

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ Β'**

### **ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ: ΕΠΙΠΕΔΑ, ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ, ΜΟΝΤΕΛΛΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ**

#### **ΣΚΟΠΟΣ**

Το κεφάλαιο αυτό παρουσιάζει τις θεμελιώδεις έννοιες της αρχιτεκτονικής δικτύων και τα κυριώτερα μοντέλλα αναφοράς.

#### **ΠΡΟΣΔΟΚΩΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

Όταν θα έχετε ολοκληρώσει την μελέτη του κεφαλαίου αυτού θα γνωρίζετε:

- Τί είναι επίπεδο δικτύου, τι είναι διεπαφή και τι αρχιτεκτονική δικτύου
- Τί είναι το Πρωτόκολλο
- Τι είναι μοντέλλο αναφοράς
- Ποία τα 7 επίπεδα του μοντέλλου OSI
- Ποία τα κυριώτερα μοντέλλα αναφοράς

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ Β'

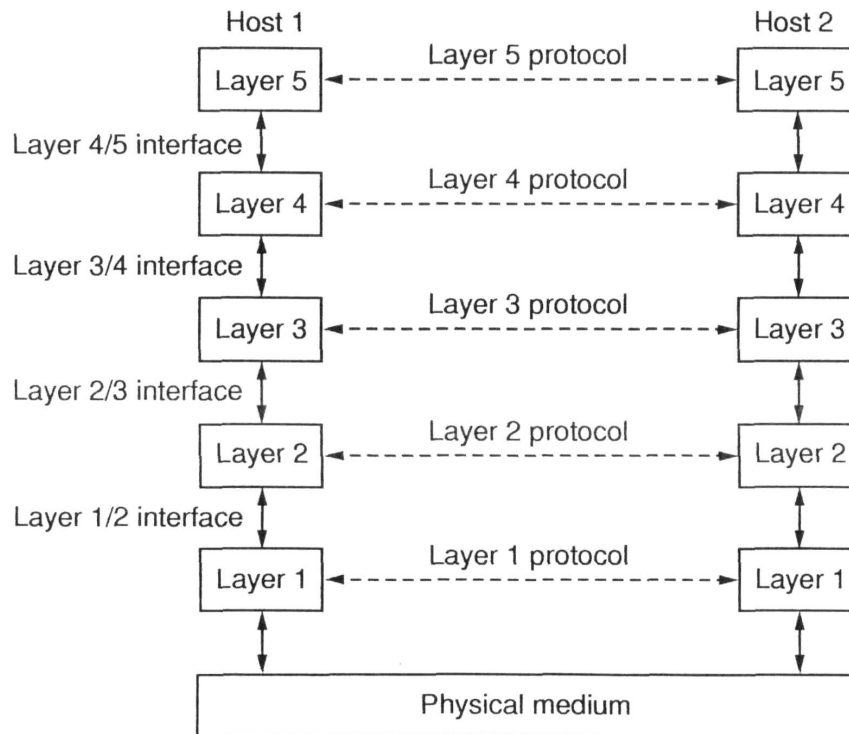
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ Β'</b> .....	<b>1</b>
<b>ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ: ΕΠΙΠΕΔΑ, ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ, ΜΟΝΤΕΛΛΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ</b> .....	<b>1</b>
2.1. ΕΠΙΠΕΔΑ ΔΙΚΤΥΩΝ - ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ - ΔΙΕΠΑΦΕΣ .....	3
2.1.1. <i>Επίπεδα Δικτύου</i> .....	3
2.1.2. <i>Πρωτόκολλο</i> .....	4
2.1.3. <i>Διεπαφή (Διασύνδεση)</i> .....	4
2.1.4. <i>Αρχιτεκτονική Δικτύου</i> .....	4
2.1.5. <i>Άλλοι δικτυακοί όροι</i> .....	4
2.2. ΜΟΝΤΕΛΛΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ .....	5
2.2.1. <i>Μοντέλο αναφοράς OSI</i> .....	5
2.2.2. <i>Μοντέλο αναφοράς TCP/IP</i> .....	12
2.2.3. <i>Μοντέλο αναφοράς B-ISDN / ATM</i> .....	15
2.2.4. <i>Μοντέλο αναφοράς Novell Netware</i> .....	16

# Βασικές έννοιες: επίπεδα, πρωτόκολλα, μοντέλα αναφοράς

## 2.1. Επίπεδα δικτύων - Πρωτόκολλα - Διεπαφές

### 2.1.1. Επίπεδα Δικτύου

Τα δίκτυα υπολογιστών, για να ελαττώσουν την πολυπλοκότητα της σχεδίασης, είναι οργανωμένα σε σειρές στρωμάτων ή **επιπέδων (layers ή levels)** που το καθένα χτίζεται πάνω στο προηγούμενό του. Ο σκοπός κάθε επιπέδου είναι να προσφέρει συγκεκριμένες υπηρεσίες στο αμέσως ανώτερο επίπεδο, απομονώνοντάς το από τις λεπτομέρειες υλοποίησης. Αυτό γίνεται για να ελαττωθεί η πολυπλοκότητα και να ανεξαρτητοποιηθεί η σχεδίαση και η εξέλιξη ενός επιπέδου από τα άλλα. Πάνω απ' όλα τα επίπεδα βρίσκεται τελικά ο χρήστης- άνθρωπος που χρησιμοποιεί /εκμεταλλεύεται τις διάφορες υπηρεσίες. Ο αριθμός των επιπέδων, τα ονόματά τους, τα περιεχόμενά τους και η λειτουργία του καθενός, διαφέρουν από δίκτυο σε δίκτυο. Τα επίπεδα δικτύου μιας αρχιτεκτονικής δικτύου φαίνονται στο **Σχ. 2—1**.



**Σχ. 2—1: Επίπεδα δικτύου, πρωτόκολλα και διεπαφές.**

ΠΗΓΗ: A. Tanenbaum, Δίκτυα Υπολογιστών. 2003.

### 2.1.2. Πρωτόκολλο

Τα ν-οστά επίπεδα των διαφόρων ΗΥ ενός δικτύου επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω των κατωτέρων επιπέδων. Υπάρχει μια νοητή οριζόντια επικοινωνία. Οι οντότητες που βρίσκονται στα ν-οστά επίπεδα και επικοινωνούν κατ' αυτόν τον τρόπο μεταξύ τους ονομάζονται ομότιμες διεργασίες. Οι κανόνες που διέπουν αυτήν την επικοινωνία αποτελούν το **πρωτόκολλο του επιπέδου Ν**. Το πρωτόκολλο διέπει επίσης την μορφή και την σημασία των δεδομένων, τα οποία ανταλλάσσονται από τις ομότιμες οντότητες.

### 2.1.3. Διεπαφή (Διασύνδεση)

Τα δεδομένα από το επίπεδο Ν ενός ΗΥ δεν μεταφέρονται απ' ευθείας στο επίπεδο Ν ενός άλλου, αλλά κάθε επίπεδο παρέχει δεδομένα και πληροφορίες ελέγχου στο αμέσως κατώτερο επίπεδο, έως ότου φτάσουν στο κατώτατο ("φυσικό") επίπεδο. Κάτω από το φυσικό επίπεδο βρίσκεται το **μέσο** μετάδοσης των πληροφοριών (physical medium). Στο σχήμα 2-1 η νοητή επικοινωνία παριστάνεται με διακεκομμένες γραμμές ενώ η φυσική επικοινωνία με πλήρεις γραμμές.

Υπάρχουν ορισμένοι κανόνες που καθορίζουν τον τρόπο επικοινωνίας των γειτονικών επιπέδων ν και ν+1 ενός δικτύου και τις βασικές (πρωτογενείς) λειτουργίες που προσφέρει το κατώτερο επίπεδο ν στο ανώτερο ν+1. Αυτοί οι κανόνες και οι υπηρεσίες αποτελούν την διεπαφή (μέτωπο, διασύνδεση, **interface**) μεταξύ των επιπέδων ν και ν+1. (βλ. Σχ. 2-1). Αυτή καθορίζει ποιες πρωτογενείς λειτουργίες και υπηρεσίες προσφέρει ένα επίπεδο στο αμέσως ανώτερό του.

### 2.1.4. Αρχιτεκτονική Δικτύου

Το σύνολο των επιπέδων και των πρωτοκόλλων ονομάζεται **αρχιτεκτονική** του δικτύου. Οι προδιαγραφές της αρχιτεκτονικής πρέπει να παρέχουν αρκετές πληροφορίες, ώστε να επιτρέπουν σε ένα κατασκευαστή να κατασκευάσει το υλικό ή/και το λογισμικό κάθε επιπέδου, έτσι ώστε να υλοποιεί σωστά το κατάλληλο πρωτόκολλο. Ούτε οι λεπτομέρειες της υλοποίησης ούτε οι προδιαγραφές των διασυνδέσεων αποτελούν τμήμα της αρχιτεκτονικής, διότι αυτά βρίσκονται στο εσωτερικό των μηχανημάτων και δεν είναι ορατά στον χρήστη.

### 2.1.5. Άλλοι δικτυακοί όροι

Σε κάθε δίκτυο υπάρχει ένα σύνολο ΗΥ οι οποίοι έχουν ως σκοπό να εκτελούν κάποιες εφαρμογές του δικτύου. Σύμφωνα με την ορολογία που

χρησιμοποιείται ευρέως, τα μηχανήματα αυτά ονομάζονται **κόμβοι (κεντρικοί υπολογιστές)** ή **τερματικά συστήματα (end system)**. Οι κόμβοι και οι γραμμές που τους συνδέουν μεταξύ τους αποτελούν το **υποδίκτυο επικοινωνίας (communication subnet)** ή απλά υποδίκτυο. Το έργο του υποδικτύου είναι η μεταφορά μηνυμάτων από κόμβο σε κόμβο, όπως ακριβώς το τηλεφωνικό σύστημα μεταφέρει τις λέξεις του ομιλητή στον ακροατή. Ξεχωρίζοντας τα γνήσια επικοινωνιακά θέματα του δικτύου (υποδίκτυο) από τα θέματα εφαρμογών (του χρήστη), ολόκληρη η σχεδίαση του δικτύου απλοποιείται.

Στα περισσότερα δίκτυα ευρείας περιοχής, το υποδίκτυο αποτελείται από δύο διακριτά στοιχεία, τις γραμμές μετάδοσης (transmission lines) και τα στοιχεία μεταγωγής (switching elements). Οι γραμμές μετάδοσης (που επίσης ονομάζονται κυκλώματα, κανάλια ή ζεύξεις - circuits, channels ή trunks), μετακινούν bit ανάμεσα στα διάφορα μηχανήματα. Τα στοιχεία μεταγωγής είναι ειδικοί υπολογιστές που χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση δύο ή περισσότερων γραμμών μετάδοσης. Όταν τα δεδομένα φτάνουν σε μια εισερχόμενη γραμμή, το στοιχείο μεταγωγής πρέπει να διαλέξει μια εξερχόμενη γραμμή για να τα μεταδώσει παραπέρα. Τα στοιχεία μεταγωγής ονομάζονται **δρομολογητές (Routers)**. Στην βιβλιογραφία χρησιμοποιούνται επίσης κι άλλοι όροι όπως *κόμβος μεταγωγής πακέτων (packet switch node)*, *ενδιάμεσο σύστημα (intermediate system)* και *κέντρο μεταγωγής δεδομένων (data switching exchange)*.

## 2.2. Μοντέλα Αναφοράς

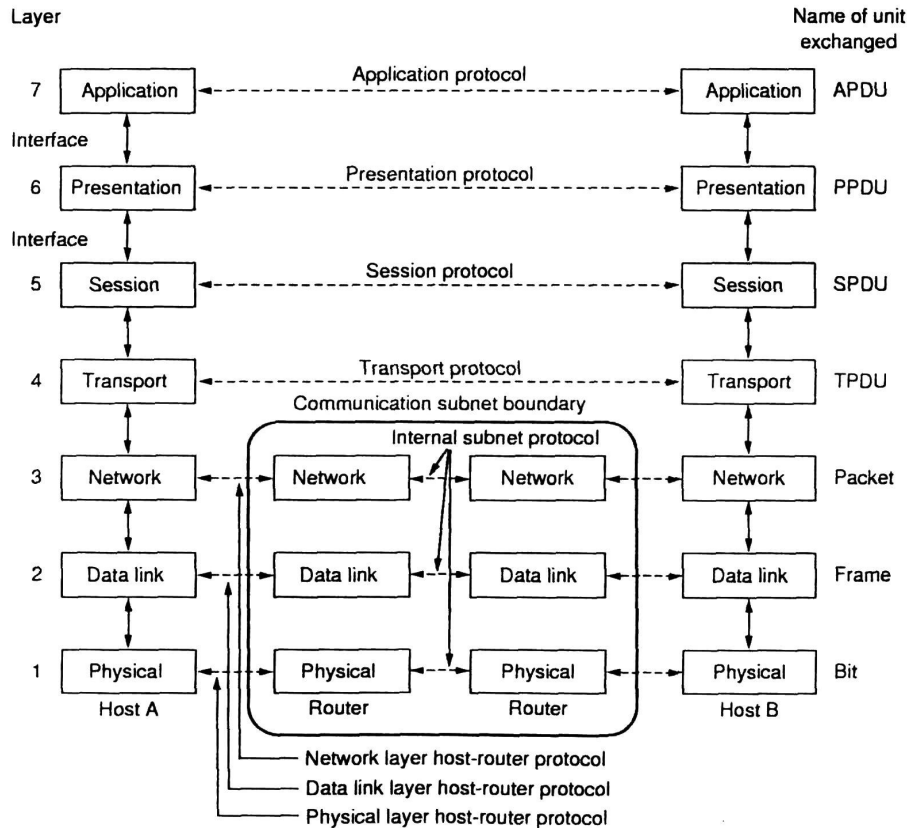
### 2.2.1. Μοντέλο αναφοράς OSI

Στην Ιστορία των δικτύων έχουν αναπτυχθεί πολλά μοντέλα αναφοράς δικτυακής αρχιτεκτονικής τα οποία παρουσιάζουν διαφορές μεταξύ τους. Το πρώτο μοντέλο αναπτύχθηκε από τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (International Standards Organisation, ISO) και αποτέλεσε το πρώτο μεγάλο βήμα προς την κατεύθυνση της τυποποίησης. Ονομάζεται μοντέλο αναφοράς OSI (Open System Interconnection) διότι ασχολείται με συνδέσεις ανοιχτών (προς τις διάφορες εταιρείες) συστημάτων. Το μοντέλο χρησιμοποιεί 7 επίπεδα (φυσικό, σύνδεσης δεδομένων, δικτύου, μεταφοράς, συνόδου, παρουσίασης, εφαρμογής, βλ. **Σχ. 2-2**) τα οποία θα εξετάσουμε στην συνέχεια.

#### 2.2.1.1. Φυσικό επίπεδο

Το φυσικό επίπεδο (physical layer) ασχολείται με τη μετάδοση "ακατέργαστων" bit σε ένα κανάλι επικοινωνίας. Τα θέματα σχεδίασης ασχολούνται με τη διασφάλιση της σωστής λήψης των μεταδιδόμενων bits.

Δηλαδή ενδιαφερόμαστε για μηχανικές, ηλεκτρικές συνδέσεις και διαδικασιακές διασυνδέσεις καθώς και για το φυσικό μέσο μετάδοσης το οποίο βρίσκεται από κάτω. Το φυσικό μέσο μετάδοσης παρουσιάζει ατέλειες που οδηγούν σε σφάλματα (π.χ. αλλαγές τιμών ή απώλειες), με αποτέλεσμα να απαιτούνται μέθοδοι διασφάλισης της ορθής λήψης της πληροφορίας.



**Σχ. 2—2: Μοντέλλο αναφοράς OSI**

ΠΗΓΗ: Α. Tanenbaum, Δίκτυα Υπολογιστών. 2003.

### 2.2.1.2. Επίπεδο σύνδεσης δεδομένων

Η κύρια αποστολή του επιπέδου σύνδεσης δεδομένων (data link layer) είναι ο μετασχηματισμός του ακατέργαστου μέσου μετάδοσης σε μια γραμμή που εμφανίζεται ελεύθερη από σφάλματα μετάδοσης στο επίπεδο δικτύου. Ο σκοπός αυτός επιτυγχάνεται με την διάσπαση των δεδομένων (πακέτων) εισόδου του αποστολέα σε πλαίσια δεδομένων (data frames, με μέγεθος συνήθως μερικές εκατοντάδες ή χιλιάδες bit), μετάδοση αυτών με τη σειρά και επεξεργασία των πλαισίων επιβεβαίωσης λήψης (acknowledgement frames), που επιστρέφονται από τον δέκτη. Εφ' όσον το φυσικό επίπεδο απλώς αποδέχεται και μεταδίδει ένα συρμό από bits χωρίς να νοιάζεται για το νόημα

και τη δομή του, η δημιουργία και η αναγνώριση των ορίων των πλαισίων εξαρτάται πλέον από το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων. Αυτή μπορεί να επιτευχθεί με την επισύναψη ειδικών ακολουθιών bit στην αρχή και στο τέλος των πλαισίων. Εάν αυτές οι ακολουθίες μπορούν κατά σύμπτωση να παρουσιαστούν στα δεδομένα, πρέπει να ληφθεί ειδική μέριμνα για να αποφευχθεί η σύγχυση.

Η εμφάνιση θορύβου στη γραμμή μπορεί να καταστρέψει ολοκληρωτικά το πλαίσιο. Στην περίπτωση αυτή το λογισμικό του επιπέδου σύνδεσης δεδομένων του πομπού πρέπει να επαναμεταδώσει το πλαίσιο. Ωστόσο οι πολλαπλές μεταδόσεις του ίδιου πλαισίου δημιουργούν τη δυνατότητα ύπαρξης αντιγράφων πλαισίων. Ένα αντίγραφο πλαισίου, θα μπορούσε για παράδειγμα, να σταλεί, εάν καταστραφεί ένα πλαίσιο επιβεβαίωσης λήψης που επιστρέφει ο δέκτης στον πομπό. Από αυτό το επίπεδο εξαρτάται η λύση των προβλημάτων που δημιουργούνται από καταστροφές, απώλειες και αντίγραφα πλαισίων. Το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων μπορεί να προσφέρει πολλές διαφορετικές κατηγορίες υπηρεσιών στο επίπεδο δικτύου.

Ένα άλλο θέμα που εμφανίζεται στο επίπεδο αυτό (και στα υψηλότερα επίπεδα) είναι η ανάγκη συγκράτησης του πομπού, ώστε ένας αργός δέκτης να μην πλημμυρίζει από δεδομένα. Αυτή η διαδικασία καλείται επίσημα **έλεγχος ροής**. Πρέπει να εφαρμοστεί ένας ρυθμιστικός μηχανισμός ανάδρασης για να μπορεί ο πομπός να γνωρίζει αν ο δέκτης έχει χώρο στην ενδιάμεση μνήμη (buffer) του.

Η χρήση της γραμμής για αμφίδρομη μετάδοση δεδομένων, δημιουργεί ένα νέο πρόβλημα με το οποίο πρέπει να ασχοληθεί το λογισμικό του επιπέδου σύνδεσης δεδομένων. Το πρόβλημα είναι ότι τα πλαίσια επιβεβαίωσης λήψης για την κυκλοφορία από τη μηχανή A στη μηχανή B ανταγωνίζονται με τα πλαίσια δεδομένων της κίνησης από τη μηχανή B στη μηχανή A, για το ποιος θα χρησιμοποιήσει τη γραμμή. Μια έξυπνη κίνηση είναι η εμβόλιμη επιβεβαίωση λήψης (piggyback acknowledgement) κατά την οποία η επιβεβαίωση λήψης έχει ενσωματωθεί σε ένα πλαίσιο μετάδοσης δεδομένων που μεταδίδεται με τη φορά μετάδοσης της επιβεβαίωσης (B-A).

### 2.2.1.3. Επίπεδο δικτύου

Το επίπεδο δικτύου (network layer) ασχολείται με τον έλεγχο της λειτουργίας του υποδικτύου. Ένα βασικό θέμα της σχεδίασης είναι ο καθορισμός του τρόπου δρομολόγησης των πακέτων από την αφετηρία στον προορισμό τους. Οι διαδρομές θα μπορούσαν να βασιστούν σε στατικούς πίνακες, οι οποίοι θα ήταν καλωδιωμένοι (wired into) και σπάνια θα τροποποιούνταν. Θα

μπορούσαν επίσης να οριστούν στην αρχή κάθε συνομιλίας, για παράδειγμα ενός συνόλου τερματικών. Τέλος, πρέπει να είναι πολύ δυναμικές και να μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια της λειτουργίας ώστε να απεικονίζουν το τρέχον φορτίο του δικτύου.

Εάν στα υποδίκτυα μεταδίδονται πολλά πακέτα την ίδια χρονική στιγμή, θα εμπλακεί το ένα στη διαδρομή του άλλου δημιουργώντας **συμφόρηση** (congestion). Ο έλεγχος μιας τέτοιας συμφόρησης ανήκει επίσης στις αρμοδιότητες του επιπέδου αυτού.

Στο επίπεδο δικτύου υπάρχει και μια λειτουργία χρέωσης. Στο τέλος μιας σύνδεσης, το λογισμικό πρέπει να υπολογίζει πόσα πακέτα, χαρακτήρες ή bits στάλθηκαν από κάθε πελάτη για την έκδοση των λογαριασμών. Όταν ένα πακέτο διασχίσει τα εθνικά σύνορα και δεδομένων των διαφορετικών τιμών που υπάρχουν σε κάθε πλευρά, η διαδικασία χρέωσης μπορεί να γίνει πολύπλοκη. Όταν το πακέτο πρέπει να μεταδοθεί από ένα δίκτυο σε ένα άλλο για να φθάσει στον προορισμό του, εμφανίζονται πολλά προβλήματα. Η διευθυνσιοδότηση που χρησιμοποιείται από το δεύτερο δίκτυο μπορεί να είναι διαφορετική. Το δεύτερο μπορεί να μη δέχεται καθόλου το πακέτο διότι ίσως είναι πολύ μεγάλο. Τα πρωτόκολλα των δύο δικτύων μπορεί να διαφέρουν. Το επίπεδο δικτύου πρέπει να υπερπηδήσει όλα αυτά τα προβλήματα και να επιτρέψει την διασύνδεση ετερογενών δικτύων (διαδικτύωση).

#### **2.2.1.4. Επίπεδο μεταφοράς**

Η βασική λειτουργία του επιπέδου μεταφοράς (transport layer) είναι η αποδοχή δεδομένων από το επίπεδο συνόδου, διάσπαση αυτών σε μικρότερες μονάδες αν απαιτείται, η μεταφορά τους στο επίπεδο δικτύου και η διασφάλιση ότι όλα τα τμήματα φθάνουν σωστά στην άλλη πλευρά. Επιπλέον όλα αυτά πρέπει να γίνουν αποδοτικά και με τέτοιο τρόπο, που να απομονώνουν το επίπεδο συνόδου από τις αναπόφευκτες αλλαγές στην τεχνολογία του υλικού.

Υπό κανονικές συνθήκες, το επίπεδο μεταφοράς δημιουργεί μια ξεχωριστή σύνδεση δικτύου, για κάθε σύνδεση μεταφοράς που απαιτείται από το επίπεδο συνόδου. Εάν, ωστόσο, η σύνδεση μεταφοράς απαιτεί υψηλό ρυθμό εξυπηρέτησης (throughput), το επίπεδο μεταφοράς μπορεί να δημιουργήσει πολλαπλές συνδέσεις δικτύου μοιράζοντας τα δεδομένα ανάμεσα στις συνδέσεις του δικτύου για να μεγαλώσει τον βαθμό εξυπηρέτησης. Από την άλλη πλευρά εάν η δημιουργία ή η συντήρηση μιας σύνδεσης δικτύου είναι ακριβή, το επίπεδο μεταφοράς μπορεί να πολυπλέκει πολλές συνδέσεις μεταφοράς στην ίδια σύνδεση δικτύου για να ελαττώσει το κόστος. Σε όλες τις περιπτώσεις το επίπεδο αυτό είναι απαραίτητο, για να κάνει την πολυπλεξία "διαφανή" (δηλ. ανεπαίσθητη) στο επίπεδο συνόδου.



Το επίπεδο μεταφοράς καθορίζει επίσης το είδος των υπηρεσιών που θα παρέχει το επίπεδο συνόδου. Ο πιο γνωστός τύπος σύνδεσης μεταφοράς είναι ένα αλάνθαστο κανάλι από σημείο σε σημείο (point-to-point), το οποίο παραδίδει μηνύματα με τη σειρά που έχουν σταλεί. Ωστόσο άλλα πιθανά είδη υπηρεσιών μεταφοράς είναι η μεταφορά απομονωμένων μηνυμάτων χωρίς εγγυήσεις σχετικά με τη σειρά παράδοσης και η εκπομπή μηνυμάτων σε πολλούς αποδέκτες. Ο τύπος της υπηρεσίας καθορίζεται με την εγκατάσταση της σύνδεσης.

Το επίπεδο μεταφοράς ενδιαφέρεται για την επικοινωνία από την αφετηρία στον προορισμό ή από άκρο σε άκρο (end-to-end), σε αντίθεση με το επίπεδο Σύνδεσης Δεδομένων (που ενδιαφέρεται για την επικοινωνία μεταξύ δύο γειτονικών κόμβων). Με άλλα λόγια, ένα πρόγραμμα του ΗΥ-πομπού συνομιλεί με ένα παρόμοιο πρόγραμμα του ΗΥ-δέκτη, χρησιμοποιώντας τις επικεφαλίδες του μηνύματος και τα μηνύματα ελέγχου. Στα κατώτερα επίπεδα, τα πρωτόκολλα ρυθμίζουν την συνομιλία διεργασιών μεταξύ γειτονικών ΗΥ, και όχι μεταξύ των τελικών ΗΥ αφετηρίας και προορισμού, ανάμεσα στους οποίους μπορεί να παρεμβάλλονται πολλοί κόμβοι.

Πολλοί κόμβοι πολυπρογραμματίζονται, πράγμα που σημαίνει ότι κάθε κόμβος θα έχει πολλαπλές εισερχόμενες και εξερχόμενες συνδέσεις. Εκεί δημιουργείται η ανάγκη ύπαρξης κάποιας θέσης, η οποία θα δηλώνει τα μηνύματα που ανήκουν σε κάθε σύνδεση. Η επικεφαλίδα μεταφοράς είναι μια θέση που μπορεί να τοποθετηθεί η πληροφορία αυτή.

Πέραν της πολύπλεξης πολλών συρμών μηνυμάτων σε ένα κανάλι, το επίπεδο μεταφοράς πρέπει να φροντίζει για την εγκατάσταση και διαγραφή των συνδέσεων μέσω του δικτύου. Αυτό απαιτεί κάποιο είδος μηχανισμού για καθορισμό ονομάτων, έτσι ώστε η διεργασία ενός μηχανήματος να διαθέτει ένα τρόπο για να ορίζει με ποιον θέλει να επικοινωνήσει. Πρέπει επίσης να υπάρχει ένας μηχανισμός ρύθμισης της ροής των πληροφοριών, έτσι ώστε ένας γρήγορος κόμβος να μην υπερφορτώνει έναν αργό.

### **2.2.1.5. Επίπεδο συνόδου**

Το επίπεδο συνόδου (session layer) επιτρέπει στους χρήστες διαφορετικών μηχανημάτων να εγκαθιστούν συνόδους (sessions) μεταξύ τους. Μια σύνοδος επιτρέπει μια συνήθη μεταφορά δεδομένων, όπως και το επίπεδο μεταφοράς, με τη διαφορά ότι παρέχει και μερικές πρόσθετες υπηρεσίες που είναι χρήσιμες σε πολλές εφαρμογές. Μια σύνοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επιτρέψει τη σύνδεση ενός χρήστη σε ένα απομακρυσμένο σύστημα καταμερισμού χρόνου (time-sharing) ή για να μεταφέρει ένα αρχείο μεταξύ δύο μηχανών.

Μια από τις υπηρεσίες που παρέχει το επίπεδο συνόδου είναι η δυνατότητα διαχείρισης ελέγχου ενός διαλόγου. Οι σύνοδοι μπορούν να επιτρέψουν την κυκλοφορία προς τη μία κατεύθυνση ή και προς τις δύο κατευθύνσεις την ίδια χρονική στιγμή. Εάν η κυκλοφορία σε μια δεδομένη χρονική στιγμή μπορεί να κινηθεί μόνο προς την μία κατεύθυνση (μονόδρομο [simplex] ή ημι-αμφίδρομο [half duplex] κανάλι), το επίπεδο συνόδου παρακολουθεί ποιος έχει σειρά.

Μια άλλη υπηρεσία συνόδου είναι ο συγχρονισμός (synchronization). Μπορούν να δημιουργηθούν προβλήματα κατά την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ δύο μηχανών, καθώς μπορεί να διαρκέσει αρκετές ώρες, όταν υπάρχει συγκεκριμένος μέσος χρόνος κατάρρευσης του δικτύου. Όταν μια μεταφορά διακοπεί, πρέπει να ξαναρχίσει ολόκληρη από την αρχή και είναι δυνατό να υπάρξουν και νέες αποτυχίες. Για την εξάλειψη αυτού του προβλήματος, το επίπεδο συνόδου παρέχει ένα τρόπο για την εισαγωγή σημείων ελέγχου, έτσι ώστε μετά την κατάρρευση μόνο τα δεδομένα που ακολουθούν το τελευταίο σημείο ελέγχου να μεταδοθούν.

### **2.2.1.6. Επίπεδο παρουσίασης**

Το επίπεδο παρουσίασης (presentation layer) εκτελεί συγκεκριμένες λειτουργίες οι οποίες ζητούνται αρκετά συχνά από τους χρήστες, για να εξασφαλίσουν την εύρεση μιας γενικής λύσης για αυτούς, έτσι ώστε να μην αφήνεται κάθε χρήστης να λύνει τα προβλήματα του μόνος του. Συγκεκριμένα όλα τα κατώτερα επίπεδα ενδιαφέρονται μόνο για την αξιόπιστη μετακίνηση bits από το ένα στο άλλο, το επίπεδο παρουσίασης ενδιαφέρεται για τη σύνταξη και τη σημασιολογία των πληροφοριών που μεταδίδονται.

Ένα τυπικό παράδειγμα υπηρεσίας παρουσίασης είναι η κωδικοποίηση δεδομένων με έναν κώδικα που έχει συμφωνηθεί. Τα περισσότερα προγράμματα των χρηστών δεν ανταλλάσσουν τυχαίες σειρές από bits, αλλά στοιχεία όπως ονόματα ανθρώπων, ημερομηνίες, ποσά. Αυτά τα στοιχεία παριστάνονται ως σειρές χαρακτήρων, ακεραίοι, αριθμοί κινητής υποδιαστολής και δομές δεδομένων που αποτελούνται από απλούστερα στοιχεία. Διαφορετικοί υπολογιστές έχουν διαφορετικούς κώδικες για την αναπαράσταση σειρών χαρακτήρων (ASCII, EBCDIC), ακεραίων (συμπλήρωμα ως προς ένα ή δύο) και ούτω καθ' εξής. Για να καταστεί δυνατή η επικοινωνία ανάμεσα σε ανόμοιους υπολογιστές, οι δομές των δεδομένων που πρόκειται να ανταλλάγουν πρέπει να καθοριστούν με έναν αφηρημένο τρόπο μαζί με την τυποποιημένη κωδικοποίηση που θα χρησιμοποιηθεί «πάνω στο καλώδιο». Η εργασία της διαχείρισης αυτών των αφηρημένων δομών δεδομένων και η μετατροπή τους από την αναπαράσταση που χρησιμοποιείται στον υπολογιστή

προς την τυποποιημένη αναπαράσταση δικτύου, αντιμετωπίζεται από το επίπεδο παρουσίασης.

Το επίπεδο παρουσίασης ενδιαφέρεται και για άλλα θέματα αναπαράστασης πληροφοριών. Για παράδειγμα η συμπίεση των δεδομένων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ελαττώσει τον αριθμό των bits που πρόκειται να μεταδοθούν και συχνά απαιτείται κρυπτογράφηση για να εξασφαλιστεί η μυστικότητα (privacy) και η γνησιότητα (authentication) της πληροφορίας.

### **2.2.1.7. Επίπεδο εφαρμογής**

Το επίπεδο εφαρμογής (application layer) περιέχει μια ποικιλία πρωτοκόλλων που χρειάζονται συχνά. Για παράδειγμα, υπάρχουν εκατοντάδες τύποι συμβατών τερματικών σε ολόκληρο τον κόσμο. Ας θεωρήσουμε το πρόβλημα ενός κειμενογράφου (editor) πλήρους οθόνης (full screen editor) ο οποίος υποτίθεται ότι εργάζεται σε ένα δίκτυο με πολλούς διαφορετικούς τύπους τερματικών, το καθένα με διαφορετική παρουσίαση οθόνης, διαφορετικές ακολουθίες διαφυγής για εισαγωγή και διαγραφή κειμένου, μετακίνηση του δρομέα κτλ.

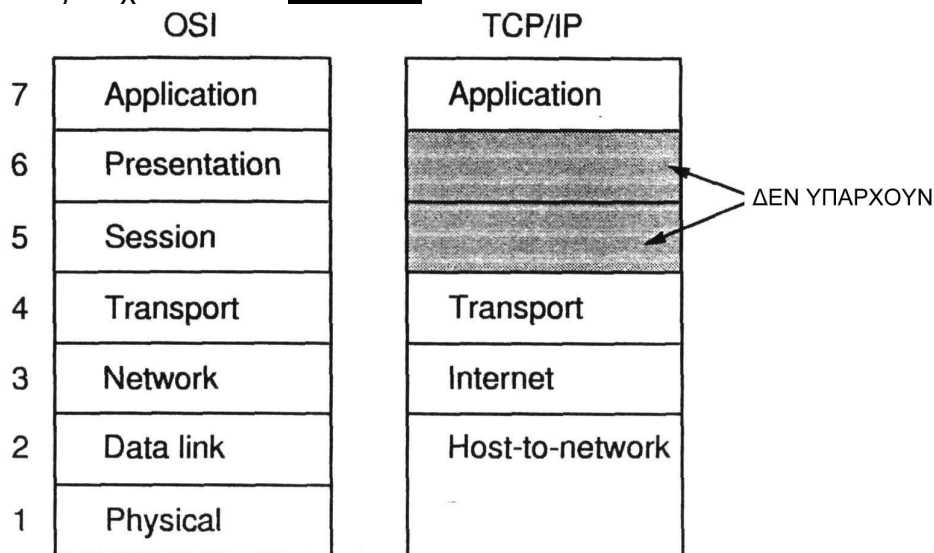
Ένας τρόπος επίλυσης αυτού του προβλήματος είναι ο καθορισμός ενός αφηρημένου νοητού τερματικού δικτύου (network virtual terminal) για το οποίο μπορούν να γραφούν κειμενογράφοι και άλλα προγράμματα που να συνεργάζονται μεταξύ τους. Για το χειρισμό κάθε τύπου τερματικού, πρέπει να γραφεί ένα πρόγραμμα αντιστοίχισης των λειτουργιών του νοητού τερματικού του δικτύου επάνω στο πραγματικό τερματικό. Για παράδειγμα όταν ο κειμενογράφος μετακινεί τον δρομέα του νοητού τερματικού στην επάνω αριστερή γωνία της οθόνης, το λογισμικό αυτό πρέπει να δώσει την κατάλληλη σειρά εντολών στο πραγματικό τερματικό για την κίνηση και του δικού του δρομέα εκεί. Όλο το λογισμικό του νοητού τερματικού βρίσκεται στο επίπεδο εφαρμογής.

Μια άλλη λειτουργία του επιπέδου εφαρμογής είναι η μεταφορά αρχείων. Διαφορετικά συστήματα αρχείων έχουν διαφορετικές μεθόδους καθορισμού ονομασίας, διαφορετικούς τρόπους αναπαράστασης των γραμμών κειμένου και ούτω καθεξής. Η μεταφορά ενός αρχείου μεταξύ δύο διαφορετικών συστημάτων απαιτεί αντιμετώπιση των παραπάνω, καθώς και άλλων μη συμβατών καταστάσεων. Η εργασία αυτή ανήκει στο επίπεδο εφαρμογής όπως επίσης και το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, η εισαγωγή εργασιών από απόσταση, η εμφάνιση καταλόγων (directory) αρχείων και διάφορες άλλες ειδικού και γενικού σκοπού ευκολίες.

## 2.2.2. Μοντέλο αναφοράς TCP/IP

Το μοντέλο OSI, λόγω του μεγάλου αριθμού επιπέδων που έχει και άλλων παραγόντων, παρέμεινε θεωρητικό αλλά έθεσε τις βάσεις ανάπτυξης άλλων μοντέλων τα οποία έχουν ευρεία εφαρμογή στις μέρες μας.

Ιστορικά η πρώτη στοίβα πρωτοκόλλων που εμφανίσθηκε ήταν το πασίγνωστο σήμερα ζεύγος πρωτοκόλλων TCP/IP. Η βάση για την ανάπτυξη αυτού του μοντέλλου αναφοράς πραγματοποιήθηκε όταν το αμερικάνικο (αρχικά στρατιωτικό) δίκτυο ARPAnet άρχισε να συνδέεται με ασύρματα και δορυφορικά δίκτυα. Γι' αυτό είχε από την αρχή την προοπτική της διαδικτύωσης. Το Υπουργείο Εθνικής Άμυνας των ΗΠΑ ήθελε το δίκτυο ARPAnet να παραμένει σε λειτουργία κάτω από δύσκολες συνθήκες, όταν ένα μέρος του δικτύου έχει καταρρεύσει. Μετά από μελέτες που έγιναν δημιουργήθηκε το μοντέλο αναφοράς TCP/IP (1974) το οποίο πήρε το όνομα του από τα δύο κυριώτερα πρωτόκολλα που χρησιμοποιεί (TCP και IP). Αποτελείται από 4 επίπεδα - σε αντίθεση με το μοντέλο OSI που αποτελείται από 7- όπως δείχνει και το **Σχ. 2-3**.



**Σχ. 2-3: Μοντέλο αναφοράς TCP/IP**

### 2.2.2.1. Επίπεδο διασύνδεσης ΗΥ χρήστη με το δίκτυο

Το επίπεδο αυτό είναι σε αντιστοιχία με το φυσικό επίπεδο και το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων του μοντέλου OSI. Δεν καθορίζεται σαφώς και μπορεί να διαφέρει από υπολογιστή (κόμβο) σε υπολογιστή (κόμβο) και από δίκτυο σε δίκτυο. Το μόνο που καθορίζεται είναι η σύνδεση που δημιουργείται μεταξύ του υπολογιστή (κόμβου) και του δρομολογητή. Στην πραγματικότητα, το επίπεδο "Host-to-network" δεν περιγράφεται από το μοντέλο. Συνήθως εκεί μπαίνουν τα πρωτόκολλα του προτύπου τοπικών δικτύων 802 (μάλιστα το

802.3), γιατί είναι πολύ συνηθισμένη η σύνδεση τοπικών δικτύων στο Διαδίκτυο.

### 2.2.2.2. Επίπεδο διαδικτύου (Internet layer)

Ο όρος "διαδίκτυο" (με πεζό "δ", internetwork), αναφέρεται σε ένα σύνολο διασυνδεδεμένων μεταξύ τους δικτύων. Οι απαιτήσεις του Υπουργείου Άμυνας των ΗΠΑ οδήγησαν στην κατασκευή πρωτοκόλλων βασισμένων στην μεταγωγή ανεξάρτητων (αυτοδύναμων) πακέτων (datagram) σε ένα επίπεδο χωρίς σύνδεση. Το επίπεδο αυτό, που ονομάστηκε επίπεδο διαδικτύου, είναι ο συνδετικός κρίκος του μοντέλου και είναι σε αντιστοιχία με το επίπεδο δικτύου του μοντέλου OSI. Η κύρια εργασία του είναι να επιτρέπει στους κόμβους να στέλνουν πακέτα σε οποιοδήποτε δίκτυο, που θα ταξιδεύουν ανεξάρτητα το ένα από το άλλο στον προορισμό τους, πιθανώς ακολουθώντας διαφορετική διαδρομή. Επίσης, ίσως να φθάσουν με διαφορετική σειρά από την σειρά αναχώρησης από τον πομπό. Σ' αυτήν την περίπτωση, αποστολή αυτού του επιπέδου είναι να τα επαναδιατάξει στη σωστή σειρά. Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι το όνομα του επιπέδου έχει μια γενικότερη σημασία, παρ' όλο που όλο το μοντέλο χρησιμοποιείται στο Διαδίκτυο (το μεγαλύτερο διαδίκτυο, που περιλαμβάνει όλη τη Γη).

Στο επίπεδο αυτό υπάρχει αναλογία με το ταχυδρομικό σύστημα. Ένα άτομο μπορεί να αποστείλει μερικές διεθνείς ταχυδρομικές επιστολές σε ένα ταχυδρομικό κουτί μιας χώρας και αυτά θα φθάσουν στον σωστό προορισμό. Προφανώς τα γράμματα θα περάσουν από πολλούς ταχυδρομικούς σταθμούς έως να φθάσουν στον τελικό σημείο αποστολής τους. Σε κάθε ενδιάμεση χώρα το ταχυδρομικό σύστημα έχει τα δικά του χαρακτηριστικά (π.χ. μέγεθος φακέλλου, κανόνες αποστολής).

Το επίπεδο Διαδικτύου καθορίζει μία τυπική μορφή πακέτου και το πρωτόκολλο αυτό ονομάζεται **IP (Internet Protocol)**. Στο επίπεδο αυτό στέλνονται πακέτα IP στον προορισμό τους. Η δρομολόγηση πακέτων με ταυτόχρονη αποφυγή της συμφόρησης, είναι η κύρια αποστολή του επιπέδου. Για τους παραπάνω λόγους θα ήταν λογικό να ισχυριστεί κάποιος ότι το επίπεδο διαδικτύου του TCP/IP παρουσιάζει πολλές ομοιότητες με το επίπεδο δικτύου του μοντέλου OSI.

### 2.2.2.3. Επίπεδο μεταφοράς

Το επίπεδο αυτό είναι μετά το επίπεδο Ιντερνέτ. Σχεδιάστηκε για να επιτρέπει στις ομότιμες οντότητες δύο κόμβων να διατηρούν μία επικοινωνία, όμοια με το επίπεδο μεταφοράς του μοντέλου OSI. Δύο πρωτόκολλα έχουν αναπτυχθεί εδώ. Το πρώτο είναι το **TCP (Transmission Control Protocol)** και είναι ένα

αξιόπιστο πρωτόκολλο με σύνδεση, το οποίο επιτρέπει τη μετάδοση ενός συρμού δεδομένων χωρίς σφάλματα από ένα σύστημα σε ένα άλλο μέσω του δικτύου Ιντερνέτ. Αυτό μετατρέπει τον εισερχόμενο συρμό δεδομένων σε μικρότερους και περνάει αυτούς στο επίπεδο Ιντερνέτ. Στον προορισμό το επίπεδο μεταφοράς του δέκτη επανασυνδέει αυτούς τους μικρότερους συρμούς επανακατασκευάζοντας το αρχικό μήνυμα. Το πρωτόκολλο TCP διαχειρίζεται επίσης τον έλεγχο ροής ώστε να υπάρχει απόλυτη βεβαιότητα ότι ένας γρήγορος πομπός δε θα υπερφορτώσει ένα αργό δέκτη. Το δεύτερο πρωτόκολλο αυτού του επιπέδου είναι το **UDP (User Datagram Protocol)** και είναι ένα αναξιόπιστο, χωρίς σύνδεση πρωτόκολλο, με εφαρμογές που δεν επιτρέπουν έλεγχο ροής με το TCP. Επίσης χρησιμοποιείται ευρέως για εφαρμογές και αναζητήσεις ερώτησης - απάντησης τύπου πελάτη - εξυπηρέτη, στις οποίες η γρήγορη παράδοση είναι περισσότερο επιθυμητή από την ακριβή παράδοση, όπως σε μετάδοση ήχου και εικόνας.

#### 2.2.2.4. Επίπεδο εφαρμογής

Το μοντέλο TCP δεν έχει επίπεδα παρουσίασης και συνόδου. Δεν υπήρχε κανένας λόγος χρησιμοποίησης τους και έτσι δε συμπεριλήφθηκαν. Η εμπειρία από το μοντέλο OSI οδήγησε στη χρήση του ελάχιστου δυνατού αριθμού επιπέδων.

Μετά το επίπεδο μεταφοράς βρίσκεται το επίπεδο εφαρμογής. Αυτό περιέχει όλα τα υψηλού επιπέδου πρωτόκολλα. Τα καινούρια πρωτόκολλα περιλαμβάνουν εικονικά τερματικά (Telnet), μεταφορά αρχείων (FTP) και ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (SMTP). Το εικονικό τερματικό πρωτόκολλο επιτρέπει σε ένα χρήστη να συνδεθεί με μία απομακρυσμένη μηχανή και να εργαστεί σε αυτή. Το πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων παρέχει έναν αποδοτικό τρόπο για μεταφορά αρχείων από μία μηχανή σε μια άλλη. Η υπηρεσία ηλεκτρονικού ταχυδρομείου αρχικά έκανε μεταφορά αρχείων, αλλά αργότερα αναπτύχθηκε ένα νέο πρωτόκολλο ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Πολλά άλλα πρωτόκολλα έχουν προστεθεί σε αυτό τα τελευταία χρόνια όπως το **Domain Name Service (DNS)** για απεικόνιση ονομάτων κόμβων στις διευθύνσεις δικτύων, το **NTTP** για μεταφορά αρχείων και το **HTTP** για σχεδίαση ιστοσελίδων στο Ιντερνέτ.

Παρά την ιδιαίτερη σημασία που δόθηκε στο σχεδιασμό του μοντέλου TCP/IP, παρουσιάστηκαν στη συνέχεια διάφορα προβλήματα, καθώς δε μπορούσε να διακρίνει τις υπηρεσίες από τη διεπαφή και το πρωτόκολλο. Η καλή λογισμική εργασία απαιτεί διαφοροποίηση μεταξύ της προδιαγραφής και των εργαλείων. Συνεπώς, το TCP/IP δεν έχει εφαρμογή στο σχεδιασμό δικτύων που χρησιμοποιούν νέες τεχνολογίες.

Επίσης το μοντέλο αυτό δεν είναι γενικό και δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με άλλα πρωτόκολλα. Ένα ακόμα μειονέκτημα βρίσκεται στο πρώτο επίπεδο του μοντέλου: δεν είναι ένα πραγματικό επίπεδο όπως συμβαίνει σε άλλα μοντέλα, αλλά αποτελεί την αναγκαία μετάβαση από το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων στο επίπεδο δικτύου. Στη βάση του μοντέλου δεν υπάρχει ακόμη ο απαραίτητος διαχωρισμός μεταξύ του φυσικού μέσου και του επιπέδου σύνδεσης δεδομένων. Ως τελευταία μειονεκτήματα θα μπορούσαν να αναφερθούν τα υπόλοιπα πρωτόκολλα εκτός από το TCP και το IP για τα οποία έγιναν πρόχειροι σχεδιασμοί από ομάδες φοιτητών. Παρά τα παραπάνω μειονεκτήματα, το μοντέλο TCP/IP εξακολουθεί να χρησιμοποιείται ευρέως στη διασύνδεση δικτύων, αν και έχουν περάσει πάνω από 35 χρόνια από τη σχεδιάσή του.

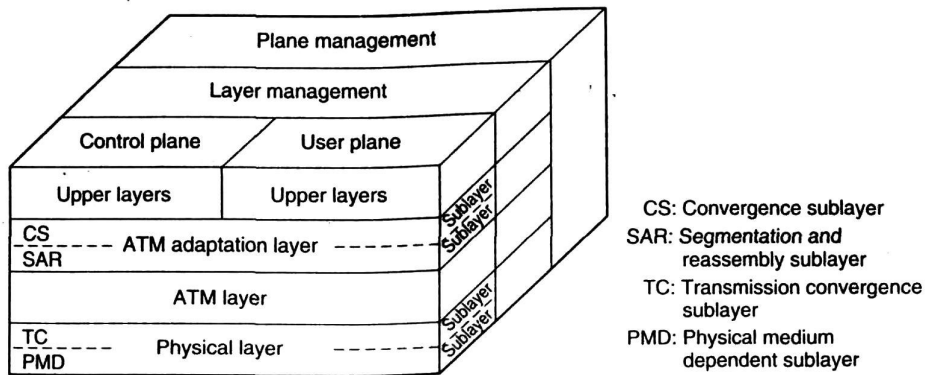
### 2.2.3. Μοντέλο αναφοράς B-ISDN / ATM

Ένα πολύ διαδεδομένο δίκτυο με μεγάλες εφαρμογές είναι το δίκτυο **ATM (Asynchronous Transfer Mode)**. Στηρίζεται στην ασύγχρονη μετάδοση δεδομένων η οποία επιτυγχάνεται με μεταφορά πακέτων (ονομάζονται κελλιά, **cell**) 53 byte (48 byte δεδομένων και 5 byte επικεφαλίδα). Χρησιμοποιείται για την μετάδοση ταινιών κατά παραγγελία (video on demand), ψηφιακή τηλεόραση, μετάδοση φωνής, μεταφορά δεδομένων υψηλών ταχυτήτων και πολλές άλλες υπηρεσίες. Στο δίκτυο αυτό χρησιμοποιείται το μοντέλο αναφοράς B-ISDN ATM. Αυτό αποτελείται από 3 επίπεδα, φυσικό, ATM και το επίπεδο προσαρμογής ATM (ATM Adaptation Layer).

Το φυσικό επίπεδο ασχολείται με το φυσικό μέσο (τάση, ρυθμό μετάδοσης κ.ά). Το ATM έχει σχεδιαστεί για να είναι ανεξάρτητο από το μέσο μετάδοσης, απλά αναφέρεται ότι η μετάδοση πρέπει να γίνεται με ομοαξονικά καλώδια, οπτικές ίνες και γενικά μέσα μετάδοσης ευρείας ζώνης.

Το επίπεδο ATM ασχολείται με τη μετάδοση των κελλιών. Καθορίζει τα χαρακτηριστικά και τα περιεχόμενα των cells. Επίσης ασχολείται με την εγκατάσταση και αναγνώριση κυκλωμάτων, καθώς και με τον έλεγχο της συμφόρησης.

Επειδή οι περισσότερες εφαρμογές δεν εργάζονται με cells έχει καθοριστεί πάνω από το ATM επίπεδο να επιτρέπεται η αποστολή πακέτων με μέγεθος μεγαλύτερο του ενός cell. Τα πακέτα αυτά χωρίζονται σε μικρότερα κομμάτια μεγέθους ενός cell και μεταδίδονται, ενώ στο δέκτη επανασυναρμολογούνται δίνοντας το αρχικό πακέτο. Το επίπεδο που γίνονται αυτές οι διεργασίες ονομάζεται επίπεδο προσαρμογής ATM.



**Σχήμα 2-4: Μοντέλο Αναφοράς ATM**

Σε αντίθεση με τα προηγούμενα μοντέλα αναφοράς που περιγράφηκαν, το μοντέλο ATM χαρακτηρίζεται ως «τρισδιάστατο», όπως φαίνεται και στο προηγούμενο σχήμα. Το user plane (επιφάνεια χρήστη) ασχολείται με τη μεταφορά δεδομένων, τον έλεγχο ροής, τη διόρθωση λαθών και άλλες σχετικές λειτουργίες, σε αντίθεση με το control plane (επιφάνεια ελέγχου) που ασχολείται με τη διαχείριση συνδέσεων.

**2.2.4. Μοντέλο αναφοράς Novell Netware**

Μια δημοφιλής αρχιτεκτονική δικτύων στο κόσμο των PC την εποχή του DOS ήταν το Novell NetWare. Αποτελείται από 5 επίπεδα (φυσικό, σύνδεσης δεδομένων, δικτύου, μεταφοράς και εφαρμογής, Σχ. 2-5). Πυρήνας: IPX/SPX.

Layer			
Application	SAP	File server	...
Transport	NCP		SPX
Network	IPX		
Data link	Ethernet	Token ring	ARCnet
Physical	Ethernet	Token ring	ARCnet

**Σχήμα 2-5: Μοντέλο Αναφοράς Novell NetWare**

