντάσσεται στις διδακτικές ενότητες *Τοπικά Δίκτυα* και *Τοπικά Δίκτυα Υψηλών Επιδόσεων* του μαθήματος *Μετάδοση Δεδομένων και Δίκτυα Υπολογιστών* των ΤΕΕ.

Συνοπτική περιγραφή

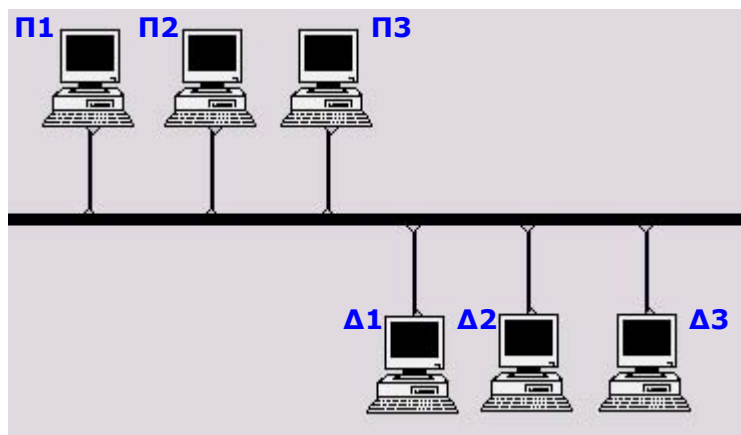
Ο μαθητής επιλέγει έναν τύπο δικτύου Ethernet ή Token Ring και εισέρχεται στο περιβάλλον σχεδίασης, όπου τοποθετεί με δυναμικό τρόπο στοιχεία διασύνδεσης και τερματικά υλοποιώντας μια τοπολογία. Για τα στοιχεία διασύνδεσης ρυθμίζει το μέγιστο ρυθμό διαβίβασης πληροφορίας (throughput). Με βάση τον τύπο και την τοπολογία του δικτύου προσομοιώνεται η επικοινωνία στο δίκτυο και παρουσιάζονται στοιχεία σχετικά με την απόδοση του δικτύου.

Στις ακόλουθες δραστηριότητες προτείνεται αρχικά η ρυθμιζόμενη και στη συνέχεια η συνεχής ροή χρόνου της προσομοίωσης.

A. Δίκτυα τύπου Ethernet

Δραστηριότητα

Διδακτικές ώρες: 3



Ethernet

Οι μαθητές δημιουργούν τη διασύνδεση που φαίνεται στην εικόνα και ακολουθούν τα παρακάτω βήματα.

1ο Βήμα: (ρυθμιζόμενη ροή χρόνου) Ενεργοποιείται ως πομπός μόνο ο Π1 και ως δέκτης της πληροφορίας του ο Δ1. Ο Π1 θα ανιχνεύσει τη διαθεσιμότητα του καναλιού και θα αποστείλει την πληροφορία στο Δ1.

2ο Βήμα: (ρυθμιζόμενη ροή χρόνου) Ενεργοποιούνται ως πομποί τόσο ο Π1 όσο και ο Π2, με αντίστοιχους δέκτες τους Δ1 και Δ2. Οι πομποί ρυθμίζονται με διαφορετικούς ρυθμούς εκπομπής πληροφορίας (2 και 3 αντίστοιχα) ώστε να αποφεύγεται ο υπερβολικός αριθμός συγκρούσεων (collisions). Οι δύο πομποί θα ενεργοποιηθούν ταυτόχρονα και το πρώτο φαινόμενο σύγκρουσης (collision) θα δημιουργηθεί μετά από 6 χρόνους, όταν δηλαδή και οι δύο πομποί θα πρέπει να στείλουν, ο Π1 το τρίτο του πακέτο και ο Π2 το δεύτερο. Στην περίπτωση της σύγκρουσης, δίπλα στο κάθε τερματικό, θα εμφανιστούν τα χρονόμετρα που υποδεικνύουν ότι τα δύο τερματικά βρίσκονται σε φάση αναμονής, και το καθένα από αυτά αναμένει έναν τυχαίο μικρό χρόνο μέχρι να ξαναπροσπαθήσει να στείλει. Κατά τη φάση της τυπικής επικοινωνίας τερματικών πομπών και δεκτών και από τις εναλλαγές στο χρώμα του καναλιού γίνεται σαφές ποιος πομπός στέλνει πληροφορία κάθε φορά.

3ο Βήμα: (συνεχής ροή χρόνου) Ενεργοποιούνται ως πομποί οι Π1, Π2 και Π3 με αντίστοιχους δέκτες τους Δ1, Δ2 και Δ3. Ρυθμίζονται αντίστοιχα οι ρυθμοί εκπομπής πληροφορίας των πομπών σε 2, 3, 4 και το σύστημα αφήνεται ελεύθερο να εκτελέσει προσομοίωση. Μετά το πέρας αρκετού αριθμού κύκλων (περίπου 100) προσομοίωσης συμπληρώνεται ο παρακάτω πίνακας αξιολόγησης (Πίνακας Ι).

Οι μαθητές καλούνται να μεταβάλλουν τους ρυθμούς εκπομπής πληροφορίας των πομπών σε 5, 10, 15 και να επαναλάβουν το βήμα 3. Τέλος, οι μαθητές επαναλαμβάνουν το βήμα 3 με ρυθμούς εκπομπής πληροφορίας των πομπών 2, 2, 2.

Ethernet			
A/A	Παράμετρος	Τιμή	Ποσοστό επιτυχίας (%) (παραληφθέντα/απεσταλμένα)×100
1	Χρόνος Προσομοίωσης	100	
	Πακέτα που έπρεπε να αποσταλούν	$(100/2)+(100/3)+(100/4)=108$	
	Παραληφθέντα πακέτα		
2	Χρόνος Προσομοίωσης	100	
	Πακέτα που έπρεπε να αποσταλούν	$(100/5)+(100/10)+(100/15)=36$	
	Παραληφθέντα πακέτα		
3	Χρόνος Προσομοίωσης	100	
	Πακέτα που έπρεπε να αποσταλούν	$(100/2)+(100/2)+(100/2)=150$	
	Παραληφθέντα πακέτα		

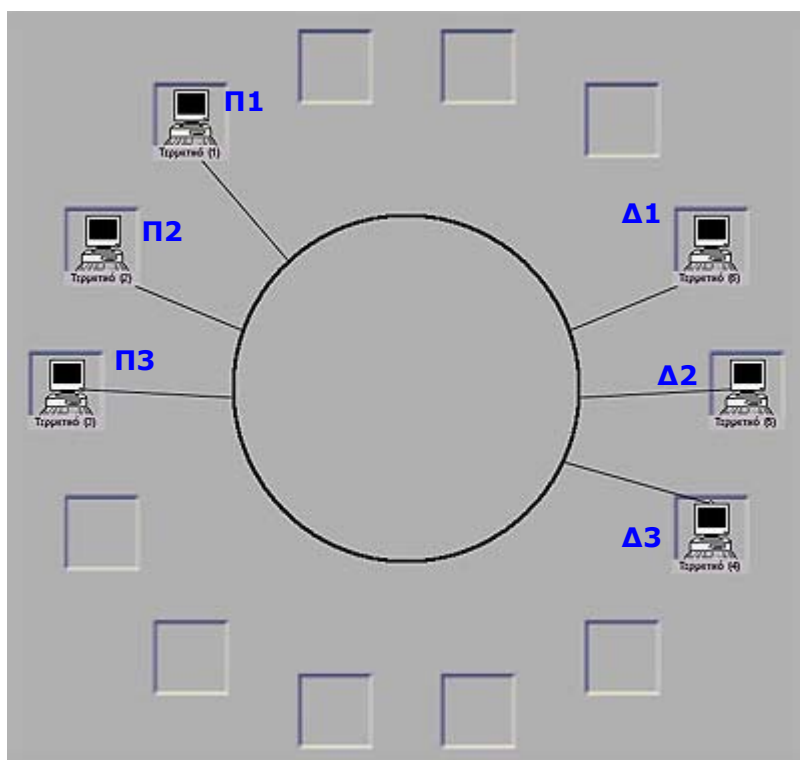
Πίνακας Ι. Πίνακας αξιολόγησης τοπολογίας Ethernet

Β. Δίκτυα τύπου Token-Ring

Δραστηριότητα

Διδακτικές ώρες: 3+1

1ο Βήμα: Οι μαθητές υλοποιούν το παρακάτω δίκτυο και ακολουθούν τα βήματα που περιγράφονται στη δραστηριότητα για τα δίκτυα τύπου Ethernet. Για τα τερματικά πομπούς επιλέγουν κοινή προτεραιότητα ίση με 1. Στην περίπτωση των δικτύων τύπου Token Ring δεν παρατηρούνται φαινόμενα συγκρούσεων (collisions).



Token Ring

Συμπληρώνουν τον πίνακα αξιολόγησης (Πίνακας Ι) για την περίπτωση του Token Ring.

Οι μαθητές καλούνται να συγκρίνουν τα αποτελέσματα αξιολόγησης μεταξύ των δικτύων Ethernet και Token Ring. Η τοπολογία Ethernet είναι γενικά πιο γρήγορη σε ταχύτητες αποστολών πακέτων, αλλά λόγω των συγκρούσεων παρουσιάζει αστάθεια ως προς τα χαρακτηριστικά της, δηλαδή μεταβαλλόμενο ρυθμό εκπομπής που επηρεάζεται έντονα από τη συμπεριφορά του υπόλοιπου δικτύου. Αντίθετα το Token Ring παρουσιάζει χαμηλότερες ταχύτητες αποστολής πακέτων, αλλά έχει εξαιρετικά σταθερή συμπεριφορά και για δεδομένο δίκτυο, με διαμορφωμένες προτεραιότητες, οι ρυθμοί εκπομπής και λήψης είναι αρκετά σταθεροί. Επομένως σε δίκτυα που το ζητούμενο είναι η μέση ταχύτητα εκπομπών και λήψεων να είναι αυξημένη και δεν υπάρχουν διαμορφωμένες προτεραιότητες μεταξύ των τερματικών, το δίκτυο Ethernet είναι καλή επιλογή. Όταν όμως τα τερματικά που συμμετέχουν είναι μικρού αριθμού και θέλουμε να εφαρμόσουμε πολιτικές προτεραιοτήτων, τότε η κατάλληλη επιλογή είναι το Token Ring.

Σε αυτό το σημείο ο εκπαιδευτικός θα μπορούσε να επεκτείνει τις δραστηριότητες ζητώντας από τους μαθητές να μελετήσουν την συμπεριφορά των δικτύων στην αύξηση των κόμβων.

Πιο ειδικά, σε δύο τοπολογίες (μία Ethernet και μία Token Ring), ενεργοποιούνται ως πομποί οι Π1, Π2, Π3, Π4 και Π5, με αντίστοιχους δέκτες τους Δ1, Δ2, Δ3, Δ4 και Δ5. Ρυθμίζονται αντίστοιχα οι ρυθμοί εκπομπής πληροφορίας των πομπών σε 2, 3, 4, 5, 6

(για τη περίπτωση Token Ring επιλέγονται ίσες προτεραιότητες) και το σύστημα αφήνεται ελεύθερο να εκτελέσει προσομοίωση. Μετά το πέρας αρκετού αριθμού κύκλων προσομοίωσης (περίπου 100), οι μαθητές καλούνται να συμπληρώσουν τον αντίστοιχο πίνακα αξιολόγησης. Η σύγκριση της συμπεριφοράς των δύο τοπολογιών θα καταδείξει την ευαισθησία που παρουσιάζουν τα δίκτυα Token Ring στην αύξηση των κόμβων.

Τέλος, θα μπορούσε να δημιουργηθεί μια δραστηριότητα με τη μεταβολή των προτεραιοτήτων ανάμεσα στα τερματικά ενός δικτύου Token Ring και να εκτιμηθεί η επίδραση της προτεραιότητας στην απόδοση των τερματικών, σύμφωνα με τα στοιχεία αποτίμησης δικτύου του λογισμικού.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

1. Συνοπτική παρουσίαση των πρωτοκόλλων που υλοποιούν τα επίπεδα OSI στην περίπτωση του TCP/IP

Στο περιβάλλον προσομοίωσης του προγράμματος εφαρμόζεται το μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων (Open System Interconnection - OSI) για τη δικτύωση υπολογιστικών συστημάτων όπως επίσης και η αναγωγή της βασικής μορφής των σύγχρονων δικτύων που στηρίζονται στο TCP/IP πρωτόκολλο και των βασικών υπηρεσιών του Διαδικτύου (web/e-mail/ftp) στο πρότυπο αυτό. Επίσης στο γραφικό περιβάλλον της εφαρμογής γίνεται άμεσα η αντιστοίχιση του OSI προτύπου με το γνωστό και ως TCP/IP πρότυπο δικτύωσης που συνήθως ακολουθείται τόσο στο σύγχρονο Διαδίκτυο όσο και στα τοπικά δίκτυα (LAN). Στο κείμενο που ακολουθεί γίνεται αναφορά στα επίπεδα του OSI προτύπου, στο πρότυπο TCP/IP και την αντιστοίχισή του με το OSI, για τα πρωτόκολλα που αντιστοιχούν στο κάθε επίπεδο καθώς επίσης και για τα πρωτόκολλα που υλοποιούν τις τρεις βασικές υπηρεσίες του Διαδικτύου, τα HyperText Transfer Protocol (HTTP), Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) και File Transfer Protocol (FTP). Επίσης, παρουσιάζονται μία σειρά ασκήσεων και ερωτήσεων προσαρμοσμένων στο λογισμικό προσομοίωσης.

Το μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων (Open System Interconnection-OSI Reference Model-RM) - Περιγραφή

Το μοντέλο αναφοράς OSI ακολουθεί τη λογική ανάλυσης σε επίπεδα. Αποτελείται από επτά επίπεδα: το επίπεδο Εφαρμογής (application layer), Παρουσίασης (presentation layer), Συνόδου (session layer), Μεταφοράς (transport layer), Δικτύου (network layer), Γραμμής Δεδομένων (data link layer) και το Φυσικό επίπεδο (physical layer).

Τα υψηλότερα επίπεδα του OSI (επίπεδο Εφαρμογής, επίπεδο Παρουσίασης, επίπεδο Συνόδου) αναφέρονται κυρίως στην εφαρμογή και στον τρόπο που τα δεδομένα της συγκεκριμένης εφαρμογής ή δικτυακής υπηρεσίας κωδικοποιούνται και αποκωδικοποιούνται μεταξύ των διασυνδεδεμένων υπολογιστικών συστημάτων.

Τα χαμηλότερα επίπεδα (επίπεδο Μεταφοράς, επίπεδο Δικτύου, επίπεδο Γραμμής Δεδομένων και Φυσικό επίπεδο) αναφέρονται τόσο στην εφαρμογή ή την υπηρεσία που ο χρήστης ενεργοποιεί όσο και στον τρόπο που κατατμήνεται η πληροφορία στο επίπεδο του δικτύου ώστε να μεταδοθεί διαμέσου των γραμμών μετάδοσης.

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται τα επίπεδα OSI καθώς και κάποια ενδεικτικά πρωτόκολλα που αντιστοιχούν σε κάθε επίπεδο.

Πίνακας 1. Τα επίπεδα OSI

<p>Φυσικό επίπεδο (Physical Layer)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Επίπεδο μεταγωγής, ρυθμός μετάδοσης ▪ Διπλής κατεύθυνσης ▪ Καθορίζει τον τύπο των μέσων μεταφοράς και του υλικού διασύνδεσης <p>Στην περίπτωση του Ethernet τα στοιχεία του φυσικού επιπέδου μπορούν να είναι:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 10BaseT (UTP, 10Base2 (thinnet), 10Base5 (thicknet), 10BaseF (fiber) ▪ 10, 100Mbps <p>Στην περίπτωση του ATM τα στοιχεία του φυσικού επιπέδου μπορούν να είναι:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fiber, SONET, Cat 5 UTP ▪ 45, 100, 155, 622Mbps; 2.5Gbps
<p>Επίπεδο Γραμμής Δεδομένων (Data Link Layer)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Κατάτμηση των ψηφιο-πακέτων (packet streams) σε πλαίσια πληροφορίας (frames) ▪ Έλεγχος λάθους μέσω του αθροίσματος των ψηφίων που διαβιβάζονται (Checksum) ▪ Εγγυάται την παράδοση των πλαισίων πληροφορίας (frames)
<p>Επίπεδο Δικτύου (Network Layer)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Δρομολογεί επαναληπτικά δεδομένα ▪ Με απευθείας σύνδεση των συστημάτων: X 25 ▪ Χωρίς απευθείας σύνδεση των συστημάτων: IP
<p>Επίπεδο Μεταφοράς (Transport Layer)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Από σημείο σε σημείο αξιοπιστία στην παράδοση δεδομένων. ▪ Διαχωρισμός της πληροφορίας σε ψηφιο-πακέτα και δημιουργία ομάδας ψηφιο-πακέτων(chunks) ▪ Σε περίπτωση μη απευθείας διασύνδεση των συστημάτων δημιουργεί συγχρονισμό στην σειρά με την οποία λαμβάνονται τα δεδομένα ▪ Με απευθείας (εικονική) σύνδεση (σημείο σε σημείο): TCP ▪ Χωρίς σύνδεση μεταξύ των συστημάτων: UDP
<p>Επίπεδο Συνόδου (Session Layer)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Επιπλέον δυνατότητες εκσφαλμάτωσης και αξιοπιστία στη μετάδοση ▪ Συνήθως δεν είναι ευδιάκριτο διότι η λειτουργικότητα του μεταβιβάζεται στα γειτονικά του επίπεδα
<p>Επίπεδο Παρουσίασης (Presentation Layer)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Συμπίεση δεδομένων ▪ Κρυπτογράφηση ▪ Κωδικοποίηση χαρακτήρων
<p>Επίπεδο Εφαρμογής (Application Layer)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Λειτουργίες στο επίπεδο του χρήστη και διασύνδεσης με εφαρμογές (API). ▪ FTP ▪ Telnet, Authentication ▪ SMTP ▪ NFS ▪ DNS

Το επίπεδο Εφαρμογής (Application layer)

Το επίπεδο εφαρμογής περιέχει όλες τις απαραίτητες δομές για την υποστήριξη της εφαρμογής με την οποία έρχεται σε επαφή ο τελικός χρήστης. Περιέχει δηλαδή τις ρουτίνες και τους μηχανισμούς διεπαφής προγραμματιστικά (Application Programming Interface-API) μεταξύ της υποδομής του υπολογιστικού συστήματος (λειτουργικό σύστημα, οδηγοί δικτυακού υλικού, οδηγοί πρωτοκόλλων) και της εφαρμογής που αναπτύσσεται.

Το επίπεδο Παρουσίασης (Presentation layer)

Το επίπεδο παρουσίασης παρέχει μια σειρά από συναρτήσεις και μηχανισμούς για την κωδικοποίηση και τη μετατροπή των δεδομένων που μετέπειτα θα διαβιβαστούν στο χρήστη μέσω της του επιπέδου εφαρμογής και της εφαρμογής που χρησιμοποιεί. Αυτό το επίπεδο εξασφαλίζει ότι η πληροφορία που διαμορφώθηκε σε ένα υπολογιστικό σύστημα θα είναι αναγνώσιμη από κάποιο άλλο που θα την παραλάβει. Η κύρια επομένως λειτουργία του επιπέδου αυτού είναι η ομοιόμορφη, βάσει προτύπων, αναπαράσταση των δεδομένων, η μετατροπή των δεδομένων ανάμεσα σε διαφορετικά πρότυπα, η συμπίεση και αποσυμπίεση των δεδομένων καθώς και η κρυπτογράφηση όπου απαιτείται. Η λειτουργία του επιπέδου αυτού βασίζεται σε πρότυπα. Για παράδειγμα θα αναφέρουμε ότι αυτό το επίπεδο είναι υπεύθυνο για την αναπαράσταση των χαρακτήρων στα πρότυπα ASCII, EBCDIC, UTF, των εικόνων σε Graphics Interchange Format - GIF, Joint Photographic Experts Group - JPEG, Tagged Image File Format - TIFF, των βίντεο σε MPEG, κλπ.

Το επίπεδο Συνόδου (Session layer)

Το επίπεδο συνόδου είναι υπεύθυνο για τη δημιουργία, διατήρηση και λήξη συνόδων μεταξύ δύο διασυνδεδεμένων υπολογιστικών συστημάτων. Οι σύνοδοι αυτοί αποτελούνται από απαιτήσεις και ανταποκρίσεις μεταξύ των εφαρμογών των διασυνδεδεμένων συστημάτων. Όταν δύο υπολογιστικά συστήματα επιθυμούν να εκκινήσουν μια σύνοδο (session) για την ανταλλαγή δεδομένων τότε αυτό το επίπεδο αναλαμβάνει την εκκίνηση της συνόδου, την κατεύθυνση και το ρυθμό ροής των δεδομένων όπως επίσης και τον έλεγχο για επανεκπομπή χαμένων ή κατεστραμμένων δεδομένων που παραλήφθηκαν. Χαρακτηριστικά πρωτόκολλα αυτού του επιπέδου είναι το AppleTalk και το Session Control Protocol (SCP).

Το επίπεδο Μεταφοράς (Transport layer)

Το επίπεδο μεταφοράς είναι υπεύθυνο για την αξιόπιστη μεταφορά των δεδομένων, καθώς ευθύνεται για τον έλεγχο ροής της πληροφορίας ώστε να μην παρατηρούνται φαινόμενα υπερφόρτωσης σε κάποιο από τα συστήματα που συμμετέχουν, την πολυπλεξία στην ανταλλαγή δεδομένων διαφορετικών εφαρμογών μέσα από το ίδιο μέσο, τη δημιουργία εικονικών συνδέσεων σημείου προς σημείο (virtual-circuit) και το συγχρονισμό στη λήψη των δεδομένων ώστε να επιτυγχάνεται η παρουσία της πληροφορίας με τη σωστή σειρά. Ακόμη, ενσωματώνει μηχανισμούς ελέγχου ασφαλήτων της πληροφορίας και μηχανισμούς επανεκπομπής της με σκοπό τη σωστή μεταφορά της.

Ορισμένα από τα πρωτόκολλα που υλοποιούν το επίπεδο μεταφοράς είναι το Transmission Control Protocol - TCP που αναλαμβάνει την ορθή και συγχρονισμένη ανταλλαγή δεδομένων στα δίκτυα TCP/IP και το Name Binding Protocol - NBP που αναλαμβάνει την αντιστοίχιση των AppleTalk αναγνωριστικών των υπολογιστικών συστημάτων με διευθύνσεις δικτύου στα AppleTalk δίκτυα.

Το επίπεδο Δικτύου (Network layer)

Το επίπεδο δικτύου παρέχει τη δρομολόγηση της πληροφορίας μεταξύ των διασυνδεδεμένων υπολογιστικών συστημάτων. Τα πρωτόκολλα αυτού του επιπέδου επιτρέπουν την ταυτόχρονη ανταλλαγή πληροφορίας ανάμεσα σε πολλαπλές υπολογιστικές μονάδες. Αυτό επιτυγχάνεται με την επιπλέον πολυπλεξία της πληροφορίας και την υιοθέτηση λογικών διευθύνσεων στη θέση των φυσικών διευθύνσεων που επιβάλλει το δικτυακό υλικό των υπολογιστικών συστημάτων.

Τα πρωτόκολλα που συναντώνται στο επίπεδο δικτύου είναι κυρίως δρομολόγησης αλλά και εξακρίβωσης των διευθύνσεων των υπολογιστικών συστημάτων που συμμετέχουν σε μία ανταλλαγή. Παραδείγματα τέτοιων πρωτοκόλλων είναι το Internet routing protocol (IP), Open Shortest Path First (OSPF) που δημιουργήθηκε για τη διασύνδεση μεταξύ κόμβων στο Διαδίκτυο και το Address Resolution Protocol (ARP) που χρησιμοποιείται στην αντιστοίχιση των λογικών διευθύνσεων (IP-Address) με φυσικές (MAC-Address).

Το επίπεδο Γραμμής Δεδομένων (Data link layer)

Το επίπεδο γραμμής δεδομένων είναι υπεύθυνο για την αξιοπιστία στη μεταφορά της πληροφορίας μέσω του φυσικού καναλιού. Στο επίπεδο αυτό γίνεται η διαμόρφωση των δεδομένων σε ομάδες ανάλογα με το μέσο που χρησιμοποιείται και το πρωτόκολλο που υιοθετείται. Παρέχεται επίσης ένα επιπλέον επίπεδο ελέγχου σφαλμάτων διαχείρισης της διασύνδεσης μεταξύ των υπολογιστικών συστημάτων και του ελέγχου ροής της πληροφορίας.

Στο επίπεδο αυτό υιοθετείται η φυσική διεύθυνση σε αντιδιαστολή με το επίπεδο δικτύου που τα δεδομένα δρομολογούνται προς τη λογική διεύθυνση. Η φυσική διεύθυνση προσδιορίζεται ως ένα μοναδικό αναγνωριστικό που φέρει η κάρτα δικτύου του υπολογιστικού συστήματος.

Το Φυσικό επίπεδο (Physical layer)

Το φυσικό επίπεδο καθορίζει όλες εκείνες τις φυσικές, ηλεκτρικές και λειτουργικές δυνατότητες μιας διασύνδεσης. Στο φυσικό επίπεδο ανήκουν τα μέσα μετάδοσης όπως οι οπτικές ίνες, τα συνεστραμμένα ζεύγη ή οι ασύρματες ζεύξεις. Οι δυνατότητες του φυσικού επιπέδου ρυθμίζουν συχνά και τις επιλογές που κάνουν οι σχεδιαστές συστημάτων στα υπερκείμενα επίπεδα. Από τη μορφή τους σε φυσικό επίπεδο τα δίκτυα χαρακτηρίζονται σε τοπικά (Local Area Network), μητροπολιτικά (Metropolitan Area Network) και ευρείας περιοχής (Wide Area Network). Η κάθε μία από τις ομάδες δικτύων χρησιμοποιεί διαφορετικό μέσο για τη διαβίβαση της πληροφορίας. Για παράδειγμα, τα τοπικά δίκτυα δομούνται συνήθως επάνω σε συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων, τα μητροπολιτικά αποτελούνται και από δικτυώσεις μέσω των διακοπτικών κυκλωμάτων των τηλεφωνικών συνδέσεων όπως επίσης και οπτικές ίνες, και τα ευρείας περιοχής δίκτυα χρησιμοποιούν επιπρόσθετα και ασύρματες ζεύξεις.

Αντιστοίχιση του OSI και του TCP/IP προτύπου διαδίκτυωσης

Το TCP/IP μοντέλο αναφοράς αποτελείται από τέσσερα επίπεδα: το επίπεδο Πρόσβασης Δικτύου, το επίπεδο Διαδικτύου, το επίπεδο Μεταφοράς και το επίπεδο Εφαρμογής.

Το επίπεδο Πρόσβασης Δικτύου (Network Interface) εκτελεί τις λειτουργίες που στο OSI αντιστοιχούν στο επίπεδο Γραμμής Δεδομένων (Data Link) και το Φυσικό επίπεδο (Physical).

Το επίπεδο Διαδικτύου (Internet) αντιστοιχεί στο επίπεδο Δικτύου (Network) του OSI.

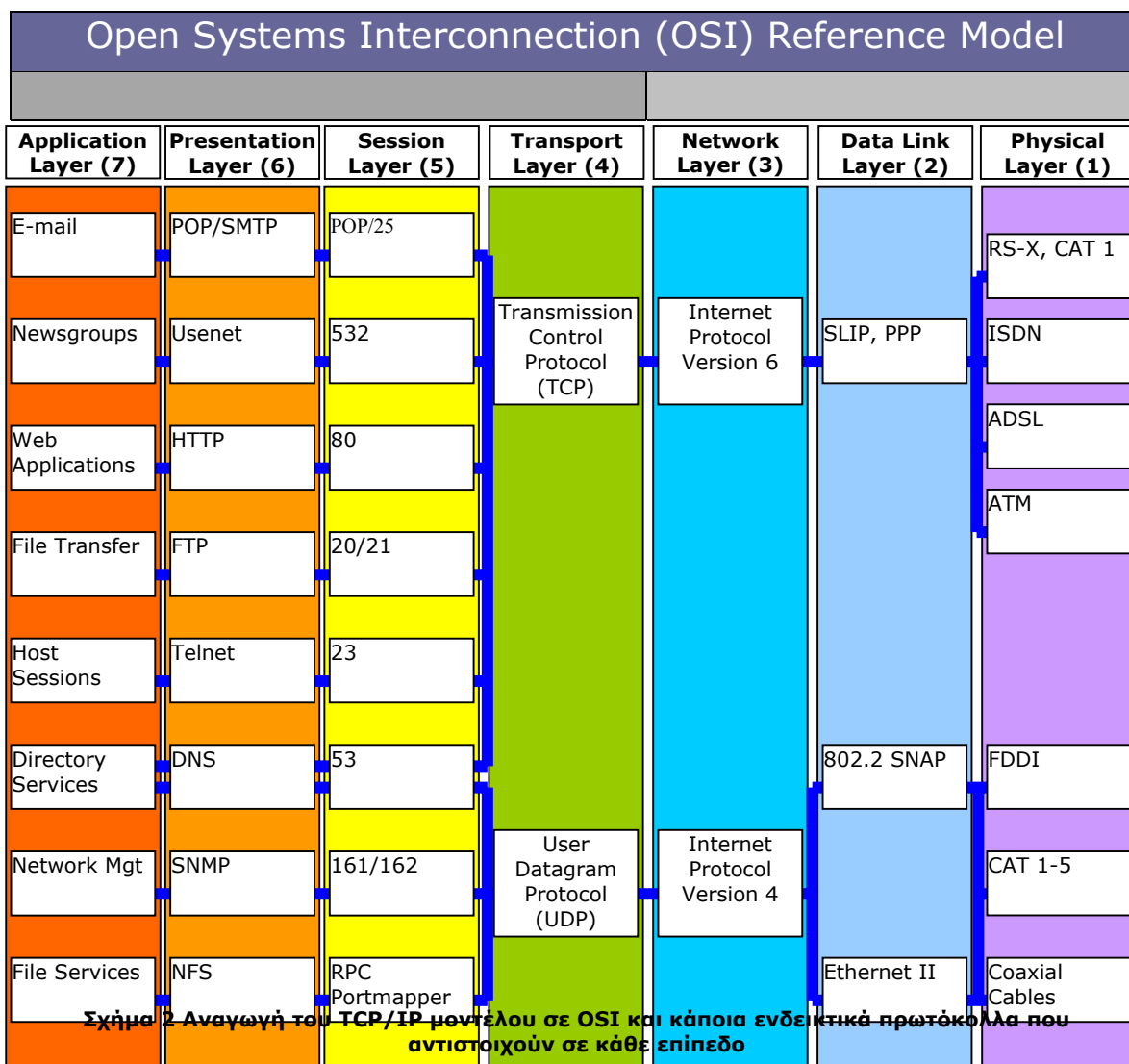
Το επίπεδο Μεταφοράς (Transport) αντιστοιχεί στο επίπεδο Μεταφοράς (Transport) του OSI.

Το επίπεδο Εφαρμογής (Application) εκτελεί τις λειτουργίες των επιπέδων Συνόδου (Session), Παρουσίασης (Presentation) και Εφαρμογής (Application) του OSI.

Στο Σχήμα 1 υπάρχει η γραφική αντιστοίχιση των δύο προτύπων. Στο Σχήμα 2 επιχειρείται μια αναγωγή των υπηρεσιών και των πρωτοκόλλων του προτύπου TCP/IP στο OSI.

OSI	DoD
Application	Application
Presentation	
Session	
Transport	Transport
Network	Internet
Data Link	Network Interface
Physical	

Σχήμα 1 Αντιστοίχιση των επιπέδων του OSI και του TCP/IP



Ενθυλάκωση (Encapsulation)

Ο τρόπος με τον οποίο τόσο το OSI όσο και το TCP/IP μοντέλο χειρίζεται την πληροφορία καθώς αυτή μεταβιβάζεται στα διάφορα επίπεδα τους καλείται ενθυλάκωση (encapsulation). Κατά την διαδικασία της ενθυλάκωσης, σε κάθε επίπεδο του μοντέλου προστίθεται στα δεδομένα που προώθησε το υπερκείμενο επίπεδο μια νέα επικεφαλίδα. Η επικεφαλίδα αυτή περιγράφει στοιχεία σχετικά με το επίπεδο, την πληροφορία που μεταφέρει τις απαιτήσεις συγχρονισμού που υπάρχουν από την υπηρεσία και φυσικά το αποστολέα και τον παραλήπτη της πληροφορίας. Όταν η πληροφορία φτάσει στον παραλήπτη, τότε καθώς ανεβαίνει τα επίπεδα του μοντέλου μέχρι να φτάσει στο επίπεδο εφαρμογής, ακολουθείται η αντίστροφη διαδικασία, δηλαδή το κάθε επίπεδο αφού εκτελέσει τις οδηγίες που περιγράφονται στην επικεφαλίδα που του αντιστοιχεί, την αφαιρεί από τα δεδομένα και προωθεί την πληροφορία προς τα υπερκείμενα επίπεδα. Αυτή η διαδικασία αυξάνει φυσικά το μέγεθος της πληροφορίας που διαβιβάζεται, όμως αποτελεί αναγκαία λύση στις περιπτώσεις ασύγχρονων δομών επικοινωνίας όπως είναι τα δίκτυα.

Τα βασικά πρωτόκολλα του Διαδικτύου

Στο επίπεδο των εφαρμογών του Διαδικτύου έχουν αναπτυχθεί πολλά πρωτόκολλα που φροντίζουν για την ανάπτυξη και τη λειτουργία των εφαρμογών αυτών. Στα πλαίσια αυτού του λογισμικού προσομοίωσης αναφερόμαστε στα πρωτόκολλα μεταφοράς υπερκειμένου (HTTP), αποστολής ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (SMTP) και μεταφοράς αρχείων (FTP).

Στο επίπεδο Μεταφοράς, τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται είναι το Transport Control Protocol-TCP και το User Datagram Protocol UDP. Στο λογισμικό προσομοίωσης αναφερόμαστε στο TCP πρωτόκολλο.

Στο επίπεδο Δικτύου, υπάρχει το πρωτόκολλο δρομολόγησης Internet Protocol - IP καθώς επίσης και τα πρωτόκολλα αντιστοίχισης της λογικής IP διεύθυνσης σε φυσικές διευθύνσεις των δικτυακών καρτών (Address Resolution Protocol ARP/ Reverse Address Resolution Protocol - RARP) και το πρωτόκολλο ελέγχου σφαλμάτων δικτύου Internet Control Message Protocol (ICMP). Στο λογισμικό προσομοίωσης αναφερόμαστε στο IP πρωτόκολλο, ενώ η δράση των υπόλοιπων πρωτοκόλλων εμφανίζεται μέσω των αποτελεσμάτων τους στις επικεφαλίδες των πακέτων του επιπέδου Δικτύου και του επιπέδου Γραμμής Δεδομένων.

Στο επίπεδο Γραμμής Δεδομένων, υπάρχει μια πληθώρα πρωτοκόλλων η χρήση των οποίων εξαρτάται από το φυσικό μέσο που έχει επιλεγεί για τη μεταβίβαση της πληροφορίας. Στην εφαρμογή προσομοίωσης μελετάμε δύο βασικές περιπτώσεις πρωτοκόλλων, το Ethernet που συναντάμε στις διασυνδέσεις μέσω καλωδίων συνεστραμμένου ζεύγους ή ομοαξονικού και το Point to Point Protocol που συναντάμε στις διασυνδέσεις μέσω τηλεφωνικής κλήσης (Dial-Up) με σειριακή θύρα (RS232) και modem.

Το πρωτόκολλο μεταφοράς υπερκειμένου (HyperText Transfer Protocol - HTTP)

Το HTTP είναι το βασικό πρωτόκολλο υπηρεσιών του Διαδικτύου και είναι υπεύθυνο για την ανταλλαγή δεδομένων που βρίσκονται σε όλες τις γνωστές μορφές αρχείων, αρχεία κειμένου, ήχου εικόνας, υπερκείμενα, συμπιεσμένα αρχεία κλπ. Η βασική έκδοση του διατυπώθηκε το 1990 με την έκδοση HTTP 0.9. Από τότε έχουν παρουσιαστεί οι εκδόσεις HTTP 1.0 και HTTP 1.1. Στο λογισμικό προσομοίωσης μελετάμε την τις βασικές αρχές της έκδοσης HTTP 1.0. Το πρωτόκολλο λειτουργεί βασιζόμενο σε μια αλληλουχία απαιτήσεων (requests) και ανταποκρίσεων (response) μεταξύ των δικτυωμένων υπολογιστικών συστημάτων. Η απαίτηση έρχεται από ένα υπολογιστικό σύστημα πελάτης (client) που ζητάει για παράδειγμα μια συγκεκριμένη ιστοσελίδα και η ανταπόκριση έρχεται από έναν εξυπηρετητή (server) που κατέχει το περιεχόμενο που αναζητά ο πελάτης.

Οι βασικές λειτουργίες του HTTP πρωτοκόλλου

Η σύνταξη μιας διεύθυνσης

Η σύνταξη μιας διεύθυνσης του Διαδικτύου είναι η εξής: "http:" "/" διεύθυνση εξυπηρετητή[":" θύρα] [σχετική θέση της ιστοσελίδας μέσα στο δίσκο του εξυπηρετητή]

Διεύθυνση εξυπηρετητή, είναι η διεύθυνση του τομέα του παροχέα που φιλοξενεί την ιστοσελίδα.

Θύρα, είναι ένας αριθμός των 16 δυαδικών ψηφίων που δηλώνει την TCP θύρα στην οποία υπάρχουν τα δεδομένα στον εξυπηρετητή.

Η σχετική θέση της ιστοσελίδας στο δίσκο του εξυπηρετητή, λαμβάνεται με αρχή το φάκελο που περιέχει το σύνολο των ιστοσελίδων του συγκεκριμένου κόμβου.

Τυποποίηση της ημερομηνίας

Το HTTP/1.0 επιτρέπει τρεις τρόπους αναπαράστασης του χρόνου: α) Sun, 06 Nov 1994 08:49:37 GMT, β) Sunday, 06-Nov-94 08:49:37 GMT και γ) Sun Nov 6 08:49:37 1994

Κωδικοσελίδες χαρακτήρων

Οι χαρακτήρες του HTTP μπορούν να βρίσκονται σε κάποια από τις παρακάτω κωδικοποιήσεις,

"US-ASCII", "ISO-8859-1", "ISO-8859-2", "ISO-8859-3", "ISO-8859-4", "ISO-8859-5", "ISO-8859-6", "ISO-8859-7", "ISO-8859-8", "ISO-8859-9", "ISO-2022-JP", "ISO-2022-JP-2", "ISO-2022-KR", "UNICODE-1-1", "UNICODE-1-1-UTF-7", "UNICODE-1-1-UTF-8".

Κωδικοποίηση του περιεχομένου

Η κωδικοποίηση του περιεχομένου, περιέχεται στις επικεφαλίδες ώστε να ενημερώνει τους παραλήπτες για το είδος της αποκωδικοποίησης που απαιτείται στην πληροφορία.

Η κωδικοποίηση συνδέεται με τη συμπίεση και την κρυπτογράφηση που έχει υποστεί η πληροφορία. Έτσι έχουμε διάφορα δηλωτικά όπως "x-gzip", "x-compress".

Το πρωτόκολλο αποστολής ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (Simple Mail Protocol - SMTP)

Το SMTP είναι ένα πρωτόκολλο το οποίο σχεδιάστηκε για να δώσει τη δυνατότητα στους χρήστες να ανταλλάξουν ηλεκτρονικά μηνύματα με τρόπο αξιόπιστο και ομοιόμορφο, ανεξάρτητα από το λειτουργικό σύστημα και τη δομή του υπολογιστικού συστήματος.

Ο σχεδιασμός του SMTP βασίζεται στο ακόλουθο μοντέλο: ο χρήστης απαιτεί να στείλει e-mail και τότε ο υπολογιστής αποστολέας δημιουργεί μια αμφίδρομη σύνδεση με τον υπολογιστή παραλήπτη. Ο υπολογιστής παραλήπτης είναι συνήθως ο εξυπηρετητής ηλεκτρονικού ταχυδρομείου στον οποίο υπάρχει το «γραμματοκιβώτιο» του φυσικού παραλήπτη του μηνύματος. Ο υπολογιστής αποστολέας στέλνει μια σειρά από εντολές προς τον υπολογιστή παραλήπτη και αυτός απαντά σε αυτές τις εντολές αποστέλλοντας τα κατάλληλα μηνύματα ανταπόκρισης. Τέλος, ο υπολογιστής αποστολέας στέλνει το μήνυμα και με τη λήξη της παράδοσής του τερματίζεται η επικοινωνία.

Οι βασικές λειτουργίες του SMTP πρωτοκόλλου.

Τρία είναι τα βασικά βήματα στην αποστολή ενός μηνύματος ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.

1. Η εκκίνηση γίνεται με μία εντολή MAIL που περιέχει την διεύθυνση του αποστολέα.

MAIL <κενό> FROM:<διεύθυνση αποστολέα> <χαρακτήρας αλλαγής γραμμής>

2. Έπειτα ακολουθεί μια σειρά από εντολές RCPT που περιέχουν πληροφορίες σχετικά με τον αποδέκτη.

RCPT <κενό> TO: <διεύθυνση παραλήπτη> <χαρακτήρας αλλαγής γραμμής>

Αν ο παραλήπτης υπάρχει στον εξυπηρετητή τότε αυτός επιστρέφει την απάντηση

250 OK

αλλιώς ο εξυπηρετητής επιστρέφει την απάντηση

550 Failure reply

Η διαδικασία αποστολής αποδεκτών του μηνύματος επαναλαμβάνεται τόσες φορές όσοι και οι παραλήπτες του μηνύματος.

3. Τέλος η εντολή DATA αποστέλλει το μήνυμα. Ο υπολογιστής αποστολέας

στέλνει προς τον παραλήπτη την ακόλουθη εντολή

DATA <χαρακτήρας αλλαγής γραμμής>

Ο παραλήπτης με τη σειρά του στέλνει πίσω την απάντηση

354

και αρχίζει να λαμβάνει το μήνυμα. Το μήνυμα τερματίζεται με το χαρακτήρα "." στην αρχή μίας νέας γραμμής.

Με το τέλος του μηνύματος ο παραλήπτης στέλνει το μήνυμα

250 OK

Πρέπει να σημειωθεί ότι με τα δεδομένα του μηνύματος, αποστέλλονται και όλες οι επικεφαλίδες του μηνύματος όπως ημερομηνία (Date), θέμα (Subject), προς (To), κοινοποίηση (Cc), από (From).

Ακολουθεί ένα παράδειγμα απλής αποστολής μηνύματος ηλεκτρονικού ταχυδρομείου από τη διεύθυνση <kapoion@sxoleio.gr>, προς τη διεύθυνση <kapoion_allon@sxoleio2.gr>.

H/Y Αποστολέας: MAIL FROM:<kapoion@sxoleio.gr>

H/Y Παραλήπτης: 250 OK

H/Y Αποστολέας: RCPT TO:<kapoion_allon@sxoleio2.gr>

H/Y Παραλήπτης: 250 OK

H/Y Αποστολέας: DATA

H/Y Παραλήπτης: 354

H/Y Αποστολέας: κείμενο του

H/Y Αποστολέας: μηνύματος...κλπ κλπ κλπ

H/Y Αποστολέας: <χαρακτήρας αλλαγής γραμμής>.<χαρακτήρας αλλαγής γραμμής>

H/Y Παραλήπτης: 250 OK

Το πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων (File Transfer Protocol - FTP)

Το FTP πρωτόκολλο έχει αναπτυχθεί για να υποστηρίζει την ανταλλαγή αρχείων μεταξύ δικτυωμένων υπολογιστικών συστημάτων.

Οι βασικές λειτουργίες του FTP πρωτοκόλλου.

Η επικοινωνία μεταξύ των υπολογιστικών συστημάτων για την αποστολή ή λήψη αρχείου γίνεται με την διαδικασία εντολών και απαντήσεων. Πριν ο χρήστης αποστείλει την επόμενη εντολή του πρέπει να περιμένει την απάντηση του υπολογιστικού συστήματος εξυπηρέτησης (ftp server).

Μια απάντηση του υπολογιστικού συστήματος εξυπηρέτησης αποτελείται από έναν τριψήφιο αριθμό και ένα κείμενο μηνύματος:

XYZ Transfer complete

όπου XYZ ένας τριψήφιος αριθμός.

Το κείμενο μηνύματος μπορεί να διαφέρει για διαφορετικούς εξυπηρετητές, ο τριψήφιος όμως αριθμός είναι χαρακτηριστικός της ουσίας του μηνύματος.

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται μια σειρά από εντολές που υποστηρίζει το πρωτόκολλο FTP.

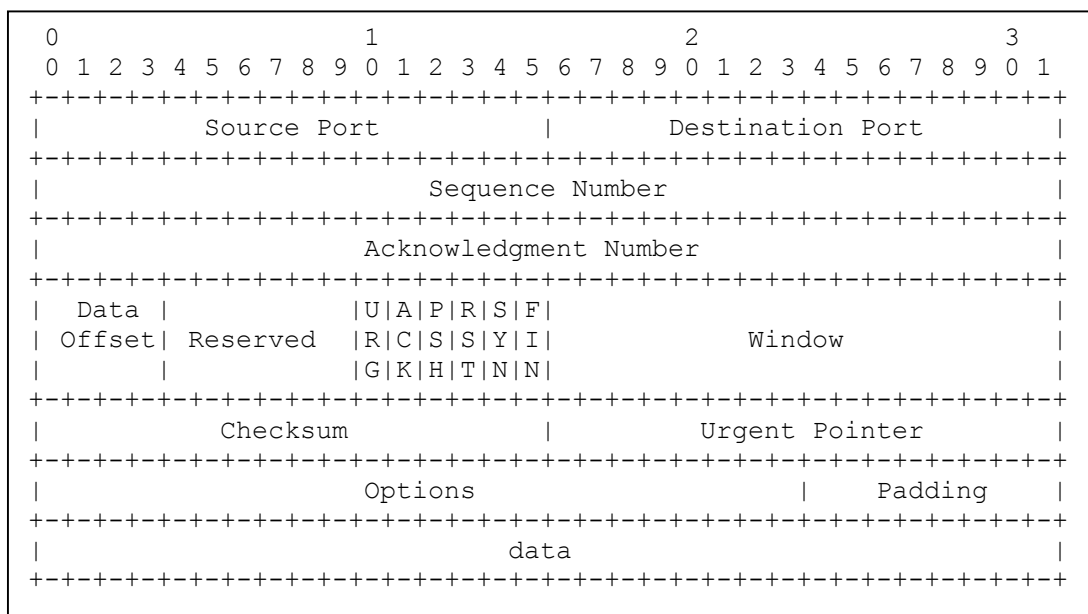
Πίνακας 2 Εντολές του πρωτοκόλλου FTP

```
USER <SP> <username> <CRLF>
PASS <SP> <password> <CRLF>
ACCT <SP> <account-information> <CRLF>
CWD <SP> <pathname> <CRLF>
CDUP <CRLF>
SMNT <SP> <pathname> <CRLF>
QUIT <CRLF>
REIN <CRLF>
  PORT <SP> <host-port> <CRLF>
PASV <CRLF>
TYPE <SP> <type-code> <CRLF>
STRU <SP> <structure-code> <CRLF>
MODE <SP> <mode-code> <CRLF>
RETR <SP> <pathname> <CRLF>
STOR <SP> <pathname> <CRLF>
STOU <CRLF>
APPE <SP> <pathname> <CRLF>
ALLO <SP> <decimal-integer [<SP> R <SP> <decimal-integer>] <CRLF>
REST <SP> <marker> <CRLF>
RNFR <SP> <pathname> <CRLF>
RNTD <SP> <pathname> <CRLF>
ABOR <CRLF>
DELE <SP> <pathname> <CRLF>
RMD <SP> <pathname> <CRLF>
MKD <SP> <pathname> <CRLF>
PWD <CRLF>
LIST [<SP> <pathname>] <CRLF>
NLST [<SP> <pathname>] <CRLF>
SITE <SP> <string> <CRLF>
SYST <CRLF>
STAT [<SP> <pathname>] <CRLF>
HELP [<SP> <string>] <CRLF>
NOOP <CRLF>
```

Το πρωτόκολλο TCP

Το TCP πρωτόκολλο δημιουργεί μια εικονική διασύνδεση σημείο προς σημείο μεταξύ των υπολογιστικών συστημάτων που διασυνδέει. Τα δεδομένα που διαβιβάζονται με το TCP πρωτόκολλο διαμορφώνονται σε πακέτα χαρακτήρων των οποίων η ροή και ο συγχρονισμός ελέγχεται από πρωτόκολλο. Σε κάθε ομάδα δεδομένων που διαβιβάζεται με το TCP τοποθετείται και μία επικεφαλίδα η οποία περιέχει στοιχεία σχετικά με τον αποστολέα, τον αποδέκτη, το περιεχόμενο και την σειρά του πακέτου και διάφορες άλλες παραμέτρους ελέγχου που βοηθούν τον παραλήπτη να συγχρονίσει και να ελέγξει την αξιοπιστία των ληφθείσας πληροφορίας.

Η επικεφαλίδα του TCP



Σχήμα 3 Επικεφαλίδα TCP

16 bits	Source Port	Ο αριθμός του port της πηγής της πληροφορίας.
16 bits	Destination Port	Ο αριθμός του port του προορισμού της πληροφορίας.
32 bits	Sequence Number	Ένας αριθμός που δηλώνει την αύξουσα σειρά του πακέτου που συνοδεύει η συγκεκριμένη επικεφαλίδα μέσα στο συνολικό TCP τμήμα που μεταδίδεται αυτή την στιγμή.
32 bits	Acknowledgment Number	Αν το bit ελέγχου αναγνώρισης είναι ενεργοποιημένο, το πεδίο αυτό περιέχει την τιμή της επόμενης ακολουθίας αριθμών του τμήματος που αναμένει να λάβει ο παραλήπτης. Με τη πρώτη σύνδεση αυτό αποστέλλεται συνέχεια.
4 bits	Data Offset	Ο αριθμός των 32 bit λέξεων στην TCP κεφαλίδα. Υποδεικνύει την αρχή των δεδομένων.
6 bits	Reserved	Προορίζεται για μελλοντική χρήση. Πρέπει να είναι μηδέν.

6 bits	Control Bits	<p>Από αριστερά προς τα δεξιά:</p> <p>URG (Urgent Pointer field): Δηλωτικό πεδίου ένδειξης επείγουσας προτεραιότητας.</p> <p>ACK (Acknowledgment field): Δηλωτικό πεδίου αναγνώρισης.</p> <p>PSH (Push Function): Συνάρτηση προώθησης.</p> <p>RST (Reset the connection): Επαναπροσδιορισμού της σύνδεσης.</p> <p>SYN (Synchronize sequence numbers): Συγχρονισμός των αριθμών διαδοχής.</p> <p>FIN: Ολοκλήρωση εκπομπής δεδομένων από τον αποστολέα.</p>
16 bits	Window	Ο αριθμός των οκτάδων δεδομένων, αρχίζοντας με την υποδεικνυόμενη στο πεδίο αναγνώρισης την οποία ο αποστολέας του τμήματος αυτού πρόκειται να αποδεχτεί.
16 bits	Checksum	Το πεδίο αυτό είναι αριθμητικό άθροισμα του συνόλου των 16 bit λέξεων που υπάρχουν στην κεφαλίδα και το κείμενο.
16 bits	Urgent Pointer	Το πεδίο αυτό μεταφέρει την τρέχουσα θέση των δεδομένων που είναι χαρακτηρισμένα ως επείγοντα-υψηλής προτεραιότητας. Το πεδίο αυτό μεταφράζεται μόνο όταν URG από τα Control bit έχει την τιμή ένα.
Μεταβλητός αριθμός bits	Padding	Η προσθήκη της κεφαλίδας του TCP χρησιμοποιείται για να εξασφαλιστεί ότι το μέγεθος της επικεφαλίδας είναι ακέραιο πολλαπλάσιο των 32 bit.

Το πρωτόκολλο IP

Το πρωτόκολλο IP είναι ένα πρωτόκολλο δρομολόγησης και είναι υπεύθυνο για:

Εικονική διευθυνσιοδότηση των υπολογιστικών συστημάτων μέσω της διευθύνσεως IP.

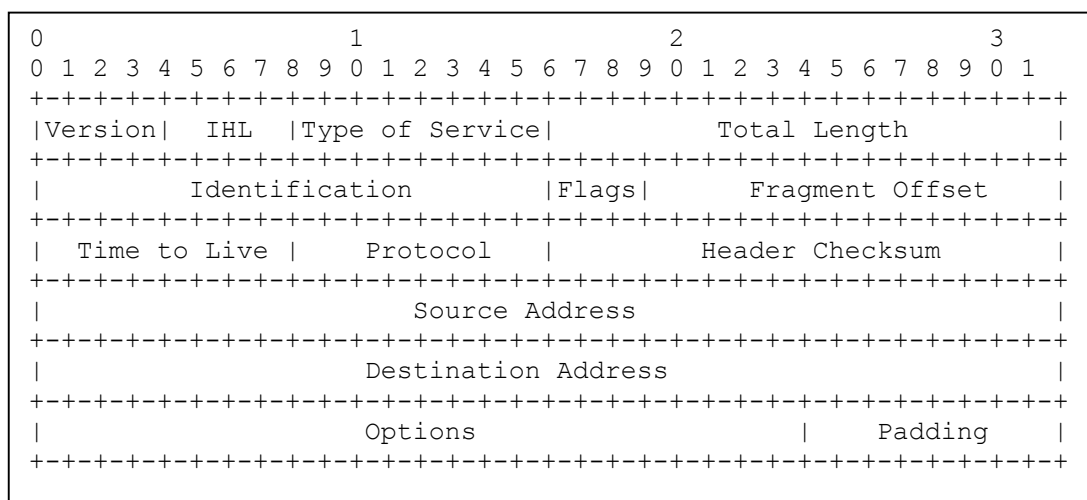
Την δημιουργία των πακέτων πληροφορίας (γνωστά ως datagrams).

Την δρομολόγηση των πακέτων πληροφορίας με βάση την εικονική διεύθυνση.

Σε κάθε πακέτο πληροφορίας, το IP προσθέτει μια επικεφαλίδα που περιγράφει στοιχεία σχετικά με τον αποστολέα, τον παραλήπτη, την προτεραιότητα των δεδομένων όπως επίσης στοιχεία ελέγχου ασφαλείας.

Η επικεφαλίδα του IP

Ακολουθεί μια συνοπτική παρουσίαση της επικεφαλίδας του IP.



Σχήμα 4 Επικεφαλίδα IP

4 bits	Version	Το πεδίο Version υποδεικνύει τον τύπο (format) της Internet κεφαλίδας. Το παρόν εγχειρίδιο περιγράφει την version 4.
4 bits	IHL	Internet Header Length. Είναι το μήκος της Internet κεφαλίδας σε λέξεις των 32 bit και με αυτό τον τρόπο υποδεικνύεται η αρχή των δεδομένων. Σημειώστε ότι η ελάχιστη τιμή μιας σωστής κεφαλίδας είναι 5.
8 bits	Type of Service	Παρέχει την ένδειξη των θεωρητικών παραμέτρων της επιθυμητής ποιότητας υπηρεσίας. Οι παράμετροι αυτές χρησιμοποιούνται για την καθοδήγηση της ομάδας των πραγματικών παραμέτρων υπηρεσίας κατά τη μετάδοση ενός datagram μέσω ενός συγκεκριμένου δικτύου. Διάφορα δίκτυα παρέχουν προτεραιότητα υπηρεσίας η οποία κατά κάποιο τρόπο διαχειρίζεται την υψηλής προτεραιότητας διακίνηση σαν σημαντικότερη τις άλλες (γενικά κάνοντας αποδεκτή μόνο τη διακίνηση που είναι από μια καθορισμένη προτεραιότητα και πάνω σε στιγμές υπερφόρτωσης). Η κύρια επιλογή είναι μια εναλλαγή τριών καταστάσεων, μεταξύ χαμηλής καθυστέρησης, υψηλής αξιοπιστίας και υψηλής απόδοσης.
16 bits	Total Length	Το μήκος του datagram, μετρημένο σε οκτάδες, συμπεριλαμβανομένων της Internet κεφαλίδας και των

		<p>δεδομένων. Το πεδίο αυτό επιτρέπει μήκος datagram έως 65.535 οκτάδες. Τέτοια μεγάλου μήκους datagram είναι ανεφάρμοστα στους περισσότερους αποδέκτες (hosts) και δίκτυα. Όλοι οι αποδέκτες πρέπει να είναι προετοιμασμένοι να δεχτούν datagrams μέχρι των 576 οκτάδων (είτε συνολικά είτε σε πακέτα). Είναι απαίτηση οι αποδέκτες (hosts) που στέλνουν datagrams μεγαλύτερα των 576 οκτάδων να έχουν διασφαλίσει ότι οι παραλήπτες είναι προετοιμασμένοι να τα αποδεχθούν. Ο αριθμός 576 επιλέχθηκε ώστε να επιτρέπει τη μεταφορά μιας λογικού μεγέθους ποσότητας δεδομένων με τις απαραίτητες κεφαλίδες πληροφορίας. Για παράδειγμα το μέγεθος αυτό επιτρέπει ένα σύνολο 512 οκτάδων δεδομένων με 64 οκτάδες κεφαλίδων να ενσωματωθούν σε ένα datagram. Η μέγιστη Internet κεφαλίδα καταλαμβάνει 60 οκτάδες και μια τυπική 20 οκτάδες, αφήνοντας ένα περιθώριο για κεφαλίδες πρωτοκόλλων υψηλότερου επιπέδου.</p>
16 bits	Identification	Τιμή αναγνωριστικού που εκχωρείται από τον αποστολέα η οποία βοηθά στη συναρμολόγηση των πακέτων ενός datagram.
3 bits	Flags	Διάφορες ενδείξεις ελέγχου.
13 bits	Fragment Offset	Το πεδίο αυτό υποδεικνύει σε ποια θέση του datagram ανήκει το τρέχον πακέτο. Η θέση του πακέτου από την αρχή του datagram μετριέται σε μονάδες των 8 οκτάδων (64 bits). Το πρώτο πακέτο είναι στη θέση 0.
8 bits	Time to Live	Το πεδίο αυτό υποδεικνύει το μέγιστο επιτρεπτό χρόνο παραμονής του datagram στο Internet. Αν το πεδίο αυτό περιέχει την τιμή μηδέν, τότε το datagram πρέπει να καταστραφεί. Το πεδίο αυτό τροποποιείται στην επεξεργασία της Internet κεφαλίδας. Ο χρόνος μετριέται σε δευτερόλεπτα, αλλά καθώς κάθε τμήμα επεξεργασίας ενός datagram πρέπει να μειώσει το TTL κατά ένα τουλάχιστον, ακόμη και στην περίπτωση που ολοκληρώσει την επεξεργασία σε λιγότερο από ένα δευτερόλεπτο, το TTL πρέπει να θεωρηθεί σαν ένα άνω όριο χρόνου ζωής ενός datagram. Ο σκοπός είναι τα datagrams που δεν έχουν διανεμηθεί να εγκαταλειφθούν και να οριοθετηθεί ο μέγιστος χρόνος ζωής των datagrams.
8 bits	Protocol	Το πεδίο αυτό υποδεικνύει το επόμενο επίπεδο του πρωτοκόλλου που χρησιμεύει στο διαχωρισμό των δεδομένων του Internet datagram. Οι τιμές για τα διάφορα πρωτόκολλα καθορίζονται στο "Assigned Numbers" .
16 bits	Header Checksum	Ένας αριθμός ελέγχου αθροίσματος των οκτάδων της κεφαλίδας Καθώς μερικά πεδία κεφαλίδων αλλάζουν (π.χ. χρόνος ζωής), αυτό επαναυπολογίζεται και επαληθεύεται σε κάθε σημείο επεξεργασίας της Internet κεφαλίδας.
32 bits	Source Address	Η διεύθυνση της πηγής της πληροφορίας.
32 bits	Destination Address	Η διεύθυνση του προορισμού της πληροφορίας.

Μεταβλητός αριθμός bits	Options	Το πεδίο αυτό των προαιρετικών επιλογών μπορεί να εμφανιστεί στα datagrams. Οι προαιρετικές επιλογές πρέπει να εφαρμοστούν από όλα τα IP τμήματα (host and gateways). Αυτό που είναι προαιρετικό είναι η μετάδοσή τους και όχι η εφαρμογή τους.
Μεταβλητός αριθμός bits	Padding	Η προσθήκη της κεφαλίδας του Internet χρησιμοποιείται για να εξασφαλιστεί ότι το μέγεθος της επικεφαλίδας είναι ακέραιο πολλαπλάσιο των 32 bit. Η τιμή της είναι μηδέν.

Τα πρωτόκολλα ARP και RARP

Το πρωτόκολλο Address Resolution Protocol - APR μετατρέπει την 32-διαδικών ψηφίων IP διεύθυνση σε 48 δυαδικών ψηφίων φυσική διεύθυνση που περιέχουν οι κάρτες δικτύου.

Για παράδειγμα την **137.207.192.55** σε **00:00:A7:10:F3:15** διεύθυνση

Το Reverse Address Resolution Protocol - APR δημιουργεί το ακριβώς αντίθετο αποτέλεσμα

Δηλαδή την **00:00:A7:10:F3:15** σε **137.207.192.55**.

Πίνακας 3 Τα πρότυπα που διέπουν τη λειτουργία των πρωτοκόλλων και των βασικών υπηρεσιών των δικτύων TCP/IP.

Πρωτόκολλο/υπηρεσία	Πρότυπο που χρησιμοποιείται*
FTP	RFC 959
SMTP	RFC 821 and 822
TELNET	RFC 854
SNMP	RFC 1098, 1157, and 1212
TCP	RFC 793
UDP	RFC 768
RARP	RFC 826
ARP	RFC 903
IP	RFC 791
ICMP	RFC 792
IGMP	RFC1112
TFTP	RFC 1350
Ethernet	RFC 894
Token Ring	RFC 1042
ARCnet	RFC 1051

* Τα Request For Comments-RFC μπορεί κανείς να τα προμηθευτεί μέσω της ιστοσελίδας της κίνησης μηχανικών Διαδικτύου, Internet Engineering Task Force-IETF:

<http://www.ietf.org/rfc.html>