

Počítačové siete (1)

RNDr. Jaroslav Janáček, PhD.

Kontakty

- kancelária: M253
 - konzultácie je potrebné si vopred dohodnúť
- e-mail: janacek@dcs.fmph.uniba.sk
- WWW: <http://www.dcs.fmph.uniba.sk/siete>
 - informácie o predmete
 - informácie o udalostiach (cvičenia, testy, skúšky)
 - prezentácie z prednášok

Organizácia semestra

- prednášky
 - piatok 14:50, online cez MS Teams, 2 hodiny
- cvičenia
 - piatok 16:30, online cez MS Teams, 2 hodiny cca raz za 2 týždne
 - prvé týždne ešte nebudú
 - začiatok bude oznámený na prednáške a na webe

Hodnotenie

- priebežné hodnotenie (40%)
 - úlohy na cvičeniach, priebežný test
- skúška (60%)
 - písomný test
 - správne +1b, nesprávne -2b, nezodpovedané -1b
 - podmienka úspešnosti: aspoň 0b
 - ústna skúška
 - môže byť odpustená

Ciele prednášky

- oboznámiť študentov s
 - terminológiou
 - základnými princípmi fungovania sietí
 - najbežnejšími sieťovými technológiami
- umožniť študentom
 - čítať odbornú literatúru a porozumieť jej
 - komunikovať so špecialistami

Obsah predmetu

- Fyzická vrstva – káble, bezdrôtové prenosy.
- Linková vrstva – Ethernet.
- WiFi, PPP.
- Sieťová vrstva – IP, routing, ICMP, ARP.
- Transportná vrstva – UDP, TCP, NAT.
- Aplikačná vrstva – DNS, DHCP, Web, Mail, FTP, ...
- IPv6
- Bezpečnosť – firewall, VPN, SSL/TLS, bezpečnosť na aplikačnej vrstve (Web, Mail).

Literatúra

- Andrew S. Tanenbaum: Computer Networks, 4th Ed, Prentice-Hall, 2002
 - <http://authors.phptr.com/tanenbaumcn4/>
 - obrázky, vybrané kapitoly, ďalšie užitočné zdroje a odkazy
- William Stallings: Data and Computer Communications, 6th Ed, Prentice-Hall, 2000

Literatúra (2)

- Peterka: Co je čím ... v počítačových sítích
 - http://earchiv.cz/i_coje.php3
- Peterka: Layer 2/3/4-7 switching:
 - <http://www.earchiv.cz/b02/b0200001.php3>
- Peterka: Směrovače nebo přepínače? A na které vrstvě?
 - <http://www.earchiv.cz/b00/b0007001.php3>

Literatúra (3)

- Fred Halsall: Introduction to data communications and computer networks. Addison Wesley, 1985.
- Fred Halsall: Data Communications, Computer Networks and Open Systems. Fourth Edition, Addison Wesley, 1996
- Jean Walrand: Communication Networks
- Bill Hancock: Network concepts and architectures
- Uyles D. Black: Emerging communication technologies.
- Odborné časopisy, zborníky z konferencií, príručky, tutoriály, štandardy, normy, RFC, ...

Odporúčania k štúdiu

- aktívna účasť na prednáškach
 - robiť si poznámky (nie obkresľovať slidy)
 - snažiť sa pochopiť princípy a súvislosti
 - pýtať sa, keď nerozumiem
- aktívna účasť na cvičeniach
 - nezabúdať na prípravu
 - cvičenie nie je náhrada prednášky
- priebežne sa učiť
 - nenechávať to na poslednú chvíľu pre testom

Využitie sietí

- zdieľanie zdrojov
 - dáta, periférie, ...
- vysoká dostupnosť
 - dát, služieb
- úspora nákladov
 - centralizácia spracovania a lacní tenkí klienti
 - alebo naopak distribúcia spracovania na veľa lacnejších počítačov
- mobilita pracovníkov
- medzil'udská komunikácia
 - e-mail, sociálne siete, telefonovanie, videokonferencie, ...

Vývoj telekomunikací

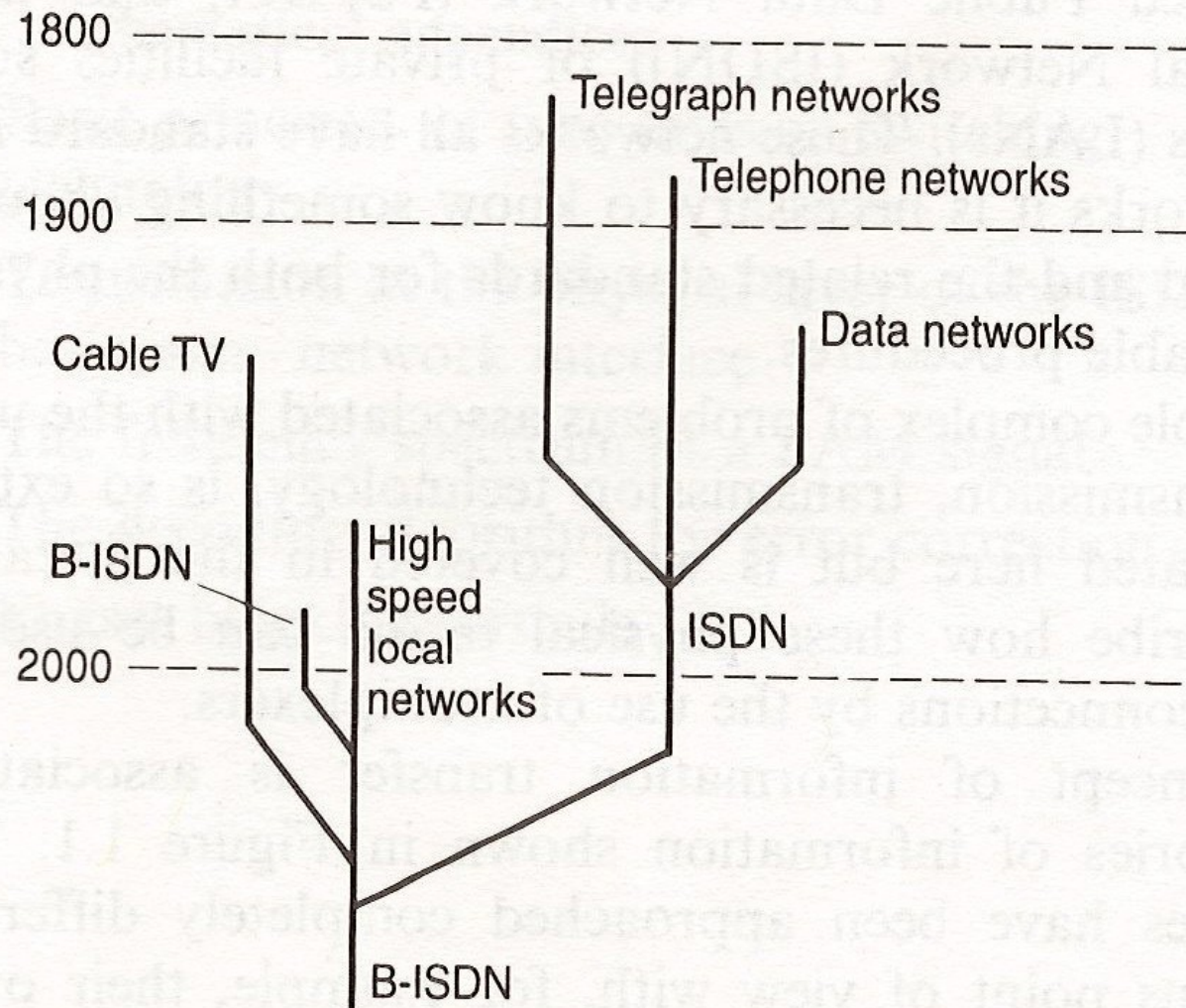


Figure 1.2 Integration of information transmission.

Konvergencia – integrácia

- v minulosti
 - rôzne technológie pre rôzne druhy komunikácie
 - telegraf
 - telefón (PSTN = Public Switched Telephone Network)
 - dátové siete (verejné – PSPDN, súkromné – LAN)
 - rozhlas
 - TV

Konvergencia – integrácia

- v súčasnosti a budúcnosti
 - rôzne služby v jednom médiu
 - ISDN
 - telefón, dáta
 - káblová TV
 - TV, telefón, dáta
 - DSL
 - dáta, telefón, TV
 - FTTH (Fiber to the Home)
 - dáta, TV, telefón

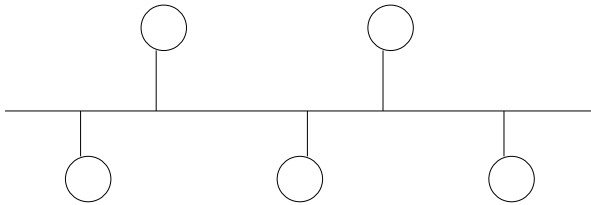
Konvergencia – integrácia

- v minulosti
 - základom často analógové linky primárne určené pre prenos hlasu
 - dátová (digitálna) komunikácia cez modem
- neskôr
 - digitálna prenosová sústava s analógovým koncovým pripojením
- v súčasnosti
 - digitálne linky aj na koncovom pripojení
 - analógová komunikácia (hlas) prenášaná v digitalizovanej podobe (napr. VoIP)

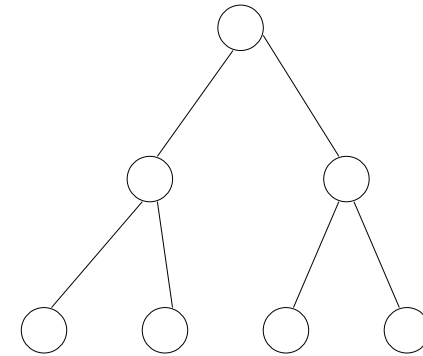
Základné pojmy

- uzol
 - napr. počítač, router (smerovač), ...
- linka
- topológia siete
 - definuje prepojenie medzi jednotlivými uzlami
- geografia siete
 - definuje presné vedenie (umiestnenie) uzlov a liniek medzi nimi

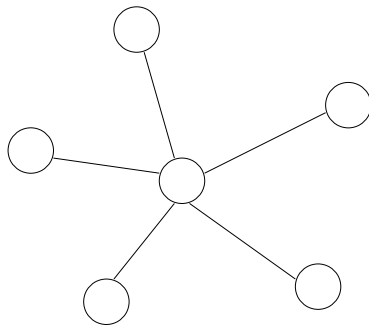
Topológia siete



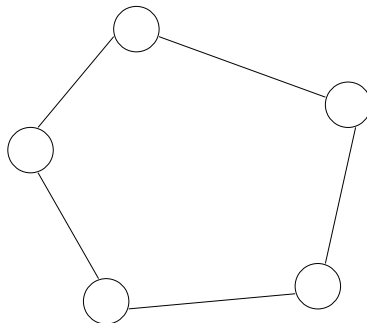
zbernica – bus



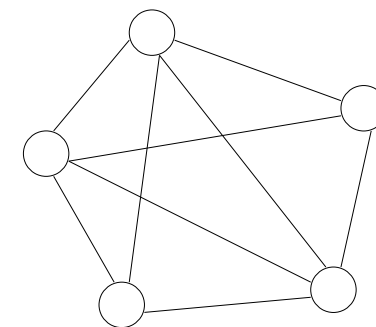
strom – tree



hviezda – star



kruh – ring



každý s každým – fully connected

Kombinovaná topológia

- rôzna topológia na rôznych úrovniach hierarchie
 - napr. plne prepojená sieť na najvyššej úrovni,
 - triangulovaná na druhej úrovni,
 - kruh (ring) na tretej úrovni,
 - hviezda (star) na najnižšej úrovni

Prenos údajov v sieťach

- prepínanie okruhov (circuit switching)
 - vytvorenie dedikovaného (vyhradeného) spojenia pre komunikáciu medzi zdrojom a cieľom
 - garancia parametrov spojenia (napr. priepustnosť, oneskorenie, ...)
 - menšia efektívnosť – spojenie je vyhradené aj v čase, keď momentálne nie je využité na prenos
 - príklad: klasický analógový telefónny systém
 - multiplexovanie – prepojenie viacerých okruhov cez jednu fyzickú linku

Prenos údajov v sieťach

- prepínanie paketov (packet switching)
 - dáta sú rozdelené na „balíčky“ (pakety) obmedzenej veľkosti, ktoré sú sieťou prenášané samostatne – nezávisle na sebe
 - zvyčajne nevie garantovať parametre ako priepustnosť či oneskorenie
 - linky sú zdieľané paketmi medzi rôznymi dvojicami odosielateľov a príjemcov
 - príklad: Ethernet, IP

Prenos údajov v sieťach

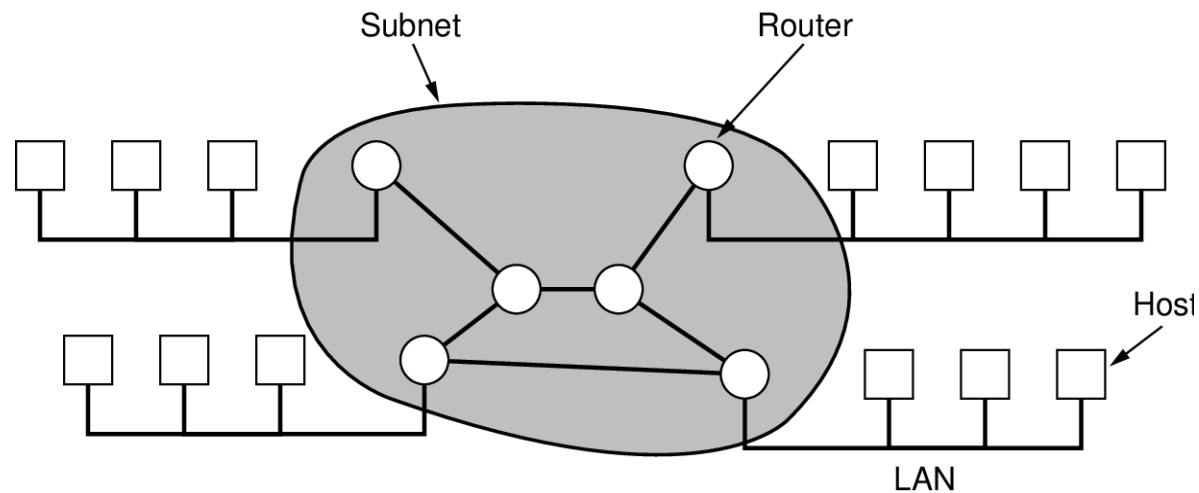
- prepínanie virtuálnych okruhov (virtual circuit switching)
 - emulácia prepínania okruhov pomocou prepínania paketov
 - nevytvárajú sa fyzické vyhradené spojenia
 - spojenia sú virtuálne
 - v závislosti od použitej siete môže poskytovať aj virtuálne okruhy s garantovanými parametrami

Rozdelenie sietí podľa veľkosti

- PAN (Personal Area Network)
 - veľmi malý dosah – miestnosť
- LAN (Local Area Network)
 - malý dosah – budova, komplex budov
- MAN (Metropolitan Area Network)
 - stredný dosah – napr. mesto
- WAN (Wide Area Network)
 - veľký dosah – napr. Zem

WAN

- komunikačná *podsieť* (*subnet*)
 - sústava liniek a *smerovačov* (*router*)
- koncové počítače (*host*)
 - často v LAN



Typy liniek v sieťach

- podľa počtu spojených uzlov
 - point-to-point (bod-bod)
 - spája 2 uzly
 - napr. PPP spojenie cez telefón / mobil
 - broadcast / shared medium (zdieľané médium)
 - k zdieľanému médiu je pripojených viac uzlov
 - všetky uzly „počujú“ vysielanie z ktoréhokoľvek
 - správy sú „adresované“ – uzly, ktorých sa netýkajú ich ignorujú
 - napr. Ethernet

Typy liniek v sieťach

- podľa možnosti obojsmerného prenosu
 - simplex
 - prenos cez linku je možný len jedným smerom
 - half duplex
 - prenos cez linku je možný obojsmerne, ale len jedným smerom naraz
 - full duplex
 - prenos cez linku je možný súčasne oboma smermi

Kľúčové problémy pri návrhu sietí

- adresácia
 - ako budú vyzerat' adresy
 - typy adres
 - unicast – konkrétnemu uzlu
 - multicast – množine uzlov
 - broadcast – všetkým uzlom v sieti (časti siete)
 - anycast – jednému uzlu z množiny

Kľúčové problémy pri návrhu sietí

- pravidlá komunikácie
 - simplex, half duplex, full duplex
 - point-to-point linky vs. zdieľané médium
 - riadenie prístupu k zdieľanému médiu
 - aby viacerí nevysielali naraz
- správa chýb
 - detekcia, oprava, potvrdzovanie prijatia
- následnosť správ
 - čo robiť, keď správy prídu v zlom poradí

Kľúčové problémy pri návrhu sietí

- problém rýchleho odosielateľa a pomalého príjemcu
 - regulácia rýchlosti odosielania
- neschopnosť akceptovať správy ľuvovoľnej dĺžky
 - rozkladanie správ na menšie a ich spätné spájanie
 - zisťovanie maximálnej veľkosti správy, ktorú je možné prenieť po trase

Kľúčové problémy pri návrhu sietí

- efektívny prenos malých správ
 - spájanie malých správ do väčšej a jej následné delenie
- multiplexovanie a demultiplexovanie
 - prenos viacerých komunikácií cez jeden kanál
- smerovanie (routing)
 - určovanie cesty v sieti

Vrstvové modely

- rozdelenie problému na *vrstvy (layers)*
- vrstva
 - má definované svoje úlohy (funkcie)
 - poskytuje definované *služby (services)* vyšej vrstve
 - prostredníctvom *rozhrania (interface)* medzi vrstvami
 - využíva služby nižšej vrstvy
 - entita na n-tej vrstve v jednom uzle (virtuálne) komunikuje s entitou na n-tej vrstve v inom uzle pomocou súboru pravidiel – *protokolu n-tej vrstvy (protocol)*

Vrstvové modely

- možnosť sústrediť sa na vhodné riešenie určitého (menšieho) problému
 - abstrahovať od konkrétností riešenia iných problémov
 - napr. predpokladám, že nižšia vrstva mi poskytne službu na prenos údajov medzi susednými uzlami a sústredím sa na riešenie problému smerovania v sieti
 - alebo predpokladám, že nižšia vrstva mi poskytne službu na spoľahlivý prenos postupnosti byte-ov medzi procesmi a sústredím sa na návrh aplikačného protokolu
- možnosť zmeniť implementáciu vrstvy
 - so zachovaním rozhrania
 - bez potreby zasahovať do implementácie vyšších vrstiev

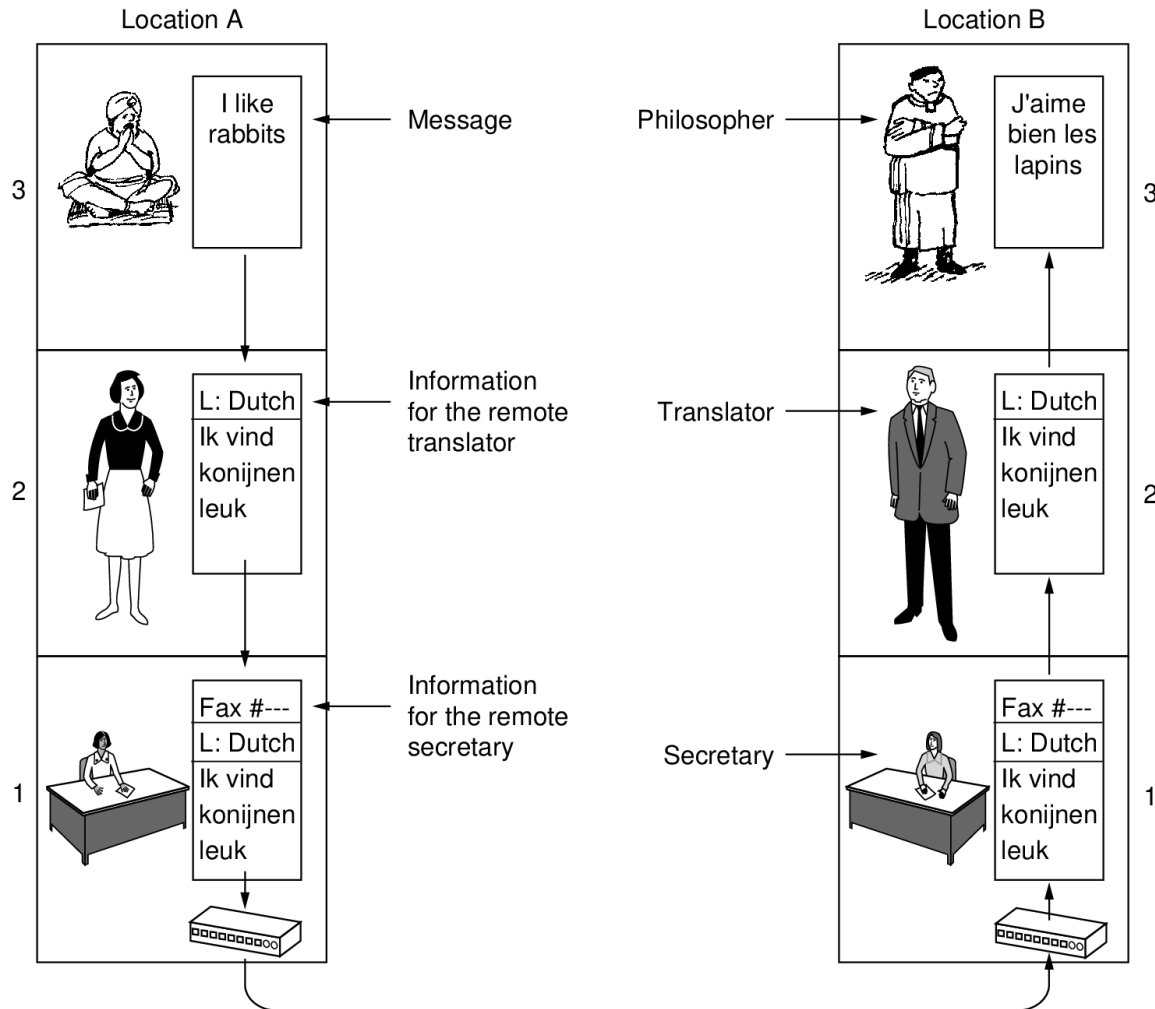
Siet'ová architektúra

- množina vrstiev (s ich funkciami) a protokolov
 - popis protokolov musí byť dostatočne presný a jasný, aby bolo možné predpokladať kompatibilitu rôznych implementácií
- neurčuje
 - spôsob implementácie
 - rozhrania medzi vrstvami
 - môžu byť v rôznych implementáciách rôzne
 - nemajú vplyv na kompatibilitu medzi zariadeniami

Zásobník protokolov

- za zabezpečenie komunikácie sa použije nejaký protokol na každej vrstve
 - *zásobník protokolov (protocol stack)* = zoznam použitých protokolov
 - jeden pre každú vrstvu

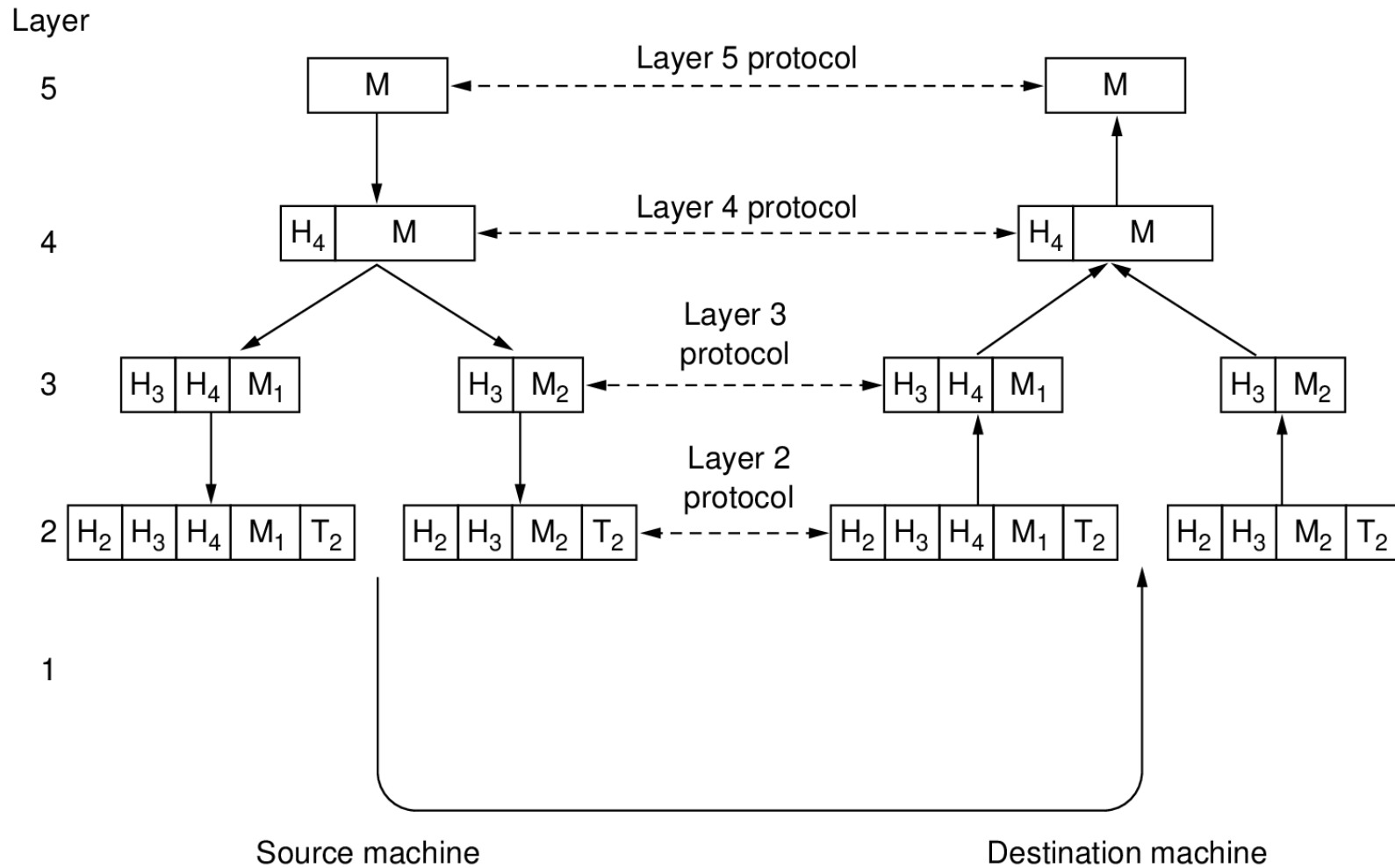
Príklad vrstevného modelu



Použitie vrstvového modelu

- entita na vyššej vrstve posunie správu a doplňujúce údaje cez rozhranie nižšej vrstve
- každá vrstva môže k správe pridať *hlavičku*
 - doplňujúce informácie určené zodpovedajúcej entite na rovnakej vrstve v inom uzle
- prijímajúca entita musí na základe údajov v hlavičke vedieť spracovať údaje a posunúť ich príslušnej entite na vyššej vrstve

Príklad vrstvomého modelu



Typy služieb

- so spojením (connection-oriented)
 - na začiatku sa vytvorí spojenie
 - spojenie následne funguje ako „rúra“
 - na konci sa spojenie zruší (zavrie)
 - príklad: telefón
- bez spojenia (connectionless)
 - prenášajú sa samostatné správy nezávisle na sebe
 - príklad: pošta

Typy služieb

- spoľahlivé (reliable)
 - garantujú bezchybné doručenie dát
 - príp. informujú odosielateľa o tom, že doručenie nie je možné
 - realizuje sa potvrdzovaním prijatia
 - môže spôsobiť zdržanie
- nespoľahlivé (unreliable)
 - negarantujú doručenie dát („best effort“)

Kombinácie typov služieb

- so spojením
 - spoľahlivý prúd byte-ov (reliable byte stream)
 - spoľahlivý prúd správ (reliable message stream)
 - zachováva hranice medzi správami
 - nespoľahlivé spojenie (unreliable connection)
- bez spojenia
 - nespoľahlivý datagram (unreliable datagram)
 - potvrdzovaný datagram (acknowledged datagram)
 - požiadavka – odpoveď (request – reply)

Najpoužívanéjšie vrstvové modely

- referenčný model OSI
 - používaný ako štandardný model pre popis sietí
 - navrhnutý bez vzťahu k akejkolvek reálnej implementácii
 - neskôr sa ukázalo, že reálnym implementáciám celkom nevyhovuje
- TCP/IP model
 - vytvorený podľa reálnej implementácie
 - je na ňom postavený Internet

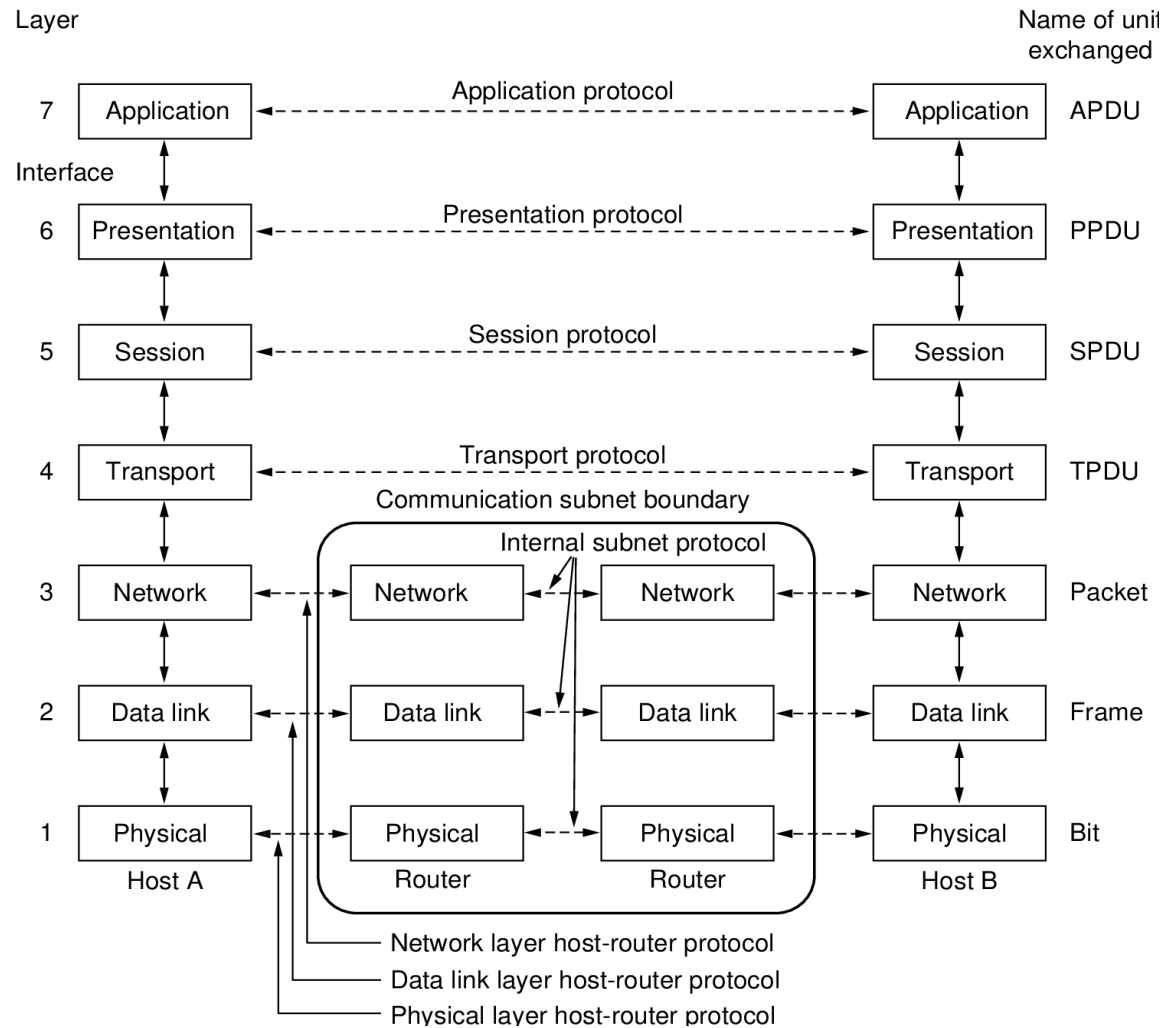
Východiská OSI modelu

- Vrstva by mala byť vytvorená tam, kde je potrebná iná úroveň abstrakcie.
- Každá vrstva by mala mať dobre definovanú úlohu.
- Funkcie vrstiev by mali byť navrhnuté tak, aby pre ich realizáciu mohli byť navrhnuté štandardizované protokoly.
- Hranice vrstiev by mali byť navrhnuté tak, aby sa minimalizoval tok údajov cez rozhrania.
- Počet vrstiev by mal byť dostatočný, aby nebolo potrebné zlučovať rôzne funkcie do jednej vrstvy, ale zároveň nie priveľký, aby celá architektúra zostala prehľadná.

Referenčný model OSI

- definuje 7 vrstiev
- nedefinuje presné služby ani protokoly
- v súčasnosti sa používa najmä ako referenčný model
 - názvy a čísla vrstiev z OSI sa často používajú aj pri iných modeloch a architektúrach

Referenčný model OSI



Fyzická vrstva (Physical Layer)

- prenos postupnosti bitov cez komunikačný kanál
 - kódovanie digitálneho signálu do fyzikálnych veličín
 - napr. aké napätie reprezentuje 1 a aké 0
 - časovanie signálov
 - typ a vlastnosti prenosového média
 - mechanické, elektrické, optické
 - konektory
 - tvar, počet pinov, zapojenie

Fyzická vrstva (Physical Layer)

- nezaručuje, že dáta boli úspešne prenesené
- typické zariadenia
 - káble, konektory
 - modemy
 - časť sieťových kariet
 - hub-y

Linková vrstva (Data Link Layer)

- prenos rámcov medzi susednými zariadeniami bez prenosových chýb
 - veľkosť rámcov (bežne rádovo stovky až tisíce byte-ov)
 - rozpoznávanie hraníc rámcov
 - detekcia prenosových chýb fyzickej vrstvy
 - riešenie problému poškodených, stratených a duplicitných rámcov
 - potvrdzovanie úspešných prenosov
 - opakovanie neúspešných prenosov

Linková vrstva (Data Link Layer)

- pri obojsmernej (full-duplex) komunikácii súperia potvrdzovacie rámce s dátovými – niekedy sa to rieši použitím techniky *piggybacking* (potvrdenie sa pribalí do dátového rámca opačným smerom)
 - riešenie problému rýchleho odosielateľa a pomalého príjemcu
- pri sieťach so zdieľaným médiom (broadcast)
 - riadenie prístupu k médiu
 - Media Access Sublayer
- vyššej vrstve môže poskytovať služby rôzneho charakteru

Sieťová vrstva (Network Layer)

- prenos paketov (packet) medzi ľubovoľnými uzlami siete
 - smerovanie paketov
 - statické
 - dynamické (pre spojenie, pre paket)
 - musí poznať topológiu siete
 - riešenie upchatie siete
 - adresácia uzlov v sieti
 - rozdielnosť adresácie pri prepojení rôznych sietí
 - účtovanie prenesených dát

Sieťová vrstva (Network Layer)

- riešenie problému s rôznou prípustnou veľkosťou paketov
- vyššej vrstve poskytuje ilúziu topológie úplného grafu
 - vyššie vrstvy nemusia riešiť, ako sa paket dostane z jedného uzla do iného

Transportná vrstva (Transport Layer)

- prenos údajov medzi koncovými entitami (end-to-end) – napr. procesmi
 - rozdeľovanie správ na pakety a ich spätná rekonštrukcia z paketov
 - riešenie problému s poradím paketov
 - môže využiť viacero spojení na sieťovej vrstve pre jedno spojenie na transportnej vrstve
 - môže viacero transportných spojení multiplexovať do jedného spojenia na sieťovej vrstve

Transportná vrstva (Transport Layer)

- riešenie rýchleho odosielateľa a pomalého príjemcu
- vyšším vrstvám poskytuje rôzne typy služieb
 - spoľahlivý kanál so zaručeným poradím byte-ov
 - prenos izolovaných správ s negarantovaným doručením
 - ...

Relačná vrstva (Session Layer)

- vytvorenie relácie (session)
 - spojenie s pridanou hodnotou
 - riadenie dialógu, token management
 - udržiavanie informácie o tom, ktorá strana je na rade
 - synchronizácia, checkpointing
 - umožnenie obnovenia prerušeného prenosu

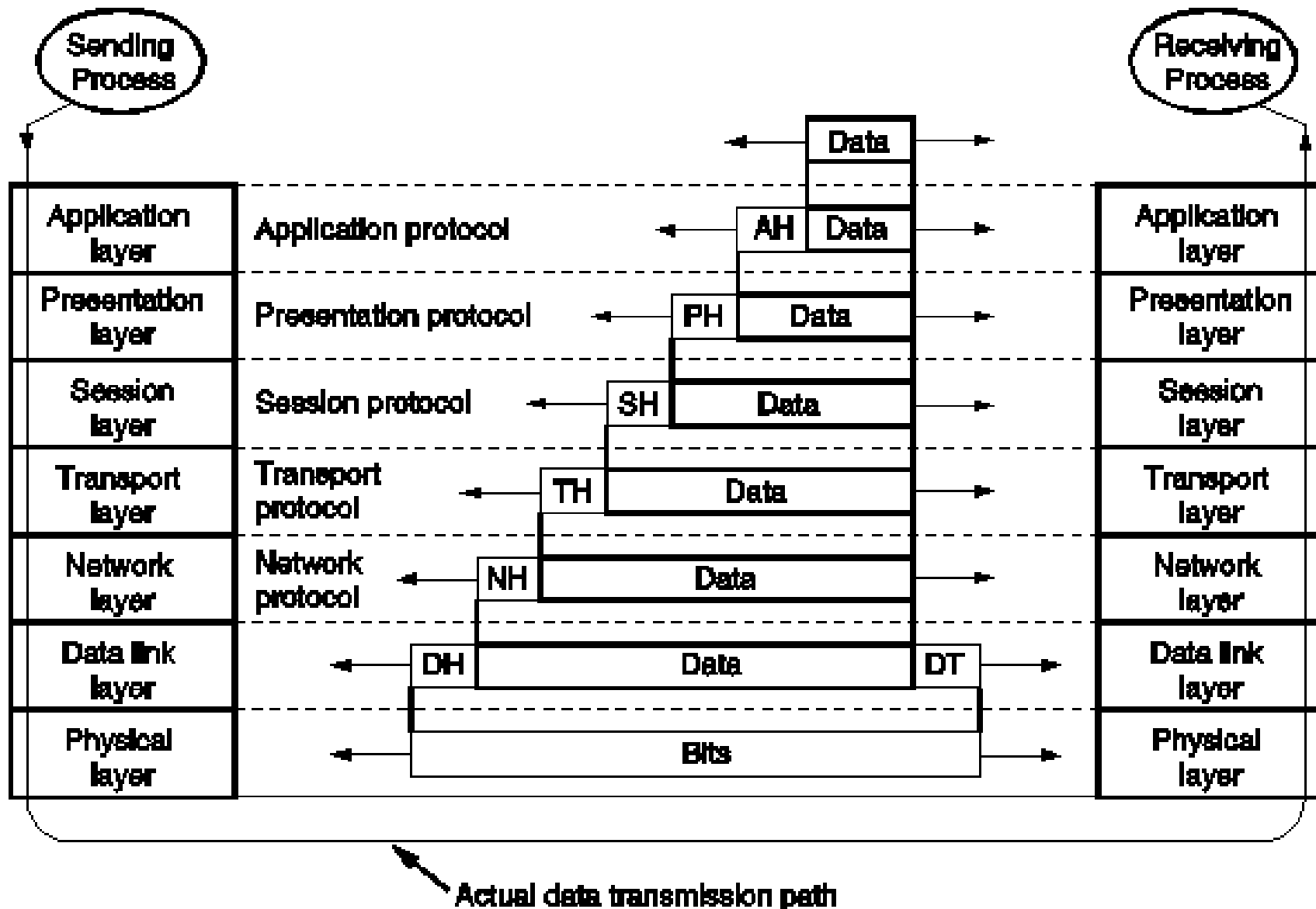
Prezentačná vrstva (Presentation Layer)

- konverzia formátov údajov
 - rôzne formáty na rôznych systémoch
 - definícia *sieťového formátu* a konverzia medzi lokálnym a sieťovým formátom
 - napr. kódovanie znakov, viac-byte-ové čísla (MSB vs. LSB)
 - kompresia údajov
 - kryptografická ochrana

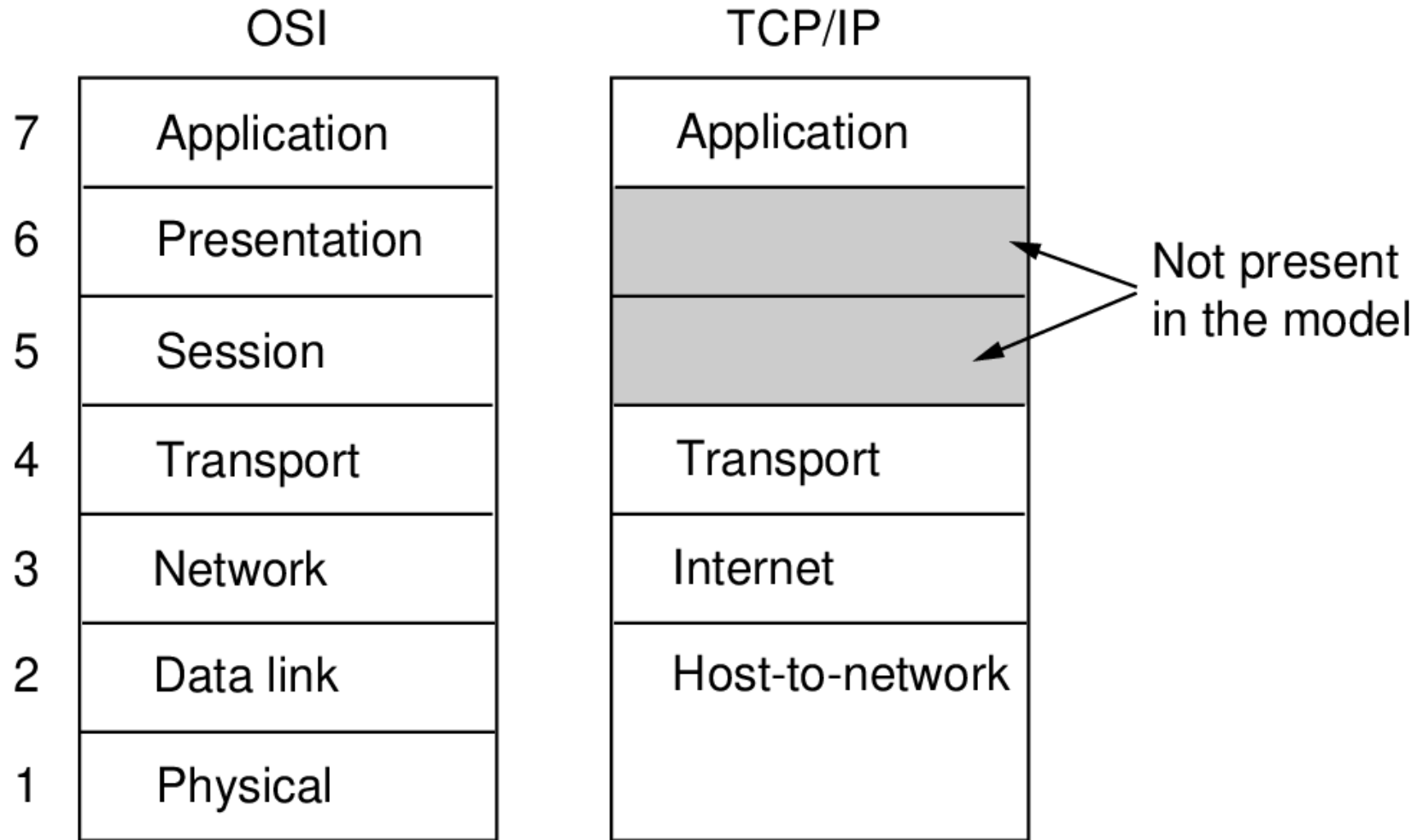
Aplikačná vrstva (Application Layer)

- umožňuje komunikáciu pomocou aplikačných protokolov pre rôzne aplikačné služby
 - prenos súborov
 - e-mail
 - web
 - prenos hlasu, videa
 - virtuálny terminál
 - ...

Tok d'at v OSI



TCP/IP model



TCP/IP referenčný model

- internet layer
 - protokol IP – connection-less, unreliable
 - prenos paketov medzi ľubovoľnými dvoma uzlami siete
 - zabezpečuje smerovanie (routing)
- host to network layer
 - zabezpečuje možnosť posielat' IP pakety medzi susednými zariadeniami

TCP/IP referenčný model

- transport layer
 - protokoly
 - TCP – connection-oriented, reliable
 - UDP – connection-less, unreliable
 - poskytuje služby aplikačnej vrstve
- application layer
 - rôzne aplikačné protokoly – HTTP, FTP, telnet, ssh, SMTP, POP3, ...

Kritika OSI modelu

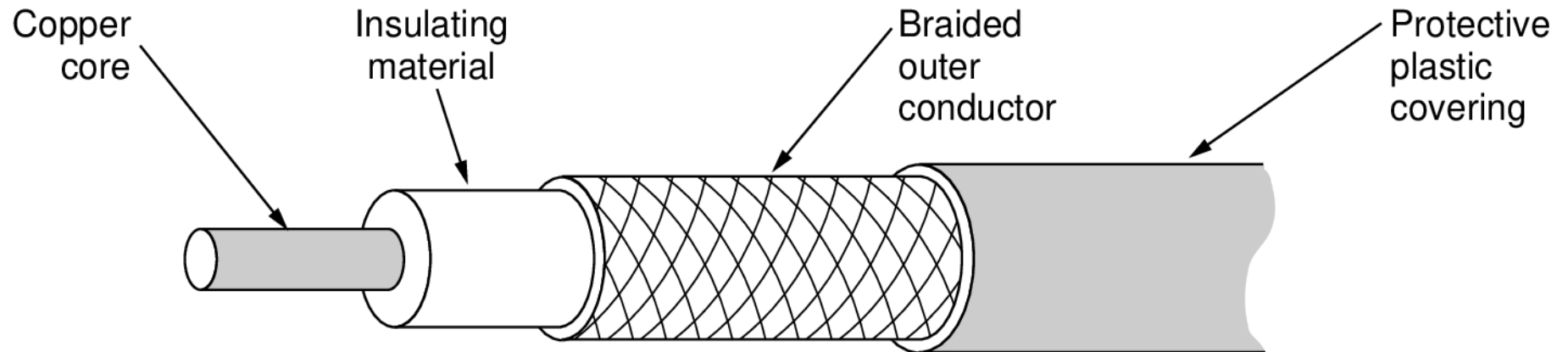
- nedostatok času medzi výskumom a investíciami do produkcie technológií
- veľká zložitosť modelu
- niektoré vrstvy „poloprázdne“, iné „prepchaté“
- nejasnosti v príslušnosti niektorých funkcií do vrstiev
- orientácia na telekomunikácie, nie na programovanie

Fyzická vrstva – prenosové médiá

- pevné médiá
 - koaxiálny kábel (coaxial cable)
 - krútená dvojlinka (twisted pair)
 - optické vlákno (optical fibre)
- bezdrôtové prenosy (wireless)

Koaxiálny kábel

- rozvody káblovej televízie
- počítačové siete (Ethernet kedysi)



Krútená dvojlinka

- skrútené páry skrútených vodičov
 - eliminácia vplyvu indukcie
- telefónne rozvody
- počítačové siete – Ethernet

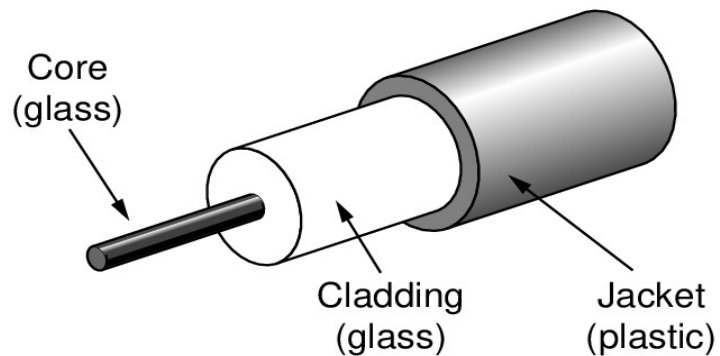


(a) UTP cat. 3

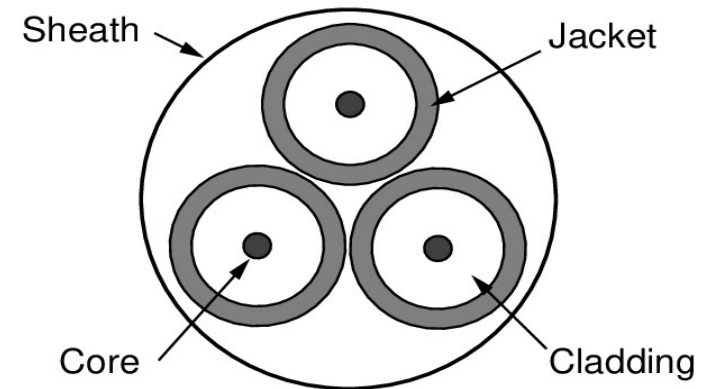
(b) UTP cat. 5

Optické vlákna

- prenos pomocou zábleskov svetla (laser, LED)

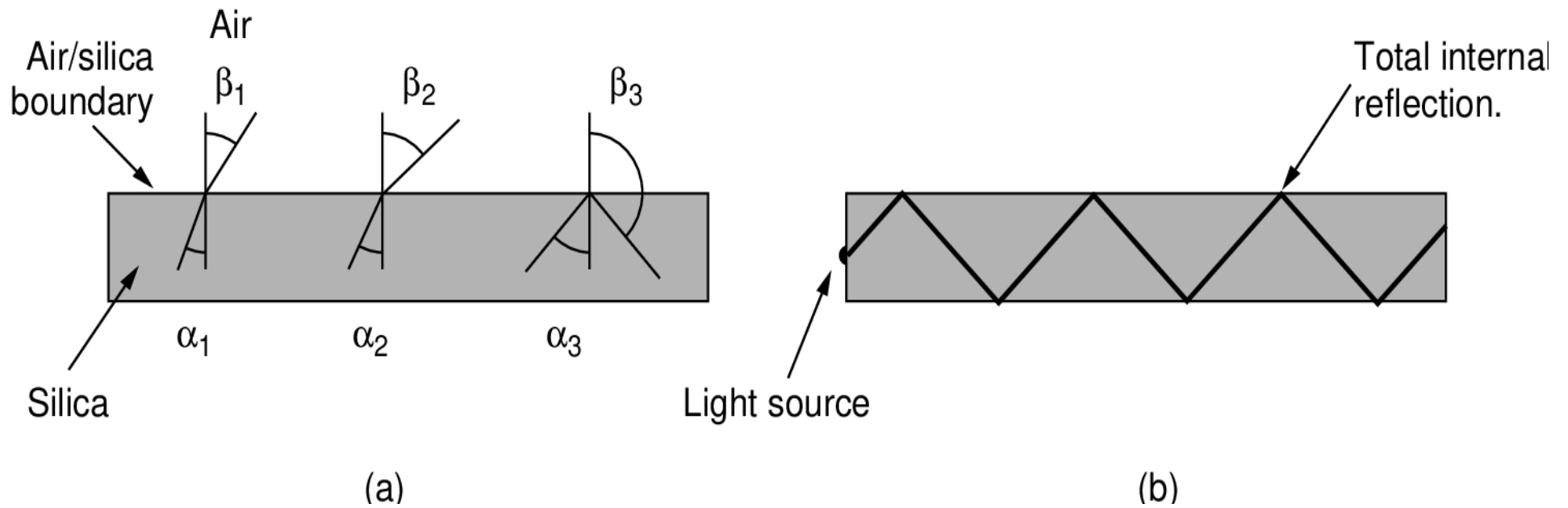


(a)

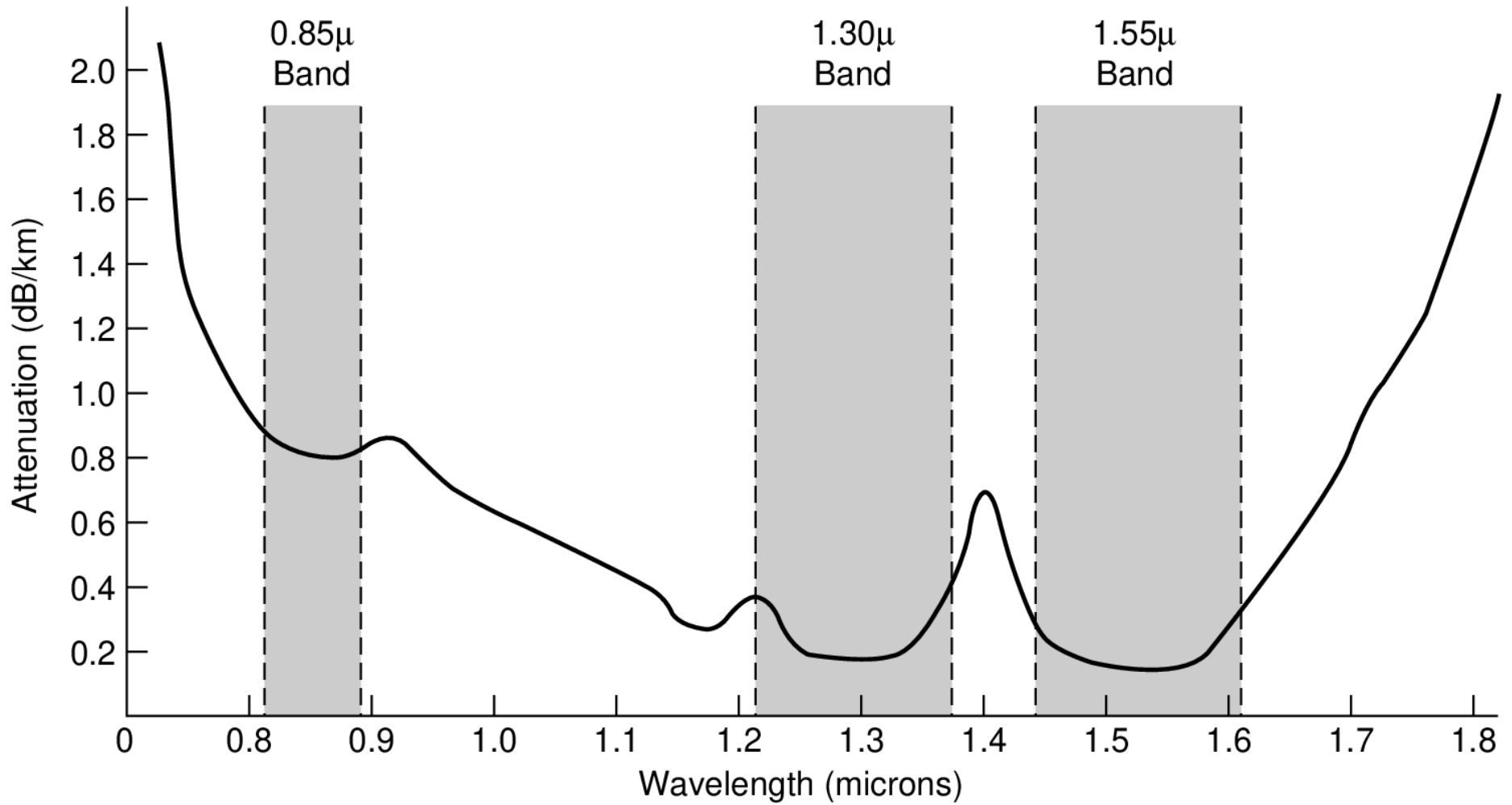


(b)

Optické vlákna



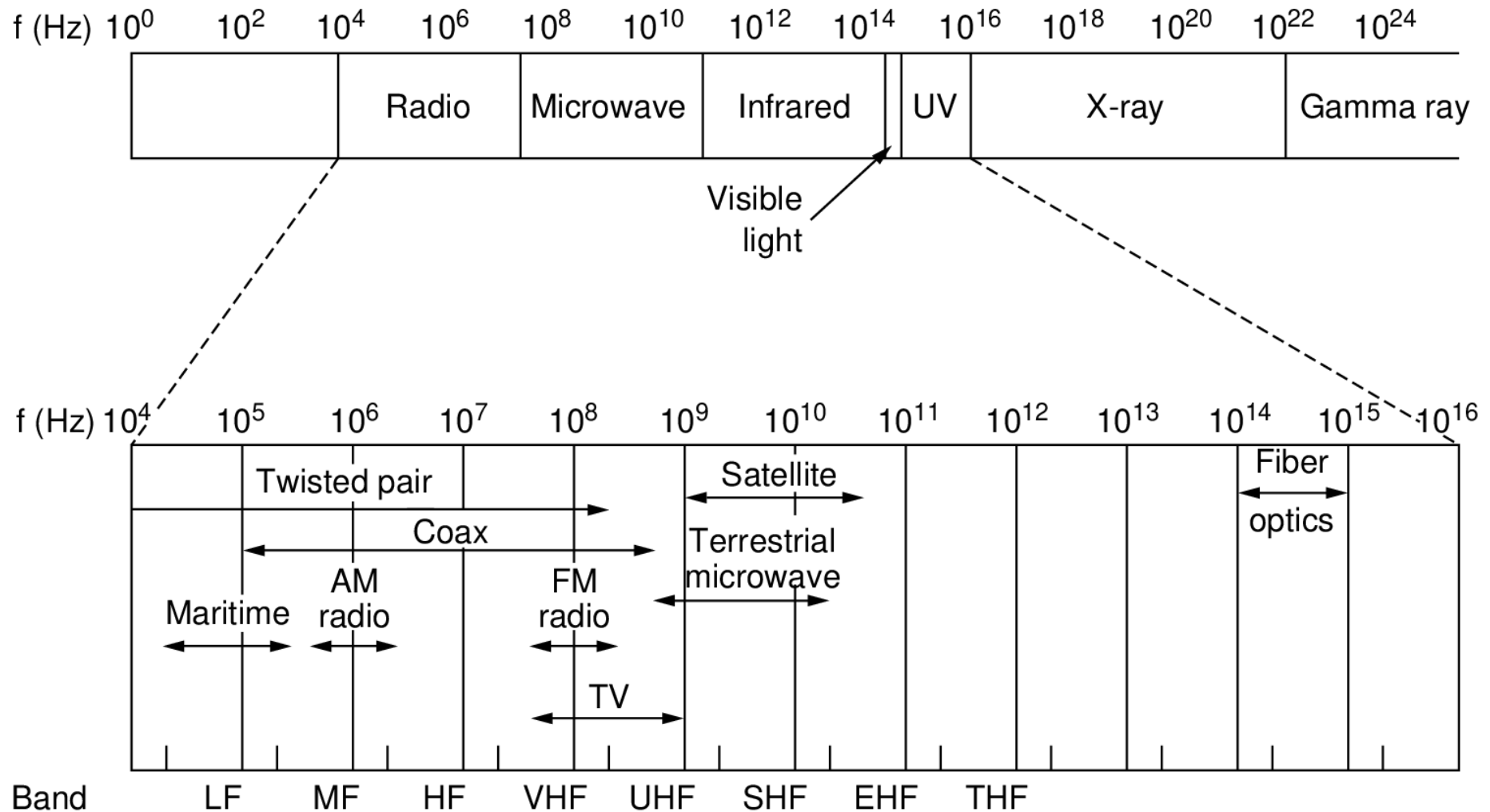
Optické vlákna



Bezdrôtové siete

- použitie
 - mobilní používatelia
 - ťažko prístupné miesta
 - dočasné siete
- problémy
 - vplyv prostredia, počasia
 - vzájomné ovplyvňovanie sa
 - zahltenie pásma
 - bezpečnosť

Elektromagnetické spektrum



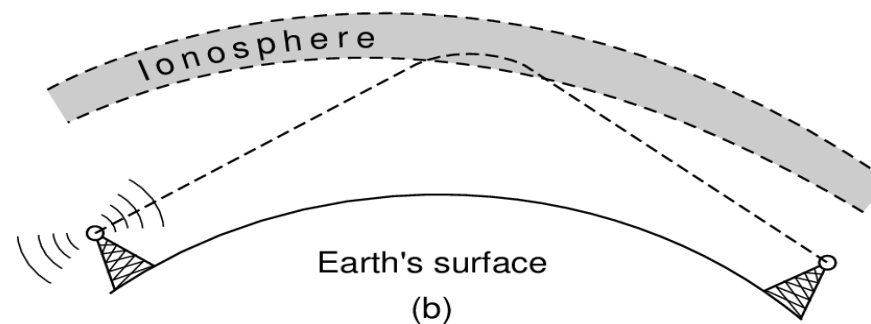
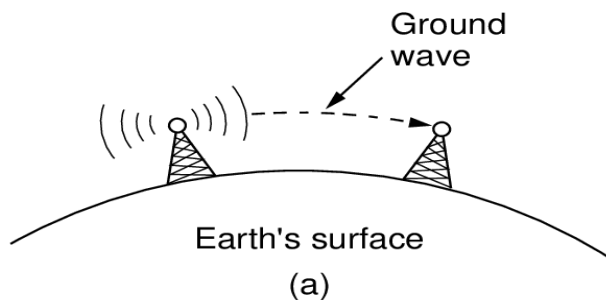
Frekvencia a vlnová délka

- $f \cdot \lambda = c$

f	10kHz	100kHz	1MHz	10MHz	100MHz	1GHz
λ	30km	3km	300m	30m	3m	30cm
f	10GHz	100GHz	1THz	10THz	100THz	200THz
λ	3cm	3mm	300 μ m	30 μ m	3 μ m	1500nm
f	300THz	400THz	500THz	600THz	750THz	800THz
λ	1000nm	750nm	600nm	500nm	400nm	375nm

Šírenie rádiových vln

- LF a MF pásmo (30 - 3000 kHz)
 - šíria sa pri povrchu Zeme
- HF pásmo (3 – 30 MHz)
 - šíria sa odrazom od ionosféry



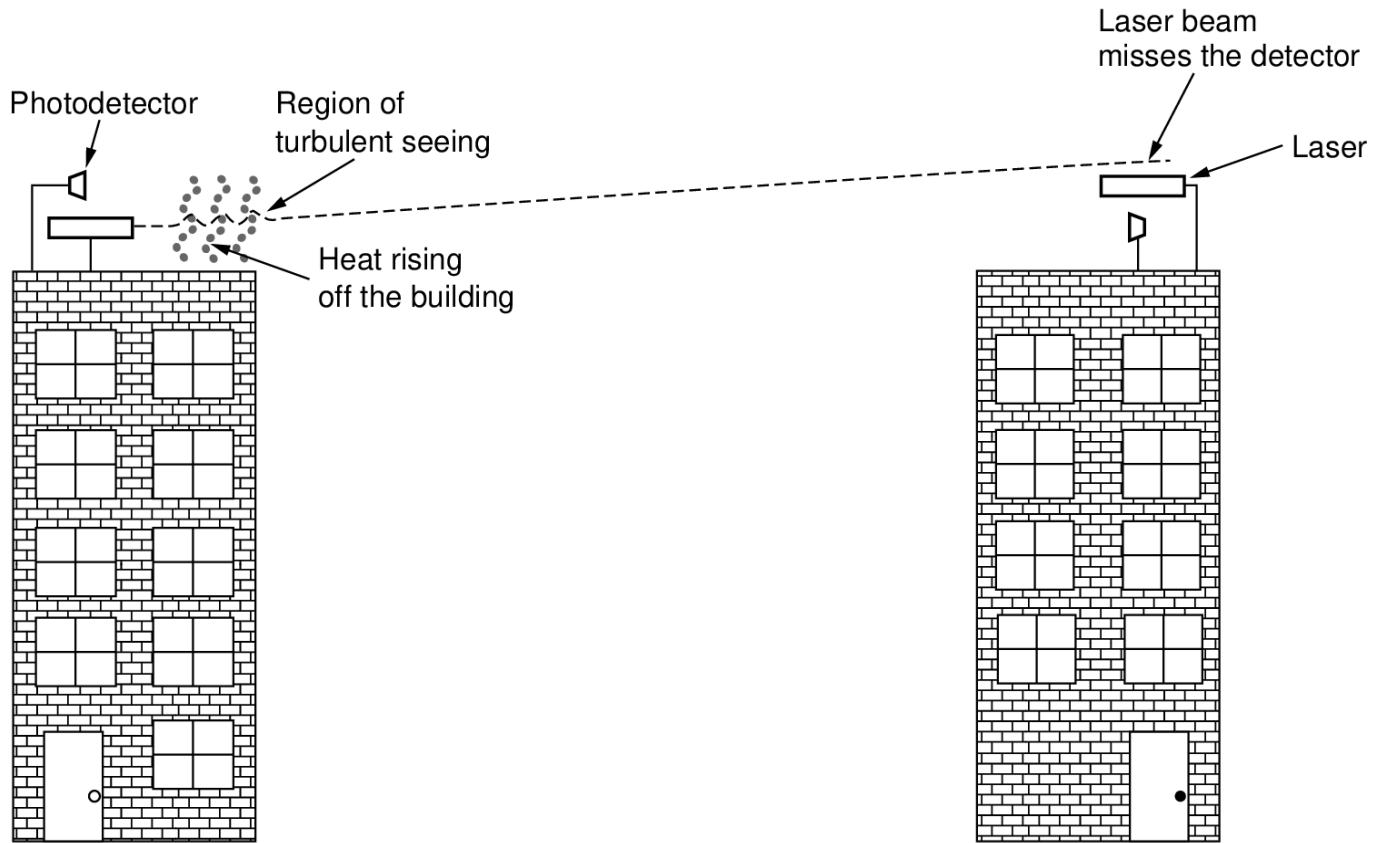
Mikrovlny svetlo

- Šíria sa priamočiarno
 - potrebná priama viditeľnosť
- mikrovlny na vyšších frekvenciách a svetlo
 - neprenikajú pevnými objektami

Delenie bezdrôtových sietí

- rádiové
 - WiFi, Bluetooth, GSM, GPRS/EDGE, UMTS, ...
 - rušenie
- satelitné
 - dlhší čas odozvy (36000 km nad Zemou)
- svetelné
 - IRDA, laserové

Laserové linky



Ethernet

- fyzická a data-link vrstva
- sieť typu broadcast, technológia CSMA/CD
- adresy 48 bitov
 - časť identifikuje výrobcu
 - multicasting
 - broadcasting FF:FF:FF:FF:FF:FF
 - každý frame obsahuje adresu cieľa a zdroja
- 10Mbps, 100Mbps (fast), 1Gbps (gigabit)
- logická topológia: bus

Ethernet

- veľkosť rámca 64 – 1522 B
 - vrátane 14 B hlavičky a 4 B chvosta
 - dáta max. 1500 B
- niekoľko formátov rámca
 - Ethernet II
 - IEEE 802.2 LLC/SNAP
 - raw 802.3

Ethernet

- štandardy IEEE
 - 802.1
 - základná architektúra, spoločné črty
 - 802.2
 - LLC
 - 802.3
 - fyzická vrstva
 - MAC

Ethernet

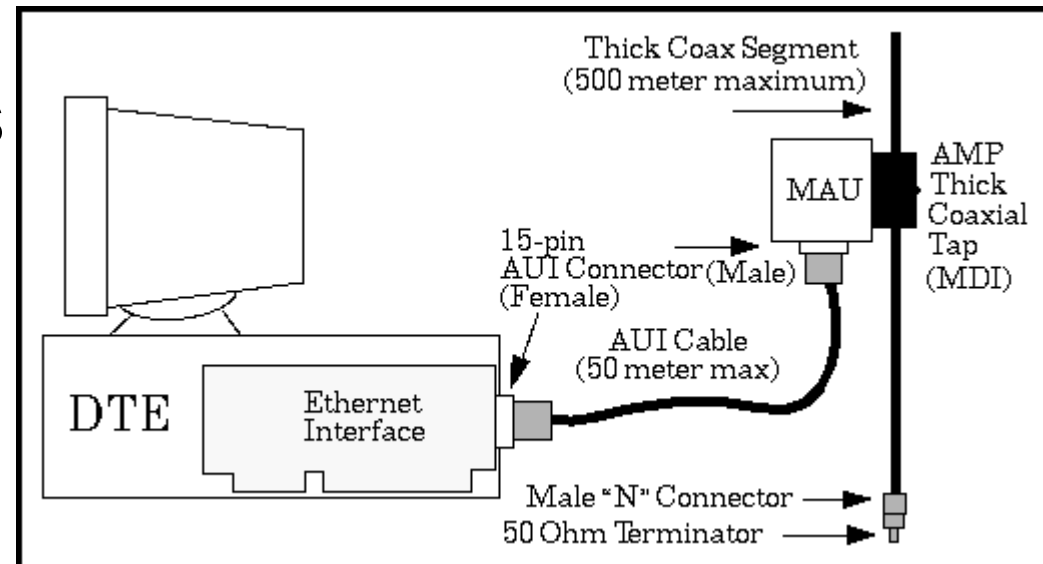
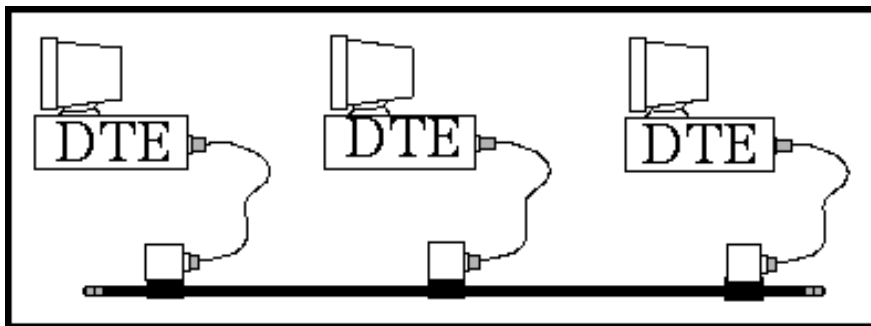
- štruktúra rámca
 - 7B preambula (10101010)
 - 1B SFD (10101011)
 - 6B adresa cieľa
 - 6B adresa zdroja
 - 2B dĺžka/typ (ak aspoň 1536)
 - dáta
 - padding
 - 4B FCS (CRC)

Ethernet

- Carrier Sense
 - kontroluje sa, či je kanál voľný – nikto nevysiela
- Multiple Access
 - keď je nejaký čas ticho, ktorákoľvek stanica môže začať vysielat'
- Collision Detection
 - ak začnú 2 naraz, nastane kolízia, prestanú vysielat' a počkajú náhodný čas

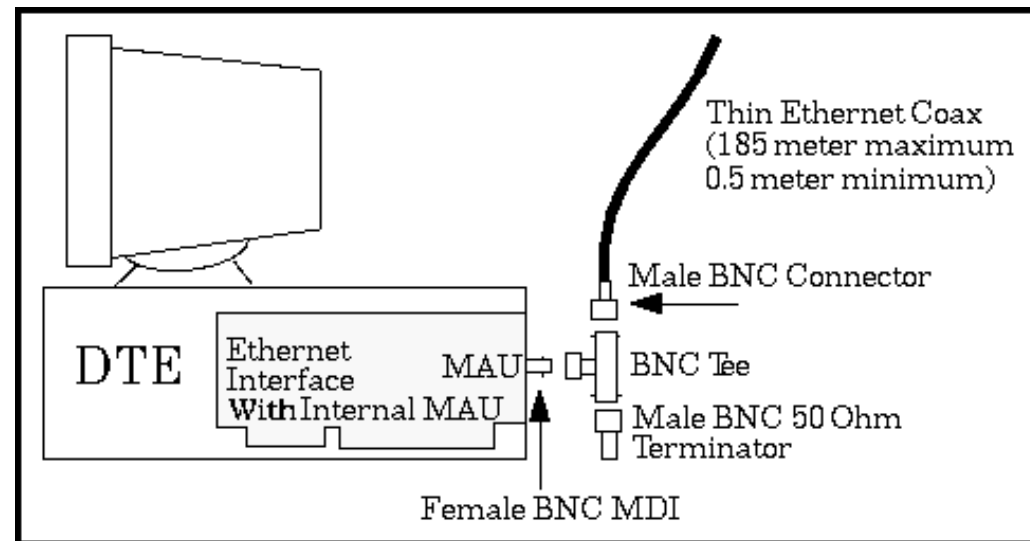
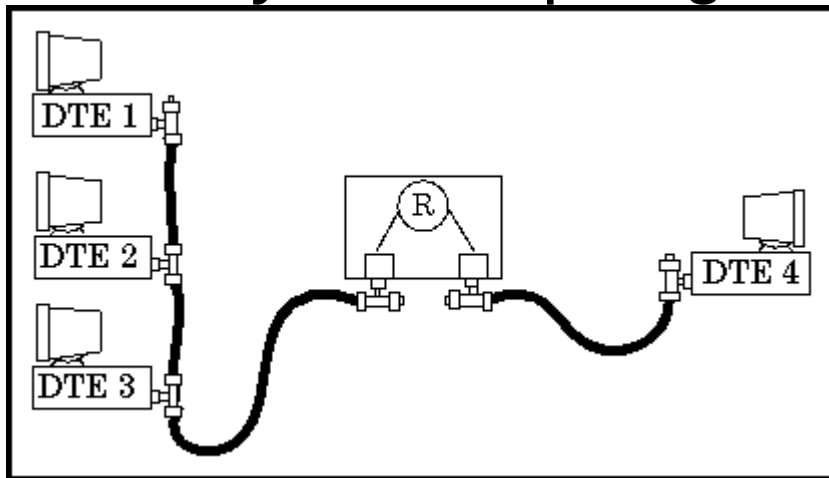
Ethernet

- 10BASE5 – thick Ethernet
 - hrubý (žltý) koaxiálny kábel
 - 1 cm priemer, 50Ω, na koncoch 50Ω terminátory
 - do 500m, 100 zariadení
 - pripájanie cez externý transciever AUI káblom (do 50m)
 - fyzická topológia: bus



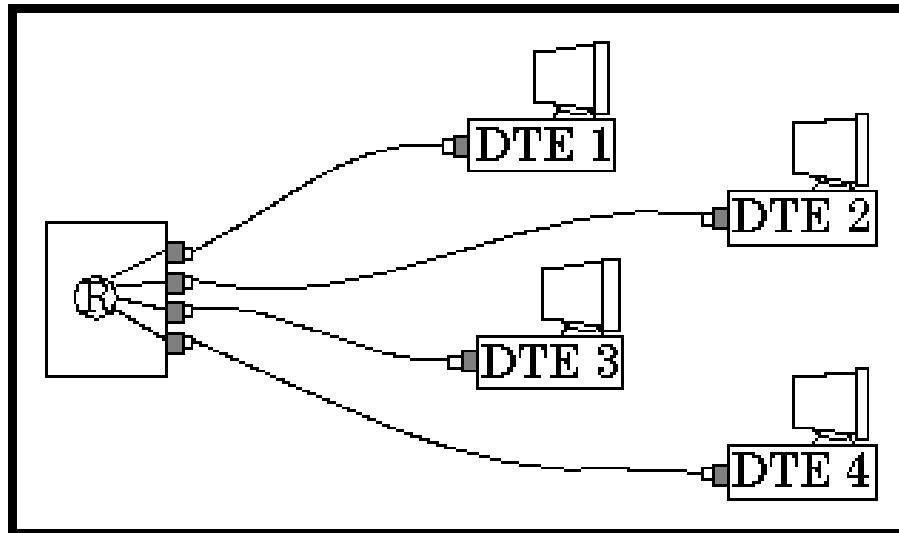
Ethernet

- 10BASE2 – thin Ethernet
 - tenký koaxiálny kábel RG 58
 - 0.5 cm priemer, 50 Ω , na koncoch 50 Ω terminátory
 - do 185m, 30 zariadení
 - pripájanie cez T-konektor
 - fyzická topológia: bus



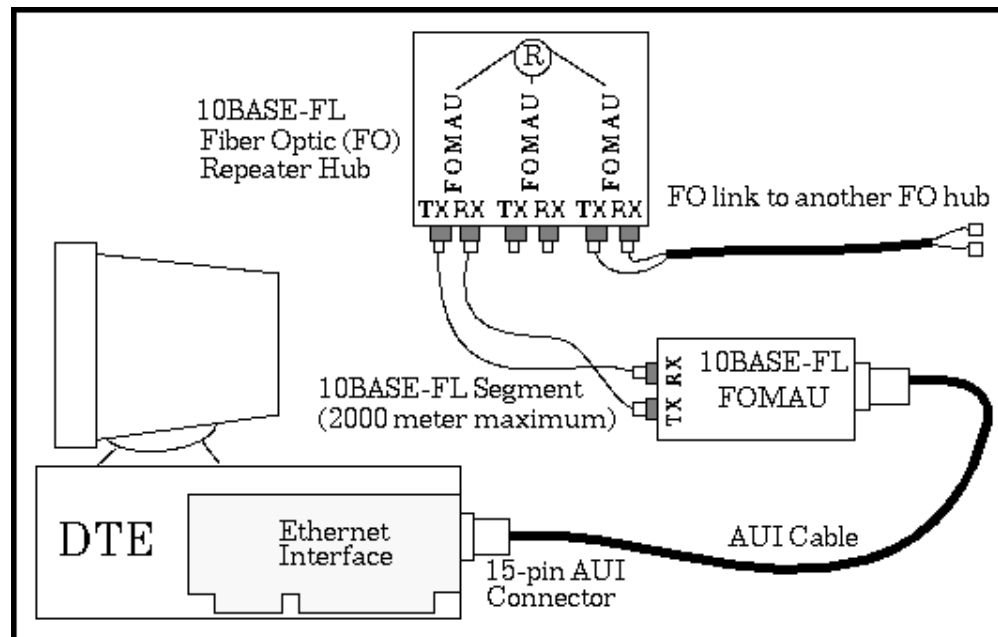
Ethernet

- 10BASE-T – twisted pair (krútená dvojlinka)
 - netienený TP kábel kategórie 3, používa 2 páry
 - do 100m, point-to-point
 - pripájanie konektorom RJ-45
 - fyzická topológia: star, v strede hub/switch



Ethernet

- 10BASE-FL
 - 2 optické vlákna
 - do 2km, point-to-point
 - fyzická topológia: star, v strede hub/switch



Fast Ethernet

- 100BASE-TX
 - twisted pair kat. 5, používa 2 páry, 100m, p-to-p
- 100BASE-FX
 - 2 optické vlákna, 412m, p-to-p
- 100BASE-T4
 - twisted pair kat. 3, používa 4 páry, 100m, p-to-p
- fyzická topológia: star, v strede hub/switch

Gigabit Ethernet

- 1000BASE-T
 - twisted pair kat. 5, používa 4 páry, 100m, p-to-p
- 1000BASE-SX, 1000BASE-LX
 - optické vlákna
- fyzická topológia: star, v strede hub/switch

Rozširovanie Ethernetu

- fyzická vrstva
 - repeater, hub – 1 kolízna doména
 - 10Mbps: max. 4, max. 5 segmentov
 - 100Mbs: max. 1 hub triedy I alebo 2 huby triedy II
 - 1Gbps: max. 1 hub
- linková vrstva
 - bridge, switch
 - rozpoznáva ethernetové adresy a posiela rámce kam treba
 - umožňuje full-duplex, multi-speed

Ethernet switch

- udržiava tabuľku MAC adries
 - v každom zázname identifikácia portu
 - napĺňanie na základe zdrojovej adresy a portu
 - expirácia záznamu po určitom čase
 - na základe naučenej informácie posiela rámec na správny port
 - ak záznam neexistuje, pošle na všetky

Ethernet switch

- nemanážiavateľný switch
 - len automatická konfigurácia portov
- manážiavateľný switch
 - konfigurácia vlastností jednotlivých portov
 - statické záznamy v tabuľke MAC adries
 - VLAN
 - možnosť obmedziť zoznam MAC adries zariadení, ktoré môžu byť pripojené na porte
 - možnosť agregácie portov