



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Τηλεπικοινωνιακά Ψηφιακά Δίκτυα

Ενότητα 6: Ψηφιακά Δίκτυα Ολοκληρωμένων
Υπηρεσιών (ISDN) και Ευφυή Δίκτυα (IN)

Βαρουτάς Δημήτρης

Σχολή Θετικών Επιστημών

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών



Μοντέλα Αναφοράς του ISDN - ATM

Γ. Νεοκοσμίδης & Δ. Βαρουτάς



Αρχιτεκτονικές Δικτύων Ευρείας Ζώνης

- ▶ Η εξέλιξη των δικτύων δεδομένων έγινε παράλληλα με τη μελέτη και εφαρμογή των τεχνικών μεταγωγής πακέτου
- ▶ Οι στατιστικοί μηχανισμοί για από κοινού χρήση των πόρων εξυπηρετούν τις απαιτήσεις επίδοσης της υπηρεσίας ανταλλαγής δεδομένων
- ▶ Οι μηχανισμοί είναι αυστηροί όσον αφορά την ακεραιότητα των πληροφοριών και ευέλικτοι στους χρόνους καθυστέρησης και απόκρισης
- ▶ Διαδοχικές λειτουργίες απαιτούνται σε όλους τους κόμβους για να συγκεντρωθούν πληροφορίες από διαφορετικές εφαρμογές σε κοινώς μορφοποιημένα πακέτα
 - ▶ Αρχιτεκτονική Ιεραρχικών στρωμάτων





Αρχιτεκτονικές Δικτύων Ευρείας Ζώνης

- ▶ Το ISDN σκοπεύει να προσφέρει στους χρήστες κοινή πρόσβαση σε όλες τις υπηρεσίες επικοινωνιών
- ▶ Καθορισμός μιας κοινής διεπαφής Χρήστη Δικτύου (User Network Interface, UNI)
- ▶ Ίδιος τρόπος πρόσβασης στη διεπαφή για όλες τις εφαρμογές
- ▶ Απόκρυψη από το χρήστη του βαθμού ενοποίησης του δικτύου και των υπηρεσιών
- ▶ Διαφορετικές υπηρεσίες μπορούν να παρασχεθούν από μερικώς από μερικώς διαφορετική υποδομή δικτύου



Αρχιτεκτονικές Δικτύων Ευρείας Ζώνης

- ▶ Το UNI για το ISDN έχει καθοριστεί και χρησιμοποιείται σε πολλές χώρες
- ▶ Κάθε χρήστης εφοδιάζεται με ένα UNI αποτελούμενο από
 - ▶ δυο πλήρως αμφίδρομα κανάλια μεταγωγής κυκλώματος των 64kbps το καθένα (B-κανάλια)
 - ▶ Ένα πλήρως αμφίδρομο κανάλι μεταγωγής πακέτων των 16kbps (D-κανάλι)





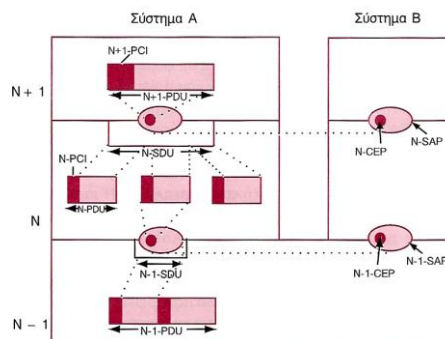
Αρχιτεκτονικές Δικτύων Ευρείας Ζώνης

- ▶ Ευρείας ζώνης ISDN: Προσφέρει υπηρεσίες ευρείας ζώνης
- ▶ Υπηρεσίες ευρείας ζώνης: Απαιτούν υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων
- ▶ Ακόμα και παραδοσιακές εφαρμογές (μεταφορά αρχείων) εκτελούνται πολύ γρηγορότερα → σύνθετες εφαρμογές – πολυμέσα
- ▶ Ο Ασύγχρονος Τρόπος Μεταφοράς (ATM) επιλέχθηκε ως η τεχνική μεταγωγής και πολυπλεξίας για το B-ISDN
 - ▶ Παροχή κοινής πρόσβασης μέσω του ευρείας ζώνης UNI (BUNI)
 - ▶ Παροχή πραγματικά ενοποιημένης δικτυακής υποδομής
- ▶ Όλοι οι χρήστες και οι υπηρεσίες θα πρέπει να ανταλλάσσουν πληροφορίες μέσω της χρήσης των συνδέσεων ATM που θα μεταφέρουν πακέτα ATM
- ▶ Η δομή του B-ISDN θα πρέπει να εξυπηρετεί τους υπάρχοντες χρήστες του N-ISDN
 - ▶ Μετατροπή των N-ISDN UNI χαρακτηριστικών σε αυτά του BUNI είτε στη πλευρά του χρήστη είτε μέσα στο δίκτυο



Αρχές Διαστρωμάτωσης στο OSI και στα δίκτυα δεδομένων

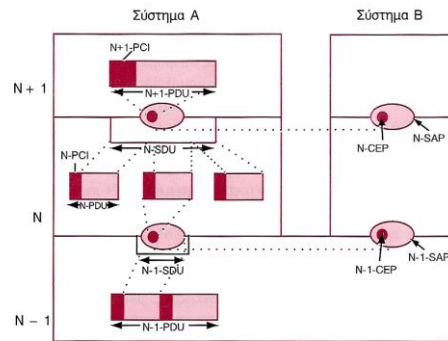
- ▶ Το βασικό πρότυπο αναφοράς (BRM) του OSI είναι μια ευρέως αποδεκτή αφηρημένη αρχιτεκτονική για τη διασύνδεση ετερογενών υπολογιστών
- ▶ Το OSI BRM έχει μια διαστρωματοποιημένη αρχιτεκτονική
 - ▶ Ένα στρώμα περιέχει μια καλά καθορισμένη ομάδα λειτουργιών (λειτουργικότητα στρώματος)
 - ▶ Τα στρώματα είναι ιεραρχικά τοποθετημένα το ένα πάνω στο άλλο





Αρχές Διαστρωμάτωσης στο OSI και στα δίκτυα δεδομένων

- ▶ Πρέπει να αποφεύγεται η επικάλυψη λειτουργικότητας και να επιτυγχάνεται μια απεικόνιση των λειτουργιών των στρωμάτων σε διακεκριμένες διαδικασίες
- ▶ Το όριο ενός στρώματος πρέπει να αντιστοιχεί σε μια διεπαφή
- ▶ Τα στρώματα πρέπει να είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους
- ▶ Τυχόν αλλαγές σε ένα στρώμα δεν επιφέρει μετατροπές σε κάποιο άλλο

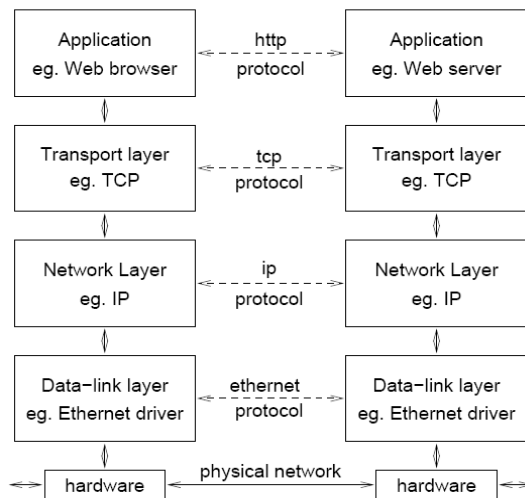


Αρχές Διαστρωμάτωσης στο OSI και στα δίκτυα δεδομένων

- ▶ Το OSI BRM αποτελείται από επτά στρώματα
- ▶ Μόνο ομότιμες οντότητες N-στρώματος έχουν τη δυνατότητα να επικοινωνούν
- ▶ Η αλληλεπίδραση ομότιμων οντοτήτων N-στρώματος εκτελείται σύμφωνα με ένα καθορισμένο σύνολο κανόνων κανόνων και μετατροπών → Πρωτόκολλο N-στρώματος
- ▶ Το πρωτόκολλο ενσωματώνει επίσης τη σύνταξη των ανταλλασσόμενων πληροφοριακών μονάδων
- ▶ Οι Μονάδες Πληροφορίας Πρωτοκόλλου (N-Protocol Data Unit) χωρίζονται σε δύο πεδία
 - ▶ Μονάδα Πληροφορίας Υπηρεσίας (N-Service Data Unit, N-SDU)
 - ▶ Πληροφορία Ελέγχου Πρωτοκόλλου (N-Protocol Control Information, N-PCI)



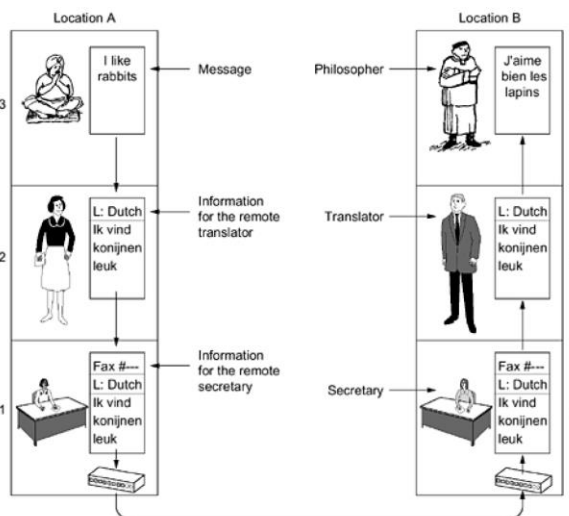
Σχέση Μεταξύ Πρωτοκόλλων και Επιπέδων



▶ 9



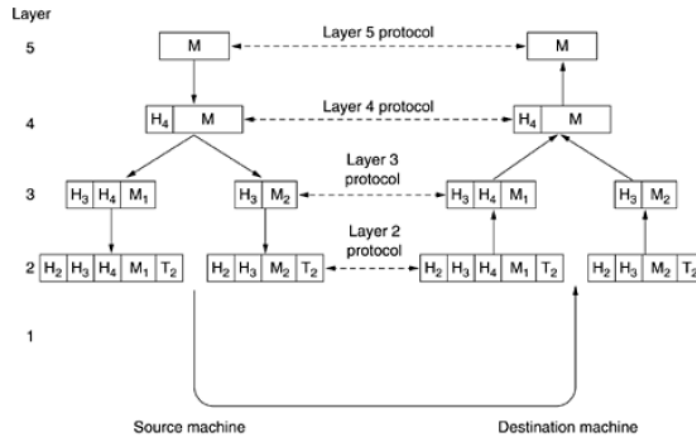
Σχέση Μεταξύ Πρωτοκόλλων και Επιπέδων



▶



Σχέση Μεταξύ Πρωτοκόλλων και Επιπέδων

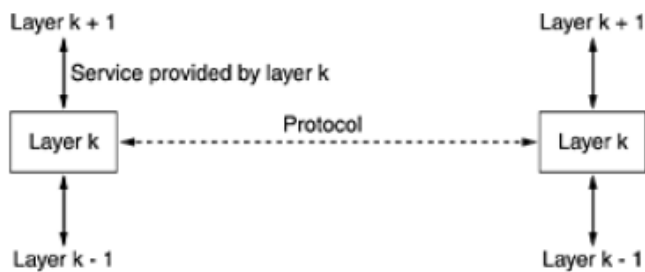


Θέματα Σχεδίασης

- ▶ Διευθυνσιοδότηση
- ▶ Μεταφορά δεδομένων
- ▶ Κανόνες
- ▶ Αμφίδρομη ή μονόδρομη επικοινωνία
- ▶ Προτεραιότητα
- ▶ Έλεγχος σφαλμάτων
- ▶ Αριθμοί ακολουθίας – Σειρά
- ▶ Έλεγχος ροής
- ▶ Κατακερματισμός
- ▶ Πολυπλεξία
- ▶ Δρομολόγηση



Υπηρεσίες και Πρωτόκολλα

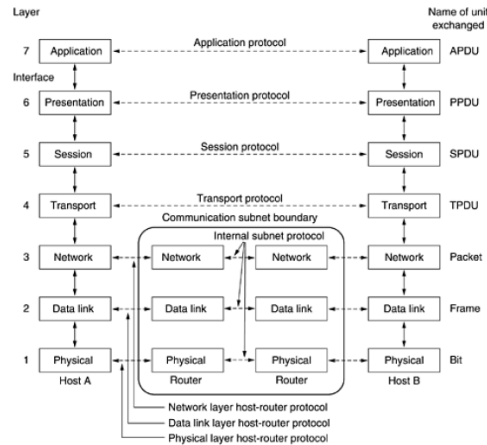


Μοντέλο Αναφοράς του OSI





Μοντέλο Αναφοράς του OSI



Αρχές Διαστρωμάτωσης στο OSI και στα δίκτυα δεδομένων

- ▶ Οι SDUs ανταλλάσσονται μεταξύ των στρωμάτων N+1 και N διαμέσου ενός N-Σημείου Πρόσβασης Υπηρεσιών N-SAP
- ▶ Τα N-SAPs είναι χρήσιμα κάθε φορά που το N-στρώμα παρέχει περισσότερες από μια υπηρεσίες
- ▶ Περισσότερες από μια συνδέσεις N-στρωμάτων μπορεί να υπάρχουν εντός του ίδιου N-SAP
- ▶ Οι συνδέσεις αυτές τερματίζονται και στα δύο άκρα σε ένα Τελικό Σημείο Σύνδεσης (Connection End-Point, CEP)



Αρχές Διαστρωμάτωσης στο OSI και στα δίκτυα δεδομένων

- ▶ Οι πληροφορίες που ανταλλάσσονται μεταξύ των στρωμάτων N και N+1 μέσω του N-SAP περιγράφονται στη μορφή στοιχείων υπηρεσίας
 - ▶ Αίτηση, Ένδειξη, Απόκριση και Επιβεβαίωση
- ▶ Διάφορες παράμετροι μπορούν να συνοδεύουν ένα στοιχείο δίνοντας στο χρήστη κάποιο βαθμό ελέγχου στον τρόπο που οι υπηρεσίες προσφέρονται από τον παροχέα
- ▶ Όταν η πολυπλοκότητα της λειτουργίας ενός στρώματος αυξάνει υιοθετείται διαστρωμάτωση του ίδιου του στρώματος (υπόστρωμα)
 - ▶ Κάθετη ή οριζόντια διαίρεση



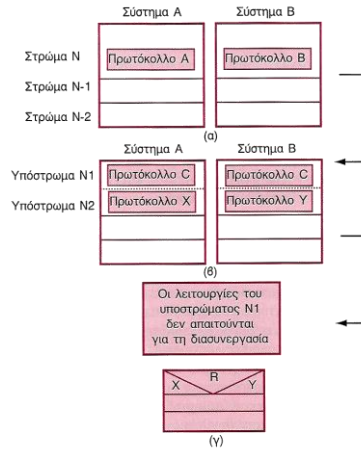
Αρχές Διαστρωμάτωσης στο OSI και στα δίκτυα δεδομένων

- ▶ Εντός ενός στρώματος διαφορετικά πρωτόκολλα μπορεί να εκτελούν διαφορετικές λειτουργίες
- ▶ Ύπαρξη διαφορετικών επιλογών για την ικανοποίηση των απαιτήσεων ενός ανώτερου στρώματος (στοίβα πρωτοκόλλων)
 - ▶ Το στρώμα σύνδεσης δεδομένων στις εφαρμογές LAN υποδιαιρείται σε ένα υπόστρωμα Λογικού Ελέγχου (LLC) και σε ένα υπόστρωμα Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου (MAC)
- ▶ Μόνο τα στρώματα μπορούν να προσφέρουν ολοκληρωμένες υπηρεσίες σε χρήστες



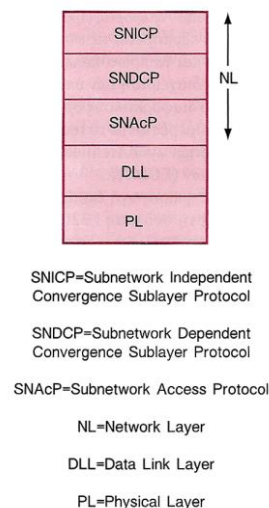
Αρχές Διαστρωμάτωσης στο OSI και στα δίκτυα δεδομένων

- ▶ Η υποστρωμάτωση βοηθάει επίσης στον καθορισμό των προδιαγραφών και στη σχεδίαση διεπαφών ετερογενών δικτύων
- ▶ Όλες οι λειτουργίες που απαιτούνται για τη διαλειτουργικότητα φιλοξενούνται στο χαμηλότερο δυνατό υπόστρωμα
- ▶ Π.χ. διασύνδεση LAN με διαφορετικά πρωτόκολλα MAC



Αρχές Διαστρωμάτωσης στο OSI και στα δίκτυα δεδομένων

- ▶ Τρία υποστρώματα εισάγονται εντός του στρώματος δικτύου (ISO 8648)
- ▶ Κάθε υπόστρωμα επιφορτίζεται με έναν διαφορετικό ρόλο στη διασύνδεση μη-OSI υποδικτύων με OSI υποδίκτυα
- ▶ Οι ρόλοι αυτοί μπορούν να εκπληρωθούν το πολύ με τρία διαφορετικά πρωτόκολλα



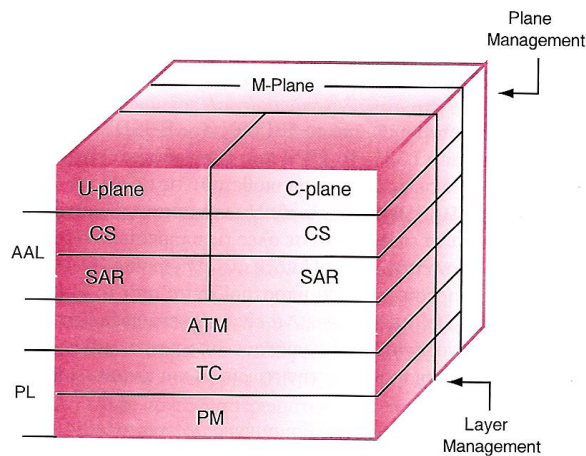


Πρότυπο Αναφοράς Πρωτοκόλλου στο B-ISDN

- ▶ Ένα B-ISDN ενσωματώνει υπηρεσίες πέρα από την απλή μετάδοση δεδομένων
 - ▶ Προσαρμογή και επέκταση του BRM ώστε να ικανοποιούνται και άλλες εφαρμογές εκτός από δεδομένα → PRM
- ▶ Το Πρότυπο Αναφοράς Πρωτοκόλλου (PRM) πρέπει να εξυπηρετεί
 - ▶ τις συγκεκριμένες λειτουργίες μετάδοσης πληροφορίας
 - ▶ τις υπηρεσίες που ασχολούνται με τη σηματοδότηση και τη διαχείριση των υπηρεσιών και των δικτύων
- ▶ B-ISDN → Εκτός ζώνης σηματοδότηση για τον έλεγχο των συνδέσεων → Κάθετος διαχωρισμός του PRM σε επίπεδα
 - ▶ Επίπεδο Χρήστη (User Plane, U-Plane) για την πληροφορία του χρήστη
 - ▶ Επίπεδο Ελέγχου (Control Plane, C-Plane) για την πληροφορία ελέγχου
 - ▶ Επίπεδο Διαχείρισης (Management Plane, M-Plane) για την πληροφορία διαχείρισης



Πρότυπο Αναφοράς Πρωτοκόλλου στο B-ISDN





Πρότυπο Αναφοράς Πρωτοκόλλου στο B-ISDN

- ▶ Το PRM είναι ολοκληρωτικά αφιερωμένο στα δίκτυα ευρείας ζώνης που υιοθετούν τις αρχές του ATM
- ▶ Το ATM χρησιμοποιείται από το B-ISDN για πολυπλεξία και μεταγωγή μονάδων πληροφορίας που ανήκουν
 - ▶ Σε όλα τα επίπεδα
 - ▶ Σε όλες τις υπηρεσίες διαφορετικών χαρακτηριστικών κίνησης και απαιτήσεων QoS
- ▶ Αφού οι υπηρεσίες που υποστηρίζει το B-ISDN δεν είναι ακόμα γνωστές το PRM πρέπει να είναι αρκετά ευέλικτο ώστε να καλύπτει νέες ανάγκες
- ▶ Η ευελιξία επιτυγχάνεται μέσω μιας δομημένης αρχιτεκτονικής
 - ▶ Τα στρώματα και τα υποστρώματα καθορίζονται σύμφωνα με τις αμοιβαίες εξαρτήσεις των απαιτούμενων λειτουργιών



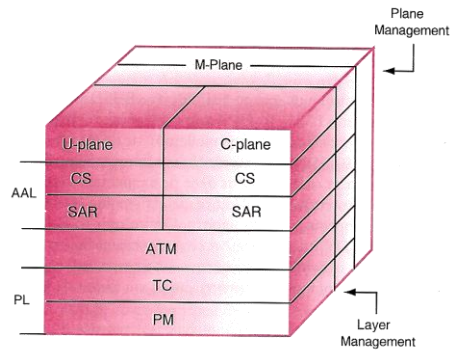
Πρότυπο Αναφοράς Πρωτοκόλλου στο B-ISDN

- ▶ Επίπεδο Χρήστη: Περιλαμβάνει όλες τις λειτουργίες που σχετίζονται με τη ροή των πληροφοριών του χρήστη
 - ▶ Έλεγχος ροής, συμφόρησης και ανάκτηση σφαλμάτων
- ▶ Επίπεδο Ελέγχου: Παρέχει τις λειτουργίες που αφορούν τη σηματοδότηση
 - ▶ δηλαδή τις λειτουργίες που αφορούν την αποδοχή των κλήσεων, την εγκατάσταση, τον έλεγχο και τον τερματισμό των συνδέσεων συμπεριλαμβανομένης της κατανομής των πόρων του δικτύου
- ▶ Επίπεδο Διαχείρισης: Οι λειτουργίες του διαιρούνται σε
 - ▶ Διαχείριση Στρώματος: Παρέχει τις λειτουργίες διαχείρισης ενός συγκεκριμένου στρώματος
 - ▶ Διαχείριση Επιπέδου: Περιλαμβάνει τις λειτουργίες διαχείρισης που σχετίζονται με ολόκληρο το σύστημα. Συντονίζει τα επίπεδα χρήστη και ελέγχου



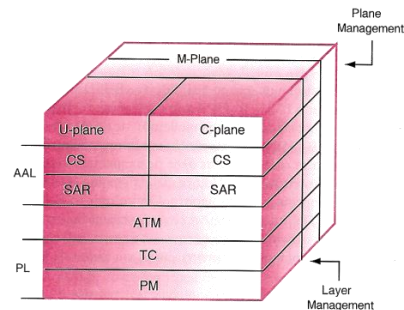
Πρότυπο Αναφοράς Πρωτοκόλλου στο B-ISDN

- ▶ Το Φυσικό Στρώμα και το Στρώμα ATM είναι κοινά στα Επίπεδα Χρήστη και Ελέγχου
- ▶ Η ίδια φυσική κατασκευή χρησιμοποιείται για τη μεταφορά κάθε είδους πληροφορίας
- ▶ Το ATM είναι ο κοινός τρόπος μεταφοράς για όλες τις υπηρεσίες (φωνή, δεδομένα, εικόνα ακόμα και σηματοδοσία)
- ▶ Το στρώμα ATM είναι ανεξάρτητο των υπηρεσιών



Πρότυπο Αναφοράς Πρωτοκόλλου στο B-ISDN

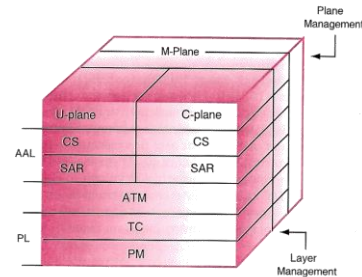
- ▶ Το Φυσικό Στρώμα είναι χωρισμένο σε δύο στρώματα
 - ▶ Υπόστρωμα Φυσικού Μέσου (Physical Medium, PM): Παρέχει λειτουργίες σχετικές με τα φυσικά μέσα
 - ▶ Μετάδοση των δυαδικών ψηφίων, την κωδικοποίηση, τις απαραίτητες οπτικές και ηλεκτρικές μετατροπές κ.α.
 - ▶ Υπόστρωμα Σύγκλισης Μετάδοσης (Transmission Convergence, TC): Παρέχει την προσαρμογή του ρυθμού με τον οποίο μεταφέρονται τα ATM-PDUs στο ρυθμό του συστήματος μετάδοσης
 - ▶ Περιλαμβάνει επίσης λειτουργίες όπως: οριοθέτηση των ATM-PDUs





Πρότυπο Αναφοράς Πρωτοκόλλου στο B-ISDN

- ▶ Το στρώμα ATM παρέχει τη διάφανη μεταφορά της πληροφορίας κάθε υπηρεσίας του B-ISDN
 - ▶ Εγκαθιστώντας νοητές συνδέσεις με συμφωνημένες παραμέτρους επίδοσης μεταξύ πηγής και προορισμού(ών)
- ▶ Η πληροφορία οργανώνεται σε καθορισμένου μεγέθους ATM-PDUs (πακέτα ATM – cells)
- ▶ Τα cells αποτελούνται από μια επικεφαλίδα των 5 bytes και ένα φορτίο των 48bytes
- ▶ Πακέτα της ίδιας νοητής σύνδεσης μεταφέρονται πάντα διαδοχικά
- ▶ Πακέτα διαφορετικών νοητών συνδέσεων είναι στατιστικά πολυπλεγμένα



Πρότυπο Αναφοράς Πρωτοκόλλου στο B-ISDN

- ▶ Οι λειτουργίες και το πρωτόκολλο του ATM πρέπει να είναι απλά λόγω
 - ▶ των απαιτήσεων υψηλής ταχύτητας
 - ▶ της ανάπτυξης των λειτουργιών σε hardware
- ▶ Ανάγκη εισαγωγής ενός στρώματος πάνω από το ATM (Στρώμα Προσαρμογής στο ATM, ATM Adaptation Layer, AAL)
- ▶ Προσαρμογή → Απεικόνιση των SDUs των ανώτερων στρωμάτων σε πακέτα ATM και βελτίωση της ποιότητας που προσφέρεται από το ATM για απαιτητικές υπηρεσίες
- ▶ Για να διατηρηθεί ένα αποδεκτού κόστους εύκολα επεκτάσιμο και ευέλικτο δίκτυο απαιτείται ομαδοποίηση υπηρεσιών και υποστρωμάτωση του AAL
 - ▶ Υπόστρωμα Κατακερματισμού και Επανασυναρμολόγησης (Segmentation and Reassembly, SAR)
 - ▶ Υπόστρωμα Σύγκλισης (Convergence Sublayer, CS)



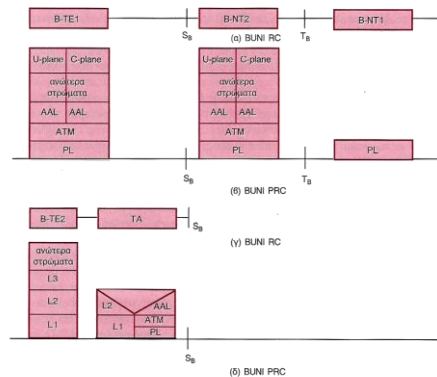
Διάταξη Αναφοράς Πρωτοκόλλων

- ▶ Φυσική Διάταξη: Διασυνδεδεμένα στοιχεία δικτύου
- ▶ Διάταξη Αναφοράς (Reference Configuration, RC): Σύνολο διασυνδεδεμένων σημείων αναφοράς μεταξύ των οποίων παρέχονται ομάδες λειτουργιών
- ▶ Η Φυσική Διάταξη μπορεί να διαφέρει από τη Διάταξη Αναφοράς
 - ▶ Περισσότερες από μια λειτουργικές ομάδες ενός RC μπορεί να παρέχονται από το ίδιο φυσικό στοιχείο
- ▶ Ένα σημείο αναφοράς δεν αντιστοιχεί απαραίτητα σε μια φυσική διεπαφή
 - ▶ Αποτελεί ένα λογικό διαχωρισμό μεταξύ των λειτουργικών ομάδων του ίδιου στοιχείου



Διάταξη Αναφοράς Πρωτοκόλλων

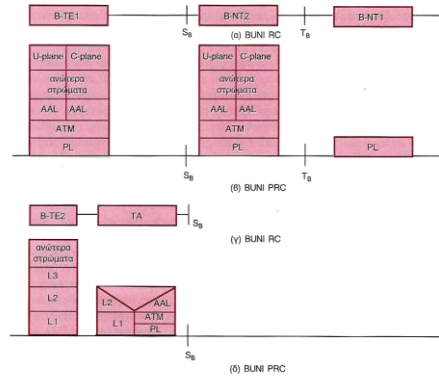
- ▶ TA (Terminal Adapter) – Συνδέει non-ISDN εξοπλισμό στο ISDN δίκτυο.
- ▶ TE1 (Terminal Equipment type 1) – Κάθε τερματικό, όπως ένας router ή ένα τηλέφωνο, με ISDN BR1. Αυτή η συσκευή έχει ένα four-wire interface το οποίο είναι ISDN – συμβατό.
- ▶ TE2 (Terminal Equipment type 2) – Κάθε τερματικό ή router που δεν είναι ISDN – συμβατό. Συνδέεται στο TA μέσω κατάλληλου interface





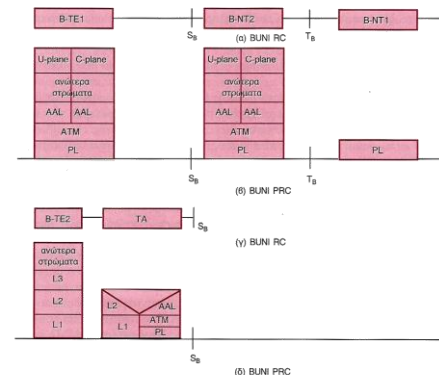
Διάταξη Αναφοράς Πρωτοκόλλων

- ▶ NT1 (Network Termination type 1) – Μία network termination συσκευή υπεύθυνη για τον τερματισμό της ISDN γραμμής μεταφοράς στο μέρος του πελάτη. Το NT1 συνδέει το 4-wire interface σε μία 2-wire γραμμή τηλεφώνου. Στην Βόρεια Αμερική, ο πελάτης προμηθεύεται την συσκευή. Στον υπόλοιπο κόσμο, ο φορέας συνήθως προμηθεύει την συσκευή.
- ▶ NT2 (Network Termination type 2) – Παρέχει το switching και τη συλλογή των ISDN γραμμών μεταξύ των εξοπλισμών των πελατών. Το NT2 παρέχει Layer-2 και Layer-3 πρωτόκολλα και λειτουργίες συλλογής (concentration). Το NT2 μπορεί να συνδυαστεί με το NT1.



Διάταξη Αναφοράς Πρωτοκόλλων

- ▶ SB: Το σημείο αναφοράς μεταξύ των τερματικών του χρήστη και του NT2.
- ▶ TB: Το σημείο αναφοράς μεταξύ NT1 και NT2 συσκευών
- ▶ Τα σημεία αναφοράς SB και TB αντιστοιχούν σε φυσικές διεπαφές που λειτουργούν στα 155Mbps (Το TB υποστηρίζει και 622Mbps)
- ▶ Και τα δυο σημεία δέχονται πληροφορίες οργανωμένες σε ATM cells
- ▶ Το TB είναι παρόν σε κάθε φυσική διάταξη
- ▶ Το TB interface επιτρέπει μόνο συνδέσεις σημείο προς σημείο (ένα TB ανά NT1)





Το Διαστρωμένο Μοντέλο Αναφοράς (SRM)

- ▶ Το SRM εφαρμόζει την αρχή διαστρωμάτωσης του OSI BRM για την περιγραφή υπερκαλυπτόμενων δικτύων
- ▶ Το SRM αναγνωρίζει τρεις βασικές διαστρώσεις με την καθεμιά να αντιστοιχεί σε ένα από τα κατώτερα στρώματα του OSI BRM
- ▶ Ο αριθμός των στρωμάτων στο SRM δεν είναι καθορισμένος αλλά εξαρτάται από το βαθμό λεπτομέρειας με τον οποίο περιγράφεται κάθε σύστημα
- ▶ Κάθε υποκείμενο δίκτυο (Στρώμα Υποδομής Διαστρώσεως – Stratum Infrastructure Layer, SIL) μπορεί να θεωρηθεί ότι παρέχει τις υπηρεσίες φυσικού στρώματος στο δίκτυο που είναι τοποθετημένο από πάνω του

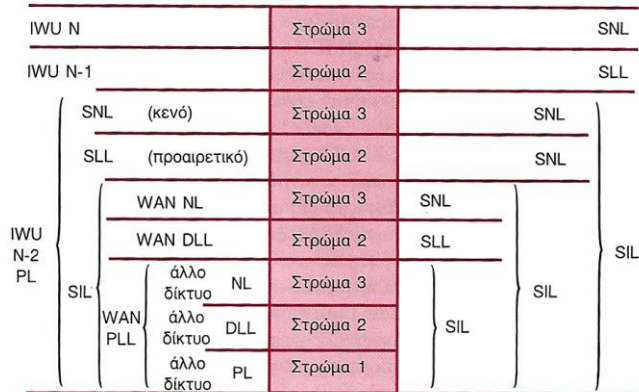


Το Διαστρωμένο Μοντέλο Αναφοράς (SRM)

- ▶ Στρώμα Ζεύξης Διαστρώσεων (Stratum Link Layer, SLL):
Παρέχει έλεγχο της χρήσης των πόρων, των λαθών και της ροής της πληροφορίας της υποκείμενης διαστρώσεως
 - ▶ Βοηθάει στη βελτίωση των υπηρεσιών φυσικού στρώματος
 - ▶ Παρέχει επίσης λειτουργίες σύγκλισης στα ανώτερα στρώματα
- ▶ Στρώμα Δικτύου Διαστρώσεων (Stratum Network Layer, SNL):
Παρέχει δρομολόγηση και μεταγωγή της πληροφορίας
- ▶ Το SRM είναι εξαιρετικά σημαντικό όταν ένα στοιχείο δικτύου περιέχει πρωτόκολλα ετερογενών δικτύων (π.χ. ομάδα διασυνεργασίας)
- ▶ Παράδειγμα: Χρήση WAN για τη μεταφορά πακέτων μεταξύ διαφορετικών LANs
 - ▶ Μετατροπή πλαισίου LAN A σε ένα πλαίσιο LAN B
 - ▶ Ενσωμάτωση πλαισίου σε πακέτα WAN



Το Διαστρωμένο Μοντέλο Αναφοράς (SRM)



Μεταγωγή Κυψέλης (Cell)

- ▶ Τη δεκαετία του 80 και στις αρχές της δεκαετίας του 90 το ATM έγινε μια σημαντική τεχνολογία
 - ▶ Αγκαλιάστηκε από τη βιομηχανία της τηλεφωνίας
 - ▶ Η τηλεφωνία επεδίωκε να δραστηριοποιηθεί στις επικοινωνίες δεδομένων
 - ▶ Το ATM έτυχε να είναι στο σωστό σημείο, τη σωστή χρονική στιγμή σαν τεχνολογία μεταγωγής υψηλής ταχύτητας
- ▶ Το ATM είναι μια τεχνολογία μεταγωγής πακέτου προσανατολισμένη στη σύνδεση (connection-oriented)
- ▶ Χρησιμοποιεί εικονικά κυκλώματα (virtual circuits)
- ▶ Στην τεχνολογία ATM, η φάση εγκατάστασης της σύνδεσης ονομάζεται σηματοδοσία (signalling)
- ▶ Το κυριότερο πρωτόκολλο σηματοδοσίας του ATM είναι γνωστό ως Q.2931 το οποίο είναι επίσης υπεύθυνο για την εκχώρηση των πόρων στους μεταγωγείς κατά μήκος του κυκλώματος → QoS



Μεταγωγή Κυψέλης (Cell)

- ▶ Όταν εγκαθίσταται μια εικονική σύνδεση απαιτείται η προσθήκη της διεύθυνσης προορισμού στο μήνυμα της σηματοδοσίας
- ▶ Η διεύθυνση αυτή μπορεί να πάρει διάφορες μορφές
 - ▶ Οι πιο γνωστές είναι E.164 και NSAP (network service access point)
 - ▶ Είναι διαφορετικές από τις διευθύνσεις MAC που χρησιμοποιούνται στα παραδοσιακά LANs
- ▶ Στο **ATM** τα πακέτα που μέταγονται στο δίκτυο είναι σταθερού μήκους
 - ▶ 53 bytes—5 bytes επικεφαλίδα τα οποία ακολουθούνται από 48 bytes φορτίου
- ▶ Τα σταθερού μήκους πακέτα καλούνται κυψέλες (cells)
 - ▶ Για να τα ξεχωρίσουμε από τα γνωστά μεταβλητού μήκους πακέτα που συνήθως χρησιμοποιούνται στα δίκτυα

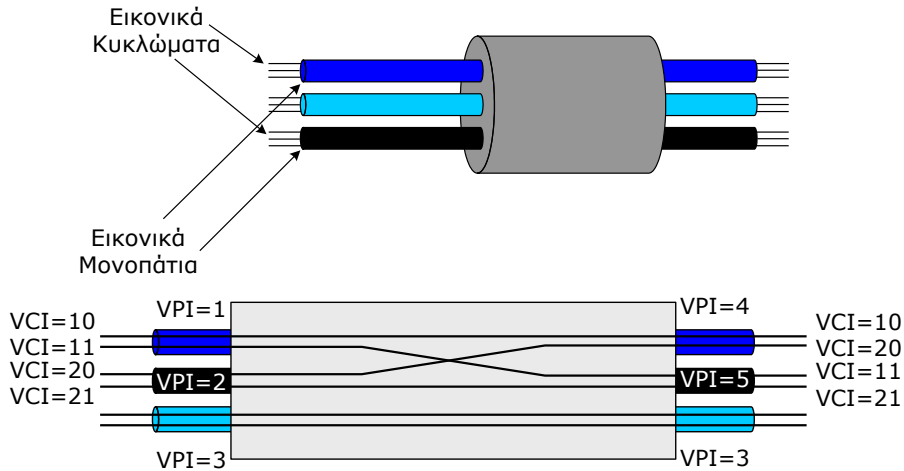


ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΜΟΝΟΠΑΤΙΑ ΚΑΙ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ

- ▶ **VP**: Δρόμος που θα συνενώσει τους μεταγωγείς μεταξύ τους
- ▶ **VC**: Κανάλι που δημιουργείται εσωτερικά του VP για να περάσει εντός του τα διάφορα είδη κίνησης
- ▶ Το VP δρα ως δεσμός (bundle) για τη συνένωση πολλαπλών δρόμων οι οποίοι όμως μεταφέρουν διαφορετικά είδη κίνησης και τα οποία διαμοιράζονται τους πόρους που έχουν δεσμευτεί εξαρχής από το εικονικό μονοπάτι
- ▶ Τα VPs απλουστεύουν την αρχιτεκτονική του δικτύου και συντομεύουν τους ελέγχους (αύξηση απόδοσης και αξιοπιστίας)
- ▶ Τα εικονικά κυκλώματα συντελούν στη μεταφορά των δεδομένων και του ελέγχου σηματοδοσίας μεταξύ τελικών χρηστών

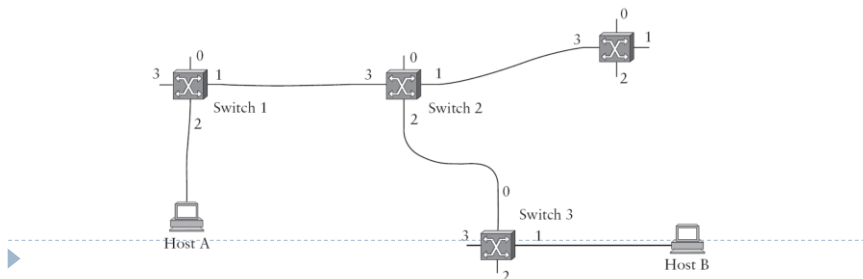


ΜΕΤΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΑΤΜ



Μεταγωγή Εικονικού Κυκλώματος (VC)

- ▶ Πριν από οποιαδήποτε μεταφορά δεδομένων απαιτείται εγκατάσταση μιας εικονικής σύνδεσης μεταξύ της πηγής και του προορισμού
- ▶ Μεταφορά δεδομένων
- ▶ Μετά την αποστολή των δεδομένων απαιτείται κλείσιμο της VC





Μεταγωγή Εικονικού Κυκλώματος

- ▶ Κατάσταση σύνδεσης → Καταχώρηση σε έναν πίνακα VC σε κάθε μεταγωγο μέσω του οποίου διέρχεται η σύνδεση
 - ▶ Προσδιοριστής Εικονικού Κυκλώματος (VCI): Προσδιορίζει μοναδικά τη σύνδεση σε αυτόν το μεταγωγό και ο οποίος θα μεταφέρεται μέσα στην επικεφαλίδα των πακέτων που ανήκουν στη σύνδεση αυτή
 - ▶ Διεπαφή Εισόδου: Διεπαφή μέσω της οποίας φτάνουν στο μεταγωγό τα πακέτα για το συγκεκριμένο VC
 - ▶ Διεπαφή Εξόδου: Διεπαφή από την οποία φεύγουν από το μεταγωγό τα πακέτα για το συγκεκριμένο VC
 - ▶ VCI εξόδου: Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τα εξερχόμενα πακέτα

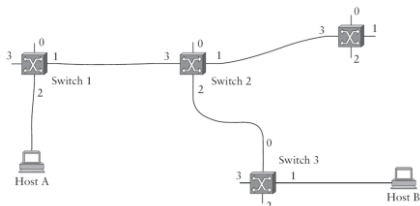


Μεταγωγή Εικονικού Κυκλώματος

- ▶ Ο συνδυασμός του VCI των πακέτων όπως λαμβάνονται στο μεταγωγό και της διεπαφής μέσω της οποίας λαμβάνονται ταυτοποιεί με μοναδικό τρόπο την εικονική σύνδεση
- ▶ Πολλές εικονικές συνδέσεις εγκαθιδρύονται στο μεταγωγό κάθε στιγμή
- ▶ Οι τιμές των VCIs εισόδου και εξόδου δεν είναι γενικά ίδιες
values are generally not the same
- ▶ Το VCI έχει τοπικό χαρακτήρα και δεν είναι καθολικά σημαντικό αναγνωριστικό για τη σύνδεση
- ▶ Η εγκαθίδρυση της σύνδεσης προσεγγίζεται ως:
 - ▶ Μόμιμα Εικονικά Κυκλώματα (PVC): Η διευθέτηση της κατάστασης του κυκλώματος ανατίθεται σε έναν διαχειριστή
 - ▶ Εικονικό Κύκλωμα Μεταγωγής (SVC): Δυναμική εγκαθίδρυση μέσω σηματοδότησης σε ένα κανάλι ελέγχου από μια διάταξη του δικτύου



Παράδειγμα VC



Incoming Interface	Incoming VCI	Outgoing Interface	Outgoing VCI
2	5	1	11

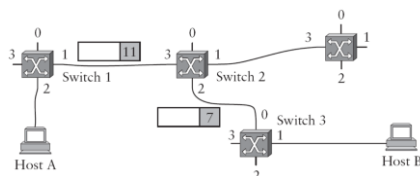
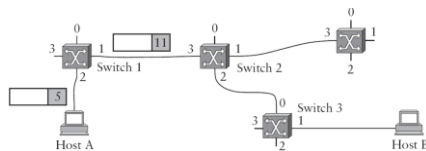
(a)

Incoming Interface	Incoming VCI	Outgoing Interface	Outgoing VCI
3	11	2	7

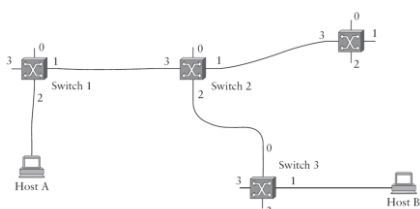
(b)

Incoming Interface	Incoming VCI	Outgoing Interface	Outgoing VCI
0	7	1	4

(c)



Παράδειγμα VC



Incoming Interface	Incoming VCI	Outgoing Interface	Outgoing VCI
2	5	1	11

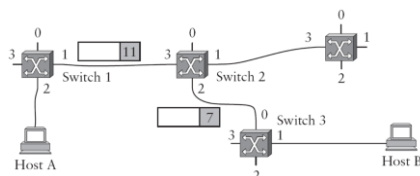
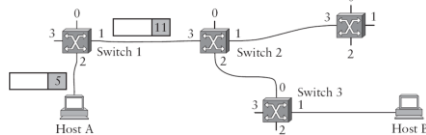
(a)

Incoming Interface	Incoming VCI	Outgoing Interface	Outgoing VCI
3	11	2	7

(b)

Incoming Interface	Incoming VCI	Outgoing Interface	Outgoing VCI
0	7	1	4

(c)





Εικονικά Κυκλώματα Μεταγωγής

- ▶ Το μήνυμα εγκαθίδρυσης προωθείται μέσα στο δίκτυο
- ▶ Εκτός των άλλων περιέχει, την πλήρη διεύθυνση του προορισμού B
- ▶ Νέες καταχωρήσεις δημιουργούνται στον πίνακα VC και οι μεταγωγείς προορισμού επιλέγουν VCI εισόδου
- ▶ Όταν το μήνυμα εγκαθίδρυσης φτάσει στον προορισμό, μια επιβεβαίωση της εγκαθίδρυσης της σύνδεσης στέλνεται πίσω ενημερώνοντας κάθε μεταγωγό για το VCI που επιλέχθηκε από τον προηγούμενο μεταγωγό
- ▶ Όταν η πηγή δεν έχει άλλα δεδομένα να στείλει στον προορισμό, κλείνει τη σύνδεση αποστέλλοντας ένα κατάλληλο μήνυμα
- ▶ Κάθε μεταγωγός απομακρύνει τη σχετική καταχώρηση από τον πίνακά του και προωθεί το μήνυμα στους άλλους μεταγωγείς κατά μήκος του μονοπατιού



Μοντέλο Εικονικού Κυκλώματος

- ▶ Καθυστέρηση: Αναμονή τυπικά ενός RTT για την εγκαθίδρυση της σύνδεσης πριν σταλεί το πρώτο πακέτο δεδομένων
- ▶ Μείωση του overhead επικεφαλίδας ανά πακέτο: Αν και η αίτηση σύνδεσης περιέχει όλη τη διεύθυνση προορισμού, κάθε πακέτο δεδομένων περιέχει μόνο ένα μικρό προσδιοριστή
- ▶ Εάν ένας μεταγωγός ή μια ζεύξη σε μια σύνδεση αποτύχει, η σύνδεση «σπάει» και επομένως απαιτείται η εγκαθίδρυση μιας καινούριας
- ▶ Το θέμα του πως ένας μεταγωγός αποφασίζει σε ποια ζεύξη να προωθήσει την αίτηση σύνδεσης απαιτεί κάποιο είδος αλγορίθμου δρομολόγησης
- ▶ Η εγκαθίδρυση της σύνδεσης είναι μια ευκαιρία να δεσμευτούν πόροι - QoS



Εικονικά Κυκλώματα

- ▶ Παραδείγματα Τεχνολογιών Εικονικού Κυκλώματος:
 - ▶ Frame Relay, X.25, Asynchronous Transfer Mode (ATM)
- ▶ Η αναμετάδοση πλαισίου (Frame Relay) είναι δημοφιλής για τη δημιουργία εικονικών ιδιωτικών δικτύων (VPNs) χρησιμοποιώντας PVC
 - ▶ Απλότητα
 - ▶ Χαρακτηριστικά QoS και αποφυγής συγκρούσεων
- ▶ Το ATM είναι μια πιο πολύπλοκη τεχνολογία που παρέχει μηχανισμούς υποστήριξης QoS



(+) και (-) του VC

- ▶ Πλεονεκτήματα
 - ▶ Πιο αποδοτική αναζήτηση του πίνακα
 - ▶ Πιο ευέλικτο (διαφορετικό μονοπάτι για κάθε ροή)
 - ▶ Μπορεί να δεσμευτεί BW κατά την εγκαθίδρυση
 - ▶ Πιο απλή υλοποίηση σε hardware
 - ▶ Μικρό overhead επικεφαλίδας ανά πακέτο
- ▶ Μειονεκτήματα
 - ▶ Απαιτείται δρομολόγηση της αίτησης εγκαθίδρυσης της σύνδεσης
 - ▶ Πιο πολύπλοκη αποκατάσταση αποτυχιών – πρέπει να ξαναφτιαχτεί η κατάσταση σύνδεσης





ATM Cells

- ▶ Τα μεταβλητού μήκους πακέτα συνήθως περιορίζονται από κάποια όρια
 - ▶ Το κατώτατο όριο τίθεται από την ελάχιστη ποσότητα πληροφορίας που πρέπει να περιέχεται στο πακέτο (για επικεφαλίδα χωρίς προαιρετικές επεκτάσεις)
 - ▶ Το ανώτατο όριο μπορεί να τεθεί από διάφορους παράγοντες
 - ▶ Μέγιστο μέγεθος FDDI πακέτου \leftrightarrow Πόσο επιτρέπεται κάθε σταθμός να μεταδίδει χωρίς να πρέπει να δώσει το κουπόνι
- ▶ Οι κυψέλες είναι σταθερού μήκους και μικρού μεγέθους
 - ▶ Απλή σχεδιαστική επιλογή



Μέγεθος Κυψελών

- ▶ Τα μεταβλητού μήκους πακέτα έχουν μερικά ενδιαφέροντα χαρακτηριστικά
- ▶ Αν κάποιος έχει να στείλει μόνο 1 byte (π.χ., να επιβεβαιώσει τη λήψη ενός πακέτου), το τοποθετεί ένα πακέτο ελάχιστου μεγέθους \rightarrow χωρίς γέμισμα (padding)
- ▶ Αν κάποιος έχει να στείλει ένα μεγάλο αρχείο, πρέπει να το σπάσει σε πακέτα με όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέγεθος
 - ▶ Μείωση του λόγου των bytes της επικεφαλίδας προς των bytes δεδομένων
 - ▶ Αυξάνει την αποδοτικότητα σε εύρος ζώνης
 - ▶ Ελαχιστοποιεί το συνολικό αριθμό των πακέτων που αποστέλλονται \rightarrow Ελαχιστοποίηση της συνολικής επεξεργασίας που εμφανίζεται στις λειτουργίες ανά πακέτο
- ▶ Σημαντικό για την επίτευξη υψηλής ρυθμαπόδοσης (throughput)
 - ▶ Πολλές διακτυακές διατάξεις είναι περιορισμένες όχι μόνο στο πόσα bits / sec μπορούν να επεξεργαστούν αλλά και στον αριθμό των πακέτων ανά δευτερόλεπτο



Μέγεθος Κυψελών

- ▶ Γιατί να χρησιμοποιήσουμε κυψέλες σταθερού μήκους?
- ▶ Πολλοί πίστευαν ότι το hardware ήταν ο μόνος τρόπος για να πάμε πέρα από το 10-Mbps Ethernet
- ▶ Απλοποιεί την υλοποίηση του hardware των μεταγωγών
- ▶ Τα πακέτα σταθερού μήκους αποδεικνύονται πολύ χρήσιμα για την κατασκευή γρήγορων, επεκτάσιμων μεταγωγών
 - ▶ Είναι πιο εύκολο να κατασκευαστεί hardware που να κάνει απλές εργασίες. Η επεξεργασία πακέτων είναι πιο απλή όταν γνωρίζουμε εκ των προτέρων το χρόνο επεξεργασίας του καθενός
 - ▶ Παραλληλισμός: Αν όλα τα πακέτα έχουν το ίδιο μήκος, τότε δίνεται η δυνατότητα χρησιμοποίησης πολλών μονάδων μεταγωγής που να κάνουν την ίδια δουλειά παράλληλα (Κάθε μονάδα χρειάζεται τον ίδιο χρόνο)
- ▶ Υπήρχε αρκετή γνώση ως προς την κατασκευή μεταγωγών κυψέλης σε hardware τη στιγμή που καθοριζόταν τα πρότυπα του ATM



Μέγεθος Κυψελών

- ▶ Οι κυψέλες βελτιώνουν τη συμπεριφορά των ουρών
- ▶ Αυτό που κερδίζουμε με τις κυψέλες δεν είναι οι μικρότερες ουρές αλλά κυρίως ο καλύτερος έλεγχος ως προς την καθυστέρηση
- ▶ Παράδειγμα:
 - ▶ Μέγιστο πακέτο = 4KB
 - ▶ Ταχύτητα ζεύξης = 100Mbps
 - ▶ Χρόνος μετάδοσης = $4096 \times 8 / 100 = 327.68\mu\text{s}$
 - ▶ Ένα πακέτο υψηλής προτεραιότητας πρέπει να κάτσει στην ουρά για 327.68μs
 - ▶ Αντίθετα για το ATM χρειάζεται $53 \times 8 / 100 = 4.24\mu\text{s}$
- ▶ Όχι και σπουδαίο, αλλά η δυνατότητα να ελέγχουμε την καθυστέρηση και κυρίως τη μεταβολή αυτής (jitter) είναι πολύ σημαντική για κάποιες εφαρμογές



Μέγεθος Κυψελών

- ▶ Οι ουρές κυψελών τείνουν να είναι μικρότερες από αυτές των πακέτων
- ▶ Η ζεύξη παραμένει άδεια όσο το πακέτο φθάνει (για να αναμεταδοθεί πρέπει να ολοκληρωθεί η λήψη)
- ▶ Ένα μεγάλο πακέτο αντικαθίσταται από ένα τρένο μικρών κυψελών
- ▶ Μόλις η πρώτη κυψέλη του τρένου μπει στην ουρά, μπορεί να μεταδοθεί από τον μεταγωγό
- ▶ Παράδειγμα:
 - ▶ Δύο πακέτα των 4KB packets φθάνουν την ίδια στιγμή
 - ▶ Η ζεύξη παραμένει άδεια για 327.68μs καθώς φθάνουν και τα δυο
 - ▶ Καθώς ο μεταγωγός πρέπει να περιμένει τη λήψη ολόκληρου του πρώτου πακέτου πριν ξεκινήσει τη μετάδοσή του
 - ▶ Στο τέλος των 327.68μs, απομένουν ακόμα 8KB προς μετάδοση
 - ▶ Στο ATM, το πρώτο cell μπορεί να μεταδοθεί μετά από 4.24μs
 - ▶ Στο τέλος των 327.68μs, κάτι παραπάνω από 4KB έχουν μείνει στην ουρά



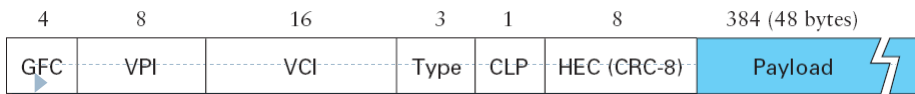
Μέγεθος Κυψελών

- ▶ Ποιο είναι το σωστό μέγεθος για τα μικρά σταθερού μήκους πακέτα?
- ▶ Αν τα κάνουμε πολύ μικρά → Υψηλός λόγος επικεφαλίδας προς δεδομένα → χαμηλή απόδοση εύρους ζώνης
- ▶ Αν κάνουμε τις κυψέλες πολύ μεγάλες → απαιτείται γέμισμα – padding → σπατάλη εύρους ζώνης
- ▶ Η αποδοτική χρησιμοποίηση της ζεύξης δεν είναι ο μόνος παράγοντας που επηρεάζει το μέγεθος της κυψέλης
- ▶ Το μικρό μήκος μειώνει την καθυστέρηση (για φωνή)
 - ▶ Η φωνή κωδικοποιείται ψηφιακά στα 64Kbps (8-bit δείγματα στα 8KHz)
 - ▶ need full cell's worth of samples before sending cell
 - ▶ Παράδειγμα: Κυψέλες των 1000-byte σημαίνουν 125ms ανά κυψέλη (πολύ)
 - ▶ Μικρότερη καθυστέρηση σημαίνει ότι δεν χρειάζονται διατάξεις για την καταστολή της ηχούς (καθώς πολύ μικρή καθυστέρηση σημαίνει μηδενική καθυστέρηση)
- ▶ Το αποτέλεσμα της διαδικασίας τυποποίησης ήταν ένας συμβιβασμός για 48bytes φορτίο και 5bytes επικεφαλίδα που ουσιαστικά δεν ευχαριστούσε κανέναν
- ▶ Τονίζεται ότι τα 48bytes δεν είναι δύναμη του 2 (ασυμβατότητα με τα περισσότερα πράγματα που χειρίζονται οι υπολογιστές)



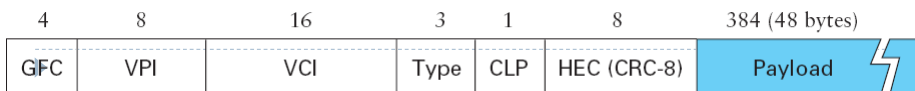
Μέγεθος Κυψελών

- ▶ **Generic flow control – GFC (4 bits):** Παρέχει ένα μέσο διαιτησίας για πρόσβαση στη ζεύξη (σε περίπτωση μοιραζόμενου μέσου)
- ▶ **Virtual path identifier – VPI (8-bits)**
- ▶ **Virtual circuit identifier – VCI (16-bits)** } 24-bit identifier that is used to identify a virtual connection
- ▶ **Type field (3-bits):** Παίρνει 8 πιθανές τιμές.
 - ▶ Οι 4 από αυτές όταν το πρώτο bit είναι 1, σχετίζονται με λειτουργίες διαχείρισης.
 - ▶ Όταν το πρώτο bit είναι 0, σημαίνει ότι το cell περιέχει δεδομένα χρήστη.
 - ▶ Στην περίπτωση δεδομένων, το 2ο bit είναι το “explicit forward congestion indication” (EFCI) bit, και το τρίτο το “user signalling” bit. (έλεγχος συμφόρησης και οριοθέτηση των πλαισίων)



Μέγεθος Κυψελών

- ▶ **Cell loss priority (CLP):** Ένας χρήστης ή ένα στοιχείο του δικτύου μπορεί να θέσει την τιμή 1 στο bit αυτό για να υποδείξει κυψέλες που μπορούν να παραληφθούν κατά προτίμηση σε περιπτώσεις υπερφόρτωσης
- ▶ Το τελευταίο byte της επικεφαλίδας είναι ένα 8-bit CRC, γνωστό ως έλεγχος σφαλμάτων επικεφαλίδας (header error check – HEC)
 - ▶ Παρέχει ανίχνευση σφαλμάτων και διόρθωση λαθών ενός bit μόνο όμως για την επικεφαλίδα
 - ▶ Η προστασία της επικεφαλίδας της κυψέλης είναι σημαντική καθώς ένα σφάλμα στο VCI μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένη διανομή (delivery)
- ▶ Η κυψέλη του ATM έχει στην πραγματικότητα δύο διαφορετικές μορφές ανάλογα με τη θέση του στο δίκτυο
 - ▶ Διεπαφή χρήστη – δικτύου (User-network interface – UNI): Για παράδειγμα η διεπαφή μιας εταιρείας με τους πελάτες της
 - ▶ Διεπαφή δικτύου – δικτύου (Network-network interface – NNI): Για παράδειγμα η διεπαφή μεταξύ δύο εταιρειών τηλεφωνίας
- ▶ **Διαφορά:** Η μορφή NNI αντικαθιστά το πεδίο GFC με 4 επιπλέον bits του VPI





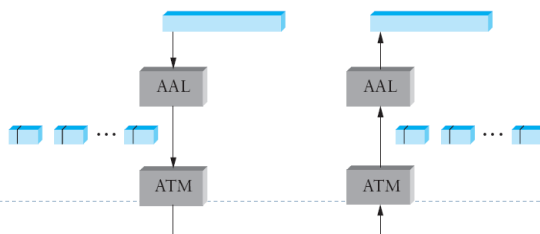
Κατακερματισμός και Επανασυναρμολόγηση

- ▶ Ένα πρωτόκολλο χαμηλότερου επιπέδου δέχεται πακέτα από πρωτόκολλα υψηλότερου επιπέδου τα οποία τοποθετούν την επικεφαλίδα τους πριν τα προωθήσουν κάτω
- ▶ Πρόβλημα: Αυτό δεν είναι δυνατό στο ATM: Τα πακέτα υψηλότερων επιπέδων είναι συχνά μεγαλύτερα από 48 bytes (ATM payload)
- ▶ Λύση: Κατακερματισμός της πληροφορίας υψηλότερων επιπέδων σε πακέτα χαμηλότερου επιπέδου στην πηγή και επανασυναρμολόγηση αυτών στον προορισμό
- ▶ Στην περίπτωση του ATM, η τεχνική αυτή καλείται κατακερματισμός και επανασυναρμολόγηση (segmentation and reassembly – SAR)



Κατακερματισμός και Επανασυναρμολόγηση

- ▶ Για το σκοπό του κατακερματισμού και της επανασυναρμολόγησης ένα επίπεδο πρωτοκόλλου προστέθηκε μεταξύ του ATM και των πρωτοκόλλων μεταβλητού μήκους πακέτων (όπως το IP)
- ▶ Το ενδιάμεσο επίπεδο καλείται επίπεδο προσαρμογής του ATM (ATM Adaptation Layer – AAL)
- ▶ Σε μια πρώτη προσέγγιση, η επικεφαλίδα του AAL περιέχει απλά την πληροφορία που απαιτείται από τον προορισμό με σκοπό την επανασυναρμολόγηση των μεμονωμένων cells πίσω στην αρχική πληροφορία





Κατακερματισμός και Επανασυναρμολόγηση

- ▶ Το ATM σχεδιάστηκε για να υποστηρίζει όλα τα είδη υπηρεσιών συμπεριλαμβανομένων αυτών της φωνής, video και δεδομένων → Διαφορετικές υπηρεσίες θα έχουν διαφορετικές ανάγκες ως προς το AAL
- ▶ Τέσσερα επίπεδα προσαρμογής ορίστηκαν αρχικά:
 - ▶ 1 & 2 σχεδιάστηκαν για να υποστηρίζουν υπηρεσίες εφαρμογών, όπως η φωνή, που απαιτούν εγγυημένο ρυθμό μετάδοσης
 - ▶ 3 & 4 στόχευαν στην παροχή υποστήριξης για τη μετάδοση πακέτων δεδομένων πάνω από ATM.
- ▶ Η ιδέα ήταν ότι το AAL3 θα χρησιμοποιούταν από υπηρεσίες πακέτων προσανατολισμένες στη σύνδεση (όπως το X.25) ενώ το AAL4 για ασυνδεσμικές υπηρεσίες (όπως το IP).
- ▶ Σήμερα τα AALs αυτά έχουν συγχωνευτεί σε ένα γνωστό ως AAL3/4
- ▶ Παρατηρούμενα μειονεκτήματα στο AAL3/4 προκάλεσαν τη πρόταση ενός πέμπτου AAL που καλείται AAL5.
- ▶ Έτσι, τώρα υπάρχουν τέσσερα AALs: 1, 2, 3/4 και 5.



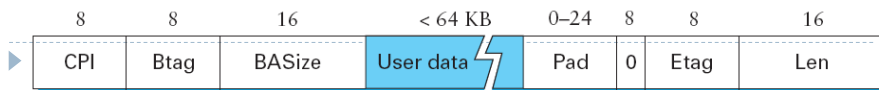
Επίπεδο Προσαρμογής 3/4

- ▶ Στόχος: Παροχή αρκετής πληροφορίας ώστε να επιτρέπεται η μετάδοση πακέτων μεταβλητού μήκους μέσα από το δίκτυο ATM σαν μια σειρά από κυψέλες σταθερού μήκους.
 - ▶ Υποστηρίζει τη διαδικασία του κατακερματισμού και της επανασυναρμολόγησης
- ▶ Καθώς ένα καινούριο επίπεδο προστέθηκε στην ιεραρχία του δικτύου θα πρέπει να εισαχθεί και ένα καινούριο όνομα για τα πακέτα → Μονάδα Δεδομένων Πρωτοκόλλου (Protocol Data Unit – PDU).
- ▶ Ο κατακερματισμός και η επανασυναρμολόγηση εμπλέκουν δυο διαφορετικές μορφές πακέτων.
- ▶ Μονάδα Δεδομένων Πρωτοκόλλου Υποεπιπέδου Σύγκλισης (Convergence sublayer protocol data unit CS-PDU): Ορίζει έναν τρόπο ενθυλάκωσης των μεταβλητού μήκους PDUs πριν από τον κατακερματισμό τους σε cells.
- ▶ Το PDU που περνάει κάτω στο επίπεδο AAL ενθυλακώνεται προσθέτοντας μια επικεφαλίδα και μια ουρά και το προκύπτων CS-PDU κατακερματίζεται σε ATM cells.



Επίπεδο Προσαρμογής 3/4

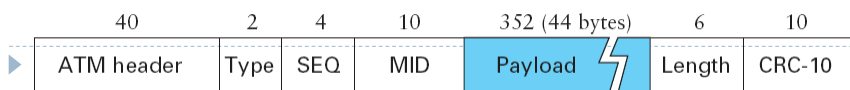
- ▶ **Common Part Indicator – CPI (8 bits):** Δηλώνει ποια έκδοση του CS-PDU είναι σε χρήση. Μόνο η τιμή 0 έχει οριστεί προς το παρόν
- ▶ **Beginning Tag – Btag (8 bits):** Υποτίθεται ότι πρέπει να ταιριάζει με την end tag (Etag) για δεδομένη PDU (έχει να κάνει με τη φθορά των κυψελών)
- ▶ **Buffer Allocation size – BAsize:** Πόσος χώρος πρέπει να εκχωρηθεί στη μνήμη για την επανασυναρμολόγηση
 - ▶ Δεν ισούται απαραίτητα με το μήκος της PDU \leftrightarrow Ο αποστολέας μπορεί να μην γνωρίζει το μήκος του the CS-PDU όταν μετέδιδε την επικεφαλίδα
- ▶ Πριν προστεθεί η ουρά της CS-PDU, τα δεδομένα του χρήστη συμπληρώνονται κατά 1 byte λιγότερο από ένα πολλαπλάσιο των 4 bytes, προσθέτοντας μέχρι 3 bytes συμπλήρωμα (padding)
- ▶ Το padding αυτό, συν το byte των μηδενικών, διασφαλίζει ότι η ουρά είναι ευθυγραμμισμένη σε ένα όριο των 32-bits οδηγώντας σε πιο αποδοτική επεξεργασία
- ▶ Η ουρά του CS-PDU περιέχει την Etag και το πραγματικό μήκος της PDU (Len).



Επίπεδο Προσαρμογής 3/4

- ▶ Το AAL3/4 καθορίζει επίσης μια επικεφαλίδα και μια ουρά η οποία μεταφέρεται σε κάθε cell
- ▶ Επομένως το CS-PDU κατακερματίζεται στην πραγματικότητα σε κομμάτια των 44-bytes
- ▶ Μια AAL3/4 επικεφαλίδα και μι ουρά επισυνάπτεται σε κάθε κομμάτι, φτάνοντας το στα 48 bytes, το οποίο μεταφέρεται στη συνέχεια σαν το payload ενός ATM cell

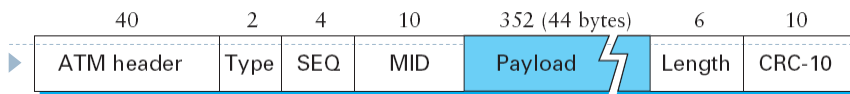
Value	Name	Meaning
10	BOM	Beginning of message
00	COM	Continuation of message
01	EOM	End of message
11	SSM	Single-segment message





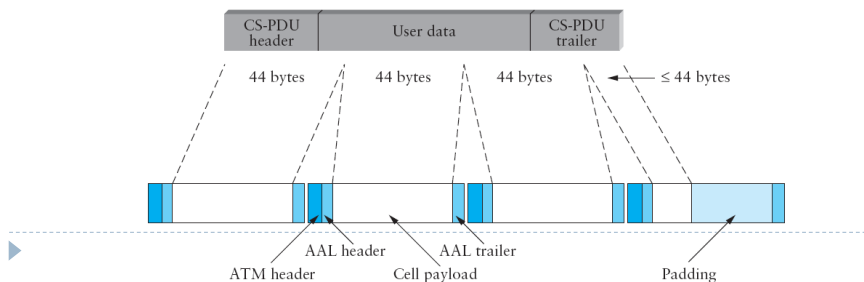
Επίπεδο Προσαρμογής 3/4

- ▶ Πεδίο Type (Τα πρώτα 2 bits της επικεφαλίδας του AAL3/4): Υποδεικνύει τη θέση του cell μέσα στο CS-PDU, ή εάν είναι ένα PDU με ένα cell
- ▶ Sequence number – SEQ (4 bits), σκοπεύει στην ανίχνευση απώλειας κυψέλης ή αλλαγής σειράς για να μην ανασταλεί η επανασυναρμολόγηση
- ▶ Multiplexing identifier (MID), χρησιμοποιείται για την πολυπλεξία μερικων PDUs σε μια σύνδεση
- ▶ Πεδίο Length (6-bits): Δείχνει τον αριθμό των bytes του PDU που περιέχονται στο cell; Πρέπει να ισούται με 44 για BOM και COM cells.
- ▶ CRC (10-bits): Χρησιμοποιείται για την ανίχνευση σφαλμάτων οπουδήποτε στο φορτίο των 48-bytes της κυψέλης



Επίπεδο Προσαρμογής 3/4

- ▶ Τα δεδομένα του χρήστη ενθυλακώνονται με την CS-PDU επικεφαλίδα και ουρά
- ▶ Το CS-PDU κατακερματίζεται στη συνέχεια σε ATM cells προσθέτοντας την AAL3/4 επικεφαλίδα και ουρά καθώς επίσης και την ATM επικεφαλίδα των 5-bytes
- ▶ Τονίζεται ότι το τελευταίο cell είναι μερικώς συμπληρωμένο όταν το CS-PDU δεν είναι πολλαπλάσιο των 44 bytes.
- ▶ Το AAL3/4 επιβαρύνει το σταθερό overhead ανά κυψέλη → Χρήση του Εύρους Ζώνης < 83%





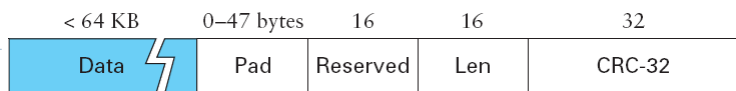
Επίπεδο Προσαρμογής 5

- ▶ Απλοποιεί τη μορφή του AAL 3/4 καθώς δεν περιέχει τόσα πολλά πεδία και επομένως δεν χρειάζεται τόσο overhead για να εκτελέσει την απλή λειτουργία του κατακερματισμού και της επανασυναρμολόγησης
- ▶ “Back the Bit” movement: Ο κατακερματισμός και η επανασυναρμολόγηση μπορούν να επιτευχθούν χρησιμοποιώντας 1 bit στην επικεφαλίδα του ATM
- ▶ Αντικαθιστά το πεδίο Type (2 bits) του AAL3/4 με 1 bit πληροφορίας πλαισίωσης στην επικεφαλίδα του ATM
 - ▶ Θέτοντας το bit αυτό ίσο με 1, μπορούμε να ταυτοποιήσουμε το τελευταίο cell ενός PDU;
- ▶ Όλα τα κομμάτια του AAL3/4 που παρέχουν προστασία ενάντια στις απώλειες, καταστροφές ή αλλαγές σειράς συμπεριλαμβανομένης και της απώλειας ενός EOM cell, παρέχονται από την AAL5 CS-PDU μορφή του πακέτου



Επίπεδο Προσαρμογής 5

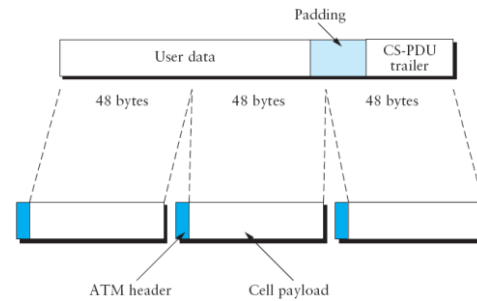
- ▶ Αποτελείται απλώς από το τμήμα των δεδομένων (ισοδυναμεί με το PDU που προέρχεται από το πρωτόκολλο ανώτερου επιπέδου) και από μια ουρά των 8-bytes
- ▶ Μέχρι 47 bytes συμπληρώματος μεταξύ των δεδομένων και της ουράς εξασφαλίζουν ότι η ουρά τοποθετείται πάντα στο άκρο του ATM cell
- ▶ Η ουρά θα πρέπει να είναι στο τέλος του cell για να καθίσταται δυνατή η διαδικασία της επανασυναρμολόγησης
- ▶ Τα πρώτα 2 bytes της ουράς δεσμεύονται προς το παρόν και πρέπει να είναι 0.
- ▶ Το πεδίο length (Len) είναι ο αριθμός των bytes που μεταφέρονται στο PDU, χωρίς να συμπεριλαμβάνεται η ουρά ή οποιοδήποτε συμπλήρωμα πριν την ουρά
- ▶ Τέλος, υπάρχει και ένα 32-bit CRC.





Επίπεδο Προσαρμογής 5

- ▶ Τα δεδομένα του χρήστη ενθυλακώνονται για τη δημιουργία ενός CS-PDU (χρησιμοποιώντας σε αυτή την περίπτωση μόνο μια ουρά)
- ▶ Το PDU που προκύπτει κόβεται σε κομμάτια των 48-bytes τα οποία διοχετεύονται κατευθείαν στο payload των ATM cells
- ▶ Το AAL5 παρέχει σχεδόν την ίδια λειτουργικότητα με το AAL3/4 χωρίς όμως να χρησιμοποιεί τα επιπλέον 4 bytes για κάθε cell.
- ▶ Για παράδειγμα, το CRC-32 ανιχνεύει απώλεια ή αλλαγή σειράς των cells καθώς επίσης και εσφαλμένα bits στα δεδομένα
- ▶ Ένα άθροισμα ελέγχου (checksum) σε ολόκληρο το PDU παρέχει ισχυρότερη προστασία (απώλεια 16 συνεχόμενων cells και μακρύτερες ριπές λαθών σε σχέση με το 10-bit CRC).



Επίπεδο Προσαρμογής 5

- ▶ Δεν παρέχει επιπλέον επίπεδο πολυπλεξίας σε ένα εικονικό κύκλωμα
- ▶ Είναι πρόβλημα αυτό???

 - ▶ Είναι πιθανό να πολυπλεχθεί η κίνηση από πολλές εφαρμογές και πρωτόκολλα υψηλότερων επιπέδων σε ένα μόνο VC χρησιμοποιώντας το AAL5 μεταφέροντας ένα κλειδί αποπολυπλεξίας
 - ▶ Γίνεται όμως απαραίτητο, να εκτελέσουμε την πολυπλεξία παρά σε μια βάση cell-by-cell

- ▶ Η πολυπλεξία κίνησης από πολλές διαφορετικές εφαρμογές σε ένα VC δεν μπορεί να εγγυηθεί QoS

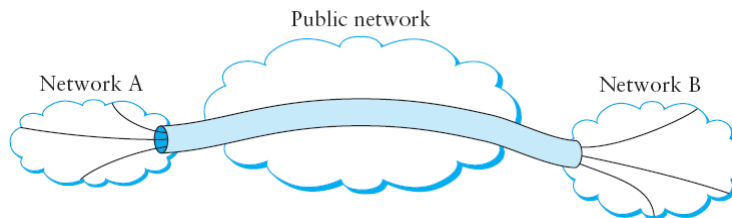
 - ▶ Όλες οι εφαρμογές θα πρέπει να λειτουργήσουν με την ποιότητα υπηρεσιών που έχει συμφωνηθεί για τη συγκεκριμένη σύνδεση (π.χ., εγγυήσεις για καθυστέρηση και BW)

- ▶ Η πιο αποδοτική χρήση του BW και ο απλός σχεδιασμός του είναι τα κύρια χαρακτηριστικά που το κάνουν πιο ελκυστικό σε σχέση με το AAL3/4.



Εικονικά Μονοπάτια

- ▶ Το ATM χρησιμοποιεί έναν προσδιοριστή των 24-bits για τα εικονικά κυκλώματα ο οποίος μπορεί να χωριστεί σε δύο τμήματα:
 - ▶ Σε έναν προσδιοριστή εικονικού μονοπατιού των 8-bits (virtual path identifier – VPI) και σε έναν προσδιοριστή εικονικού κυκλώματος των 16-bits (virtual circuit identifier – VCI).
- ▶ Αυτό δημιουργεί στις εικονικές συνδέσεις μια ιεραρχία δύο επιπέδων
- ▶ Οι μεταγωγείς στο δημόσιο δίκτυο διατηρούν μόνο την κατάσταση των VPs, τα οποία είναι πολύ λιγότερα από τα VCs
- ▶ Επομένως βελτιώνεται η επεκτασιμότητα του συστήματος



Φυσικά Επίπεδα του ATM

- ▶ Σε τι είδους ζεύξεις από σημείο σε σημείο «τρέχει» το ATM????
- ▶ Ένας ATM προσαρμογέας (adaptor) για ένα ATM switch συνοδεύεται από μερικά φυσικά μέσα πάνω στα οποία μπορούν να αποσταλούν τα cells
- ▶ Το ATM μπορεί να λειτουργήσει πάνω από πολλά διαφορετικά φυσικά μέσα και πρωτόκολλα φυσικού επιπέδου
- ▶ Αρχικά, θεωρήθηκε ότι το ATM θα έτρεχε πάνω από το φυσικό επίπεδο SONET
- ▶ Το ATM και το SONET συχνά μπερδεύονταν γιατί χρησιμοποιούνταν μαζί για πολύ καιρό
- ▶ Τα ATM cells μπορούν να αποσταλούν πάνω από πολλά φυσικά επίπεδα εκτός του SONET, και μάλιστα πρότυπα έχουν καθοριστεί για την εκάστοτε ενθυλάκωση
- ▶ Ασύρματα φυσικά επίπεδα για το ATM έχουν επίσης καθοριστεί



Φυσικά Επίπεδα του ATM

- ▶ Πως μπορεί κάποιος να βρει τα όρια των ATM cells όταν αυτά αποστέλλονται σε ένα φυσικό μέσο → πρόβλημα πλαισίωσης
- ▶ Υπάρχουν δυο εύκολοι τρόποι για να βρει κανείς τα όρια
 - ▶ Ο πρώτος χρησιμοποιεί κάποια χαρακτηριστικά του SONET
 - ▶ Ο άλλος τρόπος εκμεταλλεύεται το γεγονός ότι κάθε κυψέλη έχει ένα CRC στο πέμπτο byte του
 - ▶ Αν εκτελεστεί ένας υπολογισμός CRC στα τελευταία 5 bytes που ελήφθησαν και το αποτέλεσμα δεν δείχνει λάθη τότε είναι πιθανό να έχουμε διαβάσει μια ATM επικεφαλίδα
 - ▶ Αν αυτό συμβεί αρκετές φορές στη σειρά σε διαστήματα των 53-bytes, μπορεί να είμαστε αρκετά σίγουροι ότι βρήκαμε τα όρια του cell



Το ATM στο LAN

- ▶ Εκτός από την τηλεφωνία, το ATM αγκαλιάστηκε επίσης και τη βιομηχανία των επικοινωνιών δεδομένων και υπολογιστών σαν μια τεχνολογία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα LANs—σαν μια αντικατάσταση δηλαδή του Ethernet και του 802.5.
- ▶ Η δημοτικότητα του μπορεί να αποδοθεί σε δύο κύριους παράγοντες:
 - ▶ Το ATM είναι μια τεχνολογία μεταγωγής (αντίθετα με το Ethernet και το 802.5)
 - ▶ Το ATM σχεδιάστηκε για ζεύξεις με ταχύτητες των 155 Mbps και πάνω, σε σύγκριση με τα 10 Mbps του Ethernet και τα 4 ή τα 16 Mbps των δακτυλίων με κουλόνι.
- ▶ Η επιδόσεις ενός δικτύου μεταγωγής επεκτείνονται καλύτερα
- ▶ Διαμοιραζόμενα μέσα και δίκτυα μεταγωγής δεν μπορούν να διαχωριστούν με ακρίβεια
- ▶ Μια γέφυρα (bridge) που συνδέει δίκτυα διαμοιραζόμενων μέσων είναι επίσης και μεταγωγός
 - ▶ Είναι πιθανό να συνδέσουμε ένα μόνο χρήστη σε κάθε τμήμα, παρέχοντας του αφιερωμένη πρόσβαση στο BV
- ▶ Την ίδια στιγμή μεταγωγοί Ethernet υψηλών επιδόσεων έγιναν διαθέσιμοι
 - ▶ Η ταχύτητα ζεύξης του Ethernet άρχισε να προσεγγίζει αυτή του ATM.

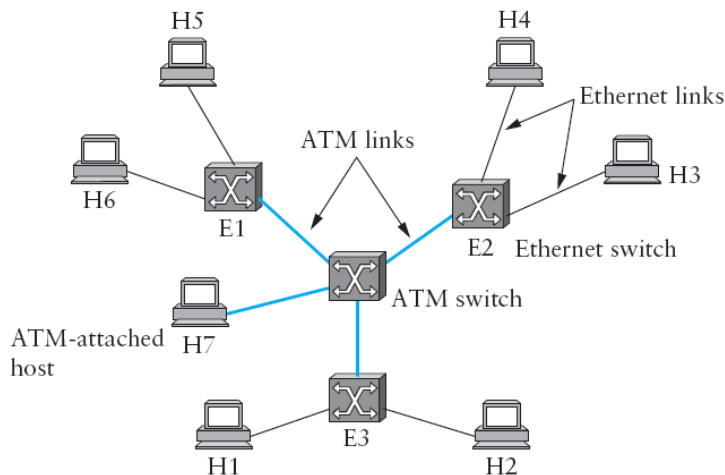


Το ATM στο LAN

- ▶ Αυτά όμως δεν ήταν αρκετά για να βγάλουν το ATM από το LAN.
- ▶ Δεν υπάρχει περιορισμός απόστασης για τις ATM ζεύξεις
- ▶ Ταχύτερες ATM ζεύξεις (622 Mbps) έγιναν σύντομα διαθέσιμες
 - ▶ Το ATM ήταν δημοφιλές για τον κορμό υψηλών επιδόσεων μεγαλύτερων LANs.
 - ▶ Σύνδεση των hosts στους μεταγωγείς Ethernet, οι οποίοι με τη σειρά τους θα μπορούσαν να συνδεθούν με ATM μεταγωγείς
 - ▶ Εξυπηρετητές υψηλών επιδόσεων μπορούν να συνδεθούν κατευθείαν σε έναν ATM μεταγωγό
- ▶ Η τεχνολογία που «πέταξε» το ATM έξω από τα LAN κορμού και τις συνδέσεις των εξυπηρετητών είναι το Gig. Ethernet
- ▶ Οι GE ζεύξεις χρησιμοποιούν την ίδια πλαισίωση με τα χαμηλότερης ταχύτητας Ethernets αλλά συνήθως είναι ζεύξεις οπτικής ίνας από σημείο σε σημείο (μερικά Km).
- ▶ Η προσέγγιση αυτή επεκτείνεται για να παράσχει ζεύξεις των 10-Gbps



Το ATM στο LAN





Το ATM στο LAN

- ▶ Πρόβλημα: Το ATM δεν μοιάζει με ένα παραδοσιακό LAN
- ▶ Δεν είναι εύκολο να υλοποιήσουμε ευρυεκπομπή (broadcast) και πολυεκπομπή (multicast)
- ▶ Ωστόσο πολλά από τα πρωτόκολλα στα LANs εξαρτώνται από τη δυνατότητα τους να υποστηρίζουν multicast και broadcast
- ▶ Υπάρχουν δύο δυνατές λύσεις στο πρόβλημα αυτό:
 - ▶ Μια λύση είναι ο επανασχεδιασμός των πρωτοκόλλων που υποθέτουν πράγματα για τα LANs τα οποία δεν ισχύουν για το ATM
 - ▶ Εναλλακτικά θα μπορούσαμε να κάνουμε το ATM να συμπεριφέρεται περισσότερο σαν ένα LAN διαμοιραζόμενου μέσου, με την έννοια της υποστήριξης των multicast και broadcast, χωρίς όμως να χάνει το πλεονέκτημα των επιδόσεων ενός δικτύου μεταγωγής.
- ▶ Η 2η προσέγγιση καθορίστηκε από το ATM Forum ως “LAN emulation” or LANE
- ▶ Σκοπός λοιπόν είναι η προσθήκη λειτουργικότητας στα ATM LANs έτσι ώστε οτιδήποτε τρέχει πάνω από ένα LAN διαμοιραζόμενου μέσου να λειτουργεί και πάνω από ένα ATM LAN.



Το ATM στο LAN

- ▶ Όλες οι διατάξεις του ATM πρέπει να έχουν μια διεύθυνση ATM, η οποία χρησιμοποιείται από τη σηματοδότηση κατά την εγκατάσταση ενός VC
- ▶ Αν θέλουμε να εξομοιώσουμε τη συμπεριφορά τέτοιων τύπων LANs, κάθε διάταξη χρειάζεται να έχει μια τυποποιημένη (48-bit, παγκοσμίως μοναδική) διεύθυνση MAC
- ▶ Η εξομοίωση LAN στην πραγματικότητα δεν αλλάζει τη λειτουργικότητα των ATM μεταγωγών
- ▶ Προσθέτει λειτουργικότητα στο δίκτυο μέσω της προσθήκης ενός αριθμού εξυπηρετητών
- ▶ Οι διατάξεις που συνδέονται στο δίκτυο ATM, χρήστες, γέφυρες, δρομολογητές, αναφέρονται ως «LAN emulation clients (LECs)».
- ▶ Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των LECs και των εξυπηρετητών οδηγεί σε συμπεριφορά δικτύου η οποία από την οπτική γωνία ενός πρωτοκόλλου υψηλότερου επιπέδου είναι δυσδιάκριτη από αυτή ενός δικτύου Ethernet ή δακτυλίου με κουπόνι



Το ATM στο LAN

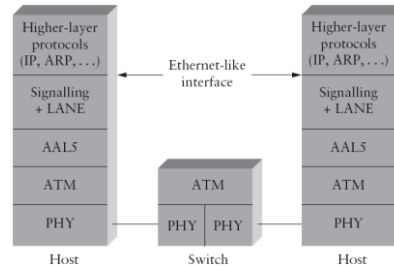
- ▶ “Ethernet-like interface”: Οι υπηρεσίες που προσφέρονται στα υψηλότερα επίπεδα είναι όμοιες με αυτές ενός Ethernet:

- ▶ Τα πλαίσια μπορούν να διανεμηθούν σε οποιαδήποτε διεύθυνση MAC στο LAN
- ▶ Τα πλαίσια μπορούν να ευρεσκεμφθούν σε όλους τους προορισμούς στο LAN, κ.λ.π

- ▶ Οι Servers που απαιτούνται για το χτίσιμο ενός εξομοιωμένου LAN είναι:

- ▶ LAN emulation configuration server (LECS)
- ▶ LAN emulation server (LES)
- ▶ Broadcast and unknown server (BUS)

- ▶ Μπορούν να είναι φυσικά τοποθετημένοι σε μια ή περισσότερες διατάξεις



Κυρίως επιτελούν λειτουργίες διαμόρφωσης (configuration functions)

Έχουν ρόλο να κάνουν τη μεταφορά δεδομένων σε ένα δίκτυο ATM να μοιάζει με αυτή ενός δικτύου LAN διαμοιραζόμενου μέσου



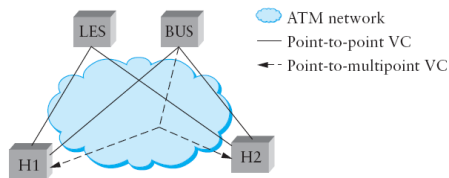
Το ATM στο LAN

- ▶ Ο LECS επιτρέπει σε έναν χρήστη εξομοίωσης που μόλις μπήκε ή έκανε επανεκκίνηση να λάβει σημαντικές πληροφορίες
- ▶ Αρχικά ο πελάτης θα πρέπει να βρει τον LECS, κάτι που μπορεί να γίνει με χρήση ενός γνωστού προκαθορισμένου VC
- ▶ Εναλλακτικά, ο πελάτης πρέπει να έχει εκ των προτέρων γνώση της διεύθυνσης ATM του LECS έτσι ώστε να εγκαταστήσει ένα VC σε αυτόν
- ▶ Μόλις συνδεθεί, ο πελάτης παρέχει στο LECS την ATM διεύθυνσή του, και ο LECS απαντάει στον πελάτη:
 - ▶ Τον τύπο του LAN που εξομοιώνεται (Ethernet ή token ring),
 - ▶ Το μέγιστο μέγεθος του πακέτου και την ATM διεύθυνση του LES.
- ▶ Ένας LECS μπορεί να υποστηρίζει πολλά ξεχωριστά εξομοιωμένα LANs.
- ▶ Ο πελάτης αιτείται για μια σύνδεση στον LES την ATM διεύθυνση του οποίου μόλις έμαθε
- ▶ Μόλις συνδεθεί στον LES, ο πελάτης καταχωρεί τις MAC και ATM διευθύνσεις στον LES
- ▶ Ο LES παρέχει στον πελάτη την ATM διεύθυνση του BUS.



Το ATM στο LAN

- ▶ Ο BUS διατηρεί ένα από σημείο προς πολλαπλά σημεία VC που τον συνδέει με όλους τους εγγεγραμμένους πελάτες
- ▶ Ο BUS και το VC πολλαπλών σημείων είναι σημαντικό για την εξομοίωση του LAN
- ▶ Επιτρέπουν την εξομοίωση της ευρυεκπομπής των παραδοσιακών LANs σε ένα περιβάλλον εικονικού κυκλώματος
- ▶ Μόλις ο LEC αποκτήσει την ATM διεύθυνση του BUS, ζητάει να συνδεθεί με τον BUS.
- ▶ Ο BUS προσθέτει τον LEC στο από σημείο προς πολλαπλά σημεία VC.
- ▶ Τώρα όλα είναι έτοιμα για τη συμμετοχή του LEC στη μετάδοση δεδομένων
- ▶ Υπάρχει αρκετή δουλειά ώστε ο LEC να συνδεθεί στον BUS, ο διαχωρισμός όμως των λειτουργιών μεταξύ των servers βοηθάει πολύ την διαχείριση του δικτύου



Το ATM στο LAN

- ▶ Ο BUS είναι η θέση για την αποστολή ενός πακέτου που χρειάζεται να ευρυεκπεμφθεί σε όλους τους πελάτες στο LAN
- ▶ Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την διανομή πακέτων πολυεκπομπής – unicast (μη αποδοτικό)
- ▶ Σε ένα εξομοιωμένο LAN, ένα unicast πακέτο πρέπει να διανεμηθεί στον παραλήπτη πάνω από ένα εικονικό κύκλωμα.
- ▶ Τι συμβαίνει στην περίπτωση ενός νεοεισερχόμενου host
 - ▶ Θα έχει μόνο ένα VC στον LES και στον BUS, και όχι στον παραλήπτη
 - ▶ Ούτε καν θα γνωρίζει τη ATM διεύθυνση του παραλήπτη η οποία απαιτείται για την εγκαθίδρυση του VC.
- ▶ Λύση: Ο host εκτελεί τα ακόλουθα βήματα:
 - ▶ Στέλνει το πακέτο στον BUS, ο οποίος ξέρει πώς να στείλει το πακέτο χρησιμοποιώντας το από σημείο σε πολλαπλά σημεία VC.
 - ▶ Στέλνει ένα αίτηση “address resolution” στον LES, της μορφής “Ποια ATM αντιστοιχεί σε αυτή τη MAC διεύθυνση?”

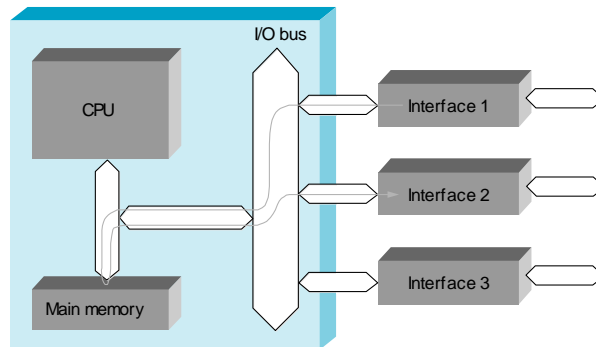


Το ATM στο LAN

- ▶ Όλοι οι πελάτες θα πρέπει να καταχωρήσουν τις MAC και ATM διευθύνσεις τους στον LES
- ▶ Ο LES θα πρέπει να είναι ικανός να απαντήσει την αίτηση και να παράσχει μια ATM διεύθυνση στον πελάτη
- ▶ Ο πελάτης μπορεί να αιτηθεί στον παραλήπτη για ένα VC με αυτόν, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προώθηση επόμενων πλαισίων στον προορισμό.
- ▶ Ο λόγος χρήσης του BUS για την αποστολή του πρώτου πακέτου είναι η μείωση της καθυστέρησης καθώς απαιτείται κάποιος χρόνος για να ληφθεί μια απάντηση από τον LES καθώς επίσης και για να εγκατασταθεί ένα VC.
- ▶ Οι διεργασίες της LAN εξομίωσης περιλαμβάνουν ένα μηχανισμό για τη μεταφορά πακέτων με τη σωστή σειρά
- ▶ Πρόβλημα: Ο client θα καταλήξει να έχει απευθείας VCs με όλους τους προορισμούς στους οποίους έχει στείλει ποτέ πακέτα Υπερβολικός αριθμός από VCs
 - ▶ Λύση: Ο client μπορεί να χρησιμοποιήσει έναν αλγόριθμο για τον τερματισμό των VCs που δεν μεταφέρουν πια κίνηση
- ▶ “cache miss”: Ένα πακέτο πρέπει να αποσταλεί σε έναν προορισμό για τον οποίο δεν υπάρχει VC → Αποστολή στον BUS

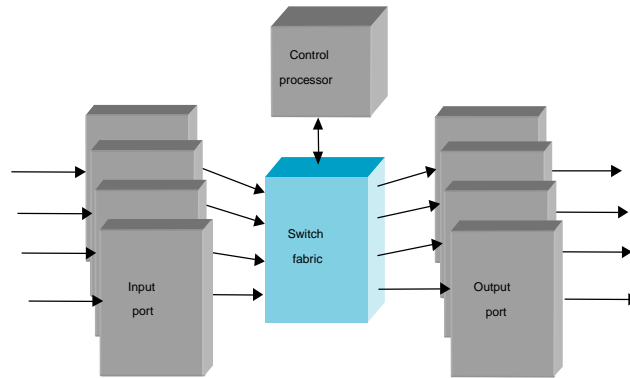


Σταθμός Εργασίας (workstation) σαν Μεταγωγός Πακέτου



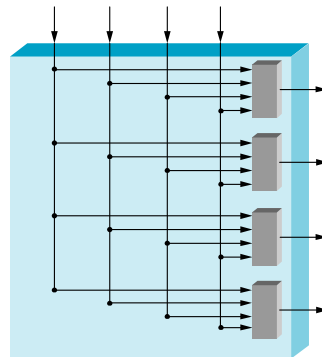


Ένας 4×4 Μεταγωγός



Δομή Μεταγωγών

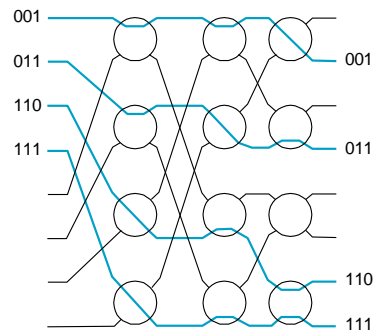
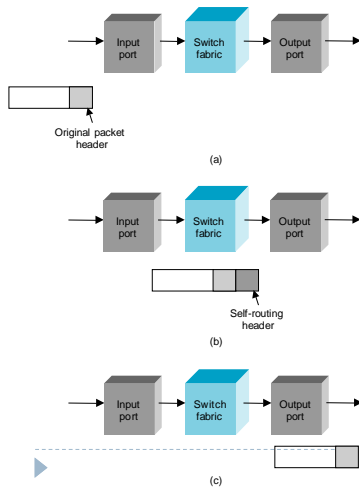
- ▶ Διαμοιραζόμενη αρτηρία
 - ▶ Περιοριστικός παράγοντας είναι το BW της αρτηρίας
- ▶ Διαμοιραζόμενη μνήμη:
 - ▶ Τα πακέτα γράφονται από μια θύρα εισόδου σε μια τοποθεσία μνήμης
 - ▶ Οι θύρες εξόδου διαβάζουν τα πακέτα από τη μνήμη
 - ▶ Περιοριστικοί παράγοντες είναι το μέγεθος και η ταχύτητα της μνήμης
- ▶ Crossbar: Ηλεκτρομηχανικός μεταγωγός
 - ▶ Κίνδυνος συγκρούσεων
- ▶ Αυτοδρομολόγησης: Η προώθηση των πακέτων βασίζεται στη πληροφορία μιας επιπλέον επικεφαλίδας





Δομή Μεταγωγών

► Self-routing fabric



Τέλος

Μοντέλα Αναφοράς του ISDN - ATM

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Βαρουτάς Δημήτρης, Σφηκόπουλος Θωμάς. «Τηλεπικοινωνιακά Ψηφιακά Δίκτυα. Ψηφιακά Δίκτυα Ολοκληρωμένων Υπηρεσιών (ISDN) και Ευφυή Δίκτυα (IN)». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/DI122/>.



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

