



UNIVERSITY OF ŽILINA
Faculty of Management Science
and Informatics

Prednáška 3 – Fyzická vrstva a média

Introduction to Networks v7.0 – Kapitola 4, 6

Doc. Ing. Jozef Papán, PhD.



Networking
Academy

Typy pripojení



Connecting to the
Wired LAN

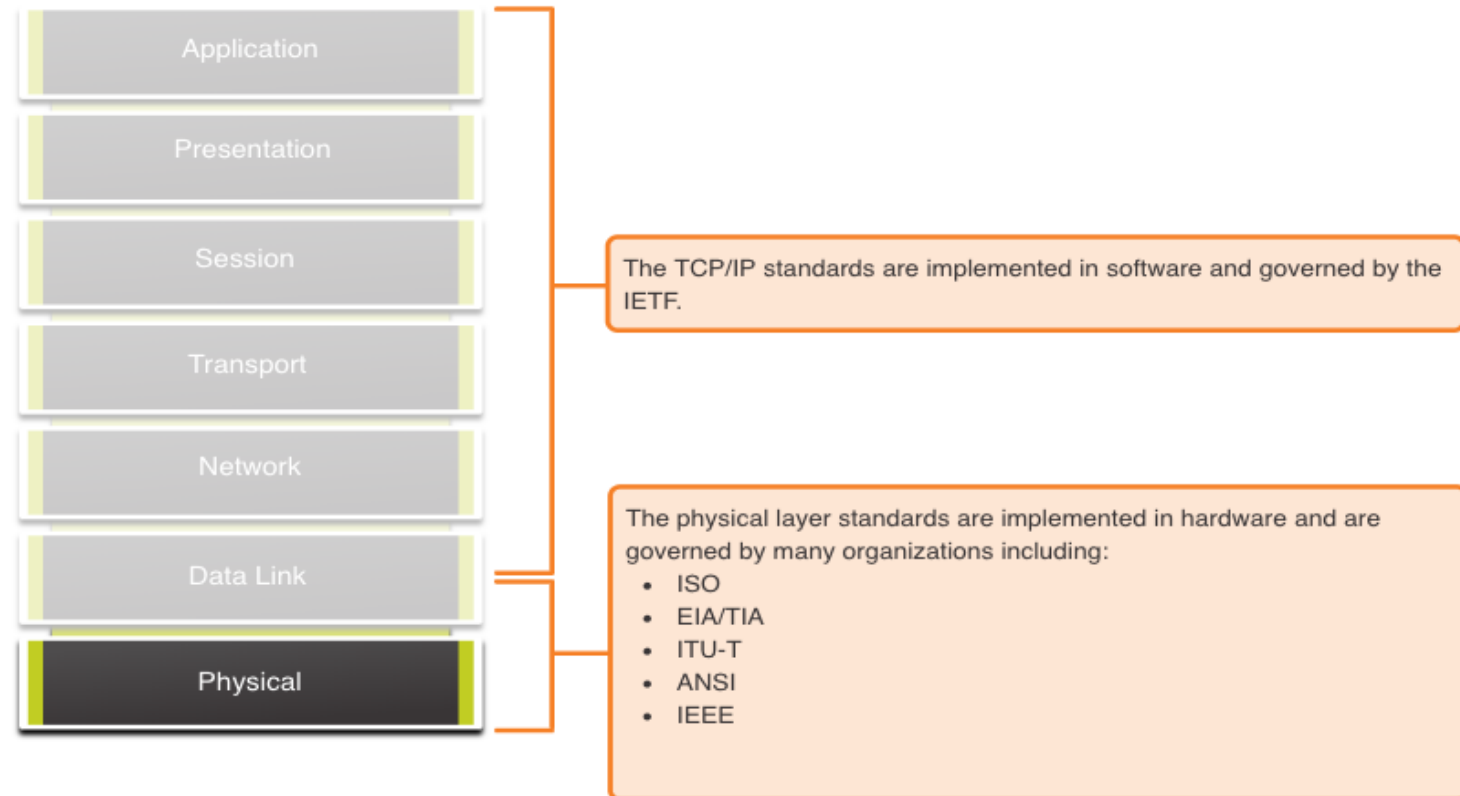


Úlohy fyzickej vrstvy

- Úlohou fyzickej vrstvy je prenášať jednotlivé bity alebo skupiny bitov daným médiom
- Fyzická vrstva špecifikuje
 - Druh a vlastnosti média (optické, metalické, bezdrôtové, ich rôzne varianty)
 - Formát a tvar konektorov a rozhraní
 - Prevod dát linkovej vrstvy na vhodnú bitovú reprezentáciu
 - Prídavné riadiace signály potrebné pre prenos dát (časovanie, riadenie toku dát, synchronizačné značky, ...)
 - Povahu a vlastnosti signálov prenášaných médiom
 - Spôsob modulácie signálov pre vyjadrenie logických 1 a 0, prípadne viacbitových skupín
 - Činnosť obvodov sieťových rozhraní pre odosielanie a príjem signálu
- Fyzická vrstva má bezprostredný vplyv na výslednú rýchlosť komunikácie

Štandardy fyzickej vrstvy

- Štandardy fyzickej vrstvy pochádzajú od viacerých organizácií a sú implementované ako hardvérové komponenty
- Tieto štandardy pokrývajú, okrem iného,
 - Fyzikálne a elektrické vlastnosti média
 - Mechanické vlastnosti konektorov
 - Reprézntáciu bitov signálmi
 - Prídavné riadiace signály



Pojmy bandwidth, throughput, goodput

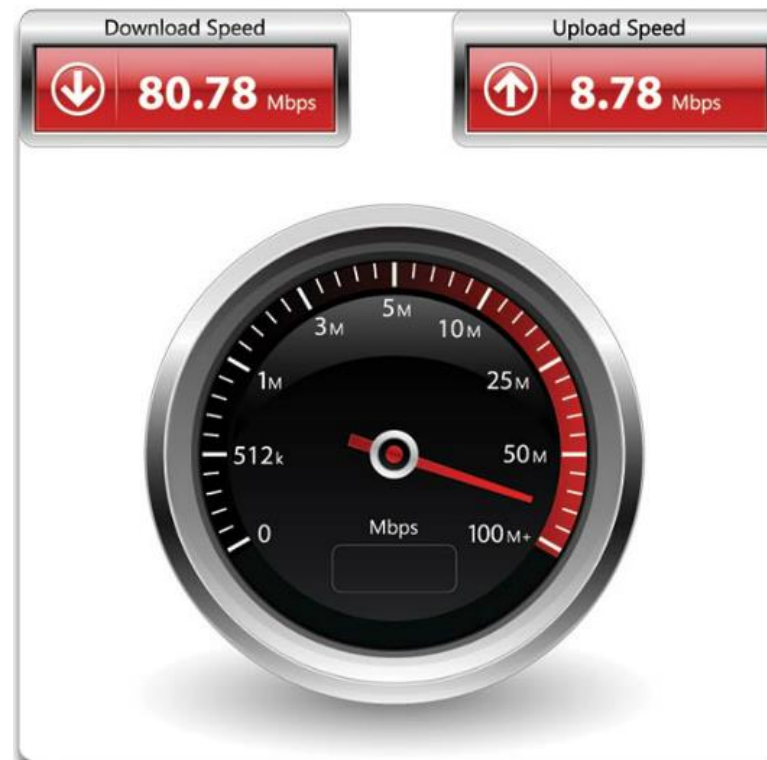
- V súvislosti s dosiahnuteľnou rýchlosťou komunikácie sa zaužívali tri pojmy: **bandwidth, throughput, goodput**
- **Bandwidth** (šírka pásma)
 - Pojem pôvodne označuje frekvenčný rozsah signálov, ktoré je možné prenášať informačným kanálom s prijateľným skreslením (Hz)
 - Podľa Shannonovej-Hartleyovej vety však informačná kapacita kanála je priamo úmerná šírke pásma
 - Mnohokrát sa preto dnes pojem bandwidth nepresne používa v prenesenom význame na vyjadrenie prenosovej rýchlosti (b/s)
 - V poňatí Cisco CCNA má tento pojem význam **maximálnej teoreticky dosiahnuteľnej prenosovej rýchlosti** na danej linkovej a fyzickej technológii (napr. 100 Mbps Ethernet má bandwidth 100 Mbps)

Bandwidth

Unit of Bandwidth	Abbreviation	Equivalence
Bits per second	bps	1 bps = fundamental unit of bandwidth
Kilobits per second	Kbps	1 Kbps = 1,000 bps = 10^3 bps
Megabits per second	Mbps	1 Mbps = 1,000,000 bps = 10^6 bps
Gigabits per second	Gbps	1 Gbps = 1,000,000,000 bps = 10^9 bps
Terabits per second	Tbps	1 Tbps = 1,000,000,000,000 bps = 10^{12} bps

Pojmy bandwidth, throughput, goodput

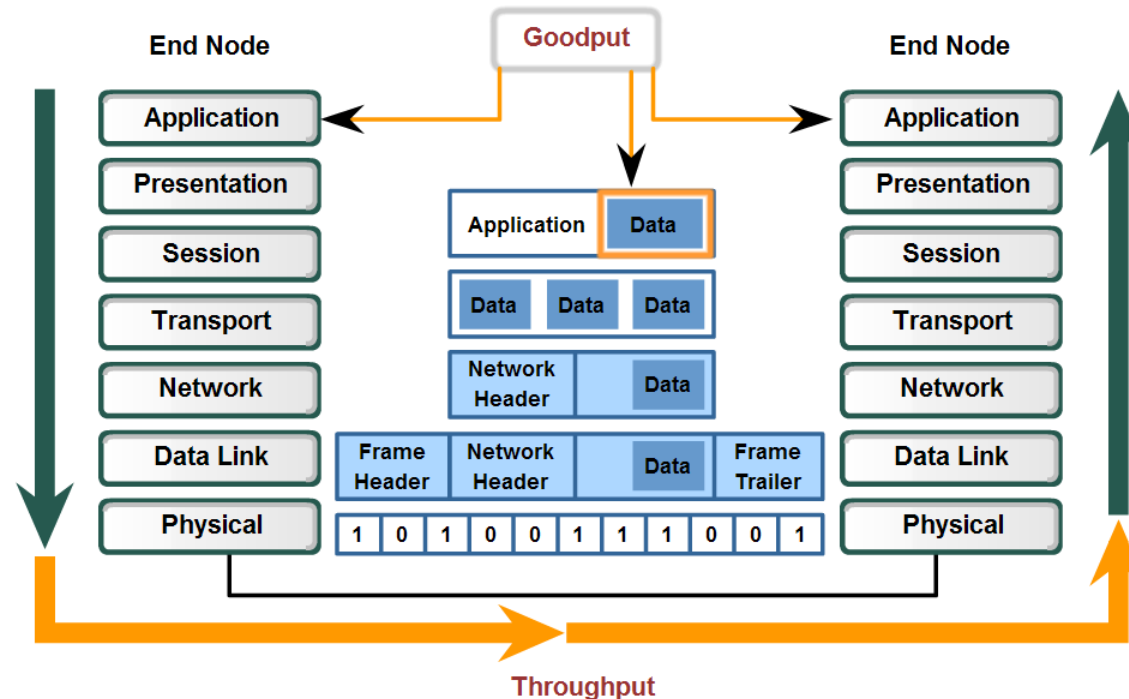
- **Throughput** (priepustnosť)
 - Pojem označuje objem prenesených dát **vrátane hlavičiek** jednotlivých vrstiev a ďalších režijných údajov za istý časový interval
 - Throughput je vždy menší ako bandwidth – medzirámkové medzery, povinné čakanie pri prístupe k médiu, kolízie, poruchy pri prenose, ...



Pojmy bandwidth, throughput, goodput

- **Goodput** (užitočná priepustnosť)

- Pojem označuje objem prenesených používateľských dát **bez hlavičiek** a bez režijných údajov a čakaní za istý časový interval
- Goodput je vždy menší ako throughput vďaka dodatočnému objemu dát v hlavičkách a ďalších pomocných údajoch



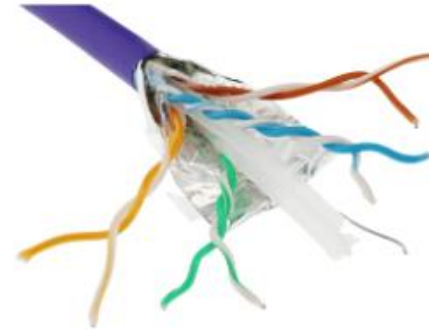
Typy fyzických médií

- Fyzické médiá sa podľa svojej povahy delia na
 - **Metalické** (spravidla meď)
 - **Optické** (sklené alebo plastové svetlovodné vlákno)
 - **Bezdrôtové** (el. mag. žiarenie v rádiovom pásme do jednotiek THz)
- Výber vhodného média má vplyv na
 - Dosiahnuteľnú prenosovú rýchlosť
 - Maximálnu dĺžku média resp. vzdialenosť medzi uzlami prepojenými týmto médium
 - Schopnosť plne duplexnej komunikácie
 - Odolnosť voči vonkajšiemu rušeniu
 - Miera vlastného rušenia vyžarovaného z média

Metalické média



Unshielded Twisted-Pair (UTP) Cable



Shielded Twisted-Pair (STP) Cable



Coaxial Cable

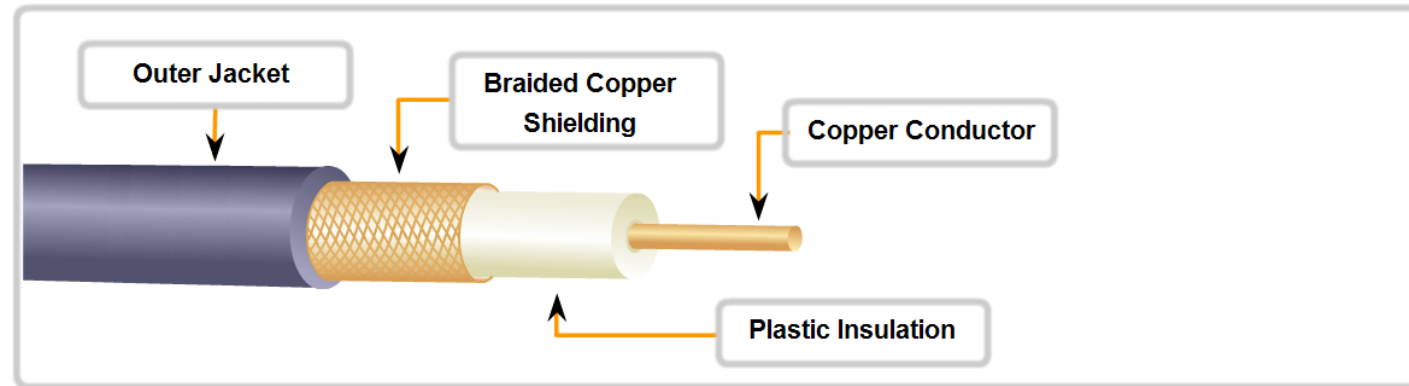
Metalické médiá – koax

- Metalické médiá sú v LAN sieťach najbežnejšie
- Podľa konštrukcie sa metalické médiá – káble – delia na
 - **Koaxiálne káble (coax)**
 - **Krútené dvojlinky (twisted pair, TP)**
- Koaxiálne káble boli pôvodne používané najmä na starších ethernetových sieťach typu 10Base5 (500m) a 10Base2 (185m)



Metalické médiá – koax

- Pozostávajú z dvojice vodičov – centrálneho vodiča a tieniaceho opletenia
 - Ich prenosové vlastnosti sú oproti TP káblom lepšie (odolnejšie voči vonkajšiemu rušeniu, menšie vyžarovanie, menší útlm)
 - Bez dodatočnej modulácie však neumožňujú plný duplex, jeden pár vodičov v porovnaní s TP limituje technické možnosti komunikácie, inštalácia konektorov je pomerne náročná
- Dnes sa používajú najmä vo WiFi sieťach na pripojenie antény



Metallische Medien – TP Kabel

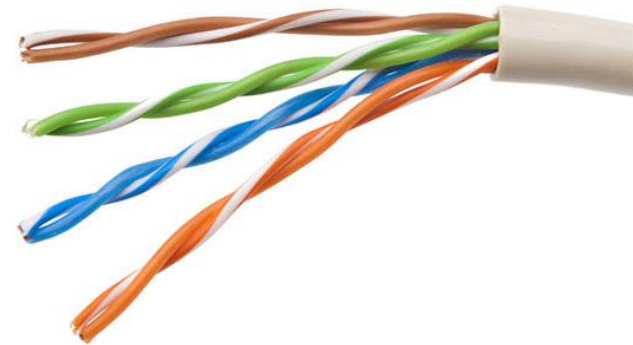
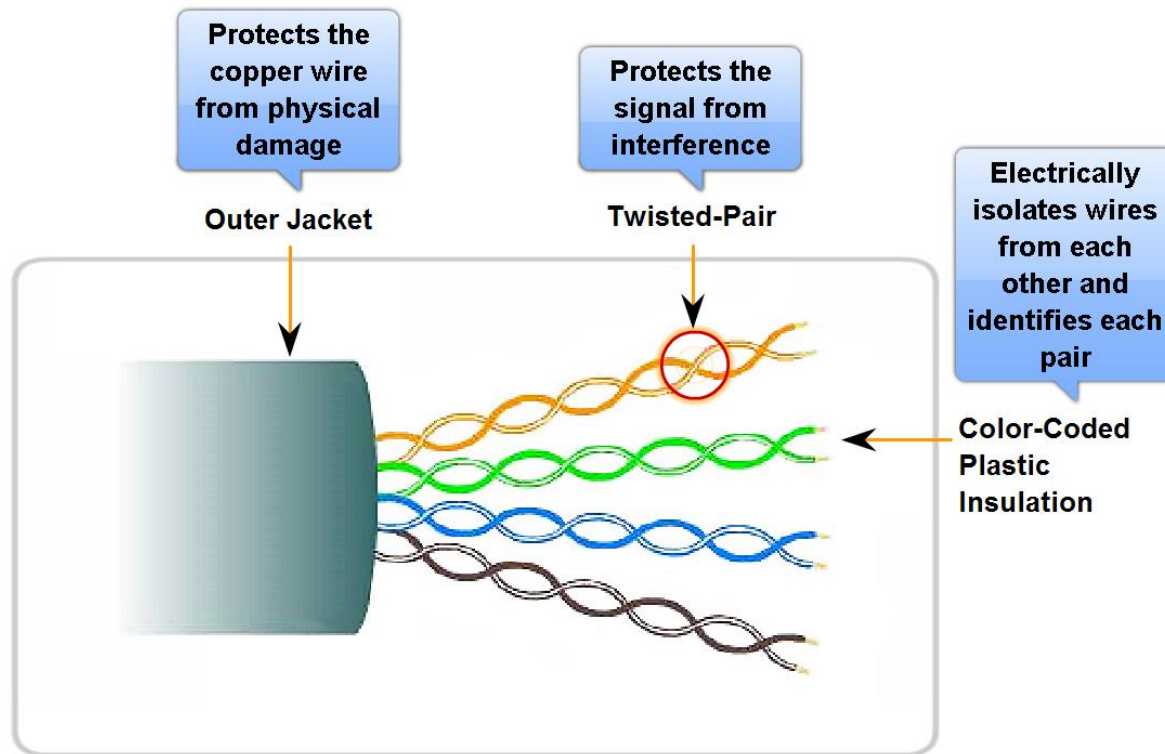
- TP Kabel ist heute das gebräuchlichste Medium in LAN-Netzwerken
- TP-Kabel bestehen aus 8 Leitern (Adern), die paarweise verdrillt sind und jedes Paar in einer Schleife (Twist) verdreht ist
- TP-Kabel existieren in mehreren Varianten
 - **Unshielded Twisted Pair (UTP)** – ohne Abschirmung
 - **Screened Twisted Pair (ScTP)**, **Foil Twisted Pair (FTP)** – alle 8 Adern sind in einer gemeinsamen Abschirmung. Dies minimiert die Interaktion mit der Umgebung des Kabels, jedoch sind die einzelnen Paare der Adern im Inneren des Kabels nicht gegeneinander abgeschirmt
 - **Shielded Twisted Pair (STP)**, **Pairs in Metal Foil (PIMF)** – jedes Paar Adern ist in einer individuellen Abschirmung und alle vier Paare sind zusätzlich in einer weiteren gemeinsamen Abschirmung. Dies minimiert die Interaktion mit der Umgebung des Kabels und die Interaktion zwischen den Adernpaaren im Inneren des Kabels

Metallische Medien – TP-Kabel

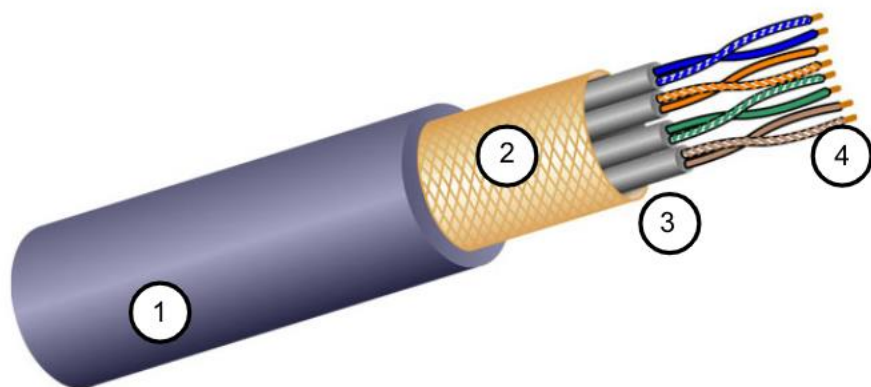
- **Podľa vyhotovenia žíl:**
 - **Solid** (drôt): Každá žila je tvorená jedným vodičom
 - **Stranded** (lanko): Každá žila pozostáva z niekoľkých vláskových vodičov
- Nezávisle od typu tinenia a vyhotovenia žíl je maximálna povolená dĺžka TP vedenia medzi dvojicou uzlov vždy 100 metrov

Metallické médiá – UTP

Unshielded Twisted-Pair (UTP) Cable



Metalické médiá – STP



- Lepšia ochrana proti rušeniu ako UTP
- Drahšie ako UTP
- Inštalácia je náročnejšia ako UTP
- Ukončené konektormi RJ-45

Kľúčové vlastnosti STP

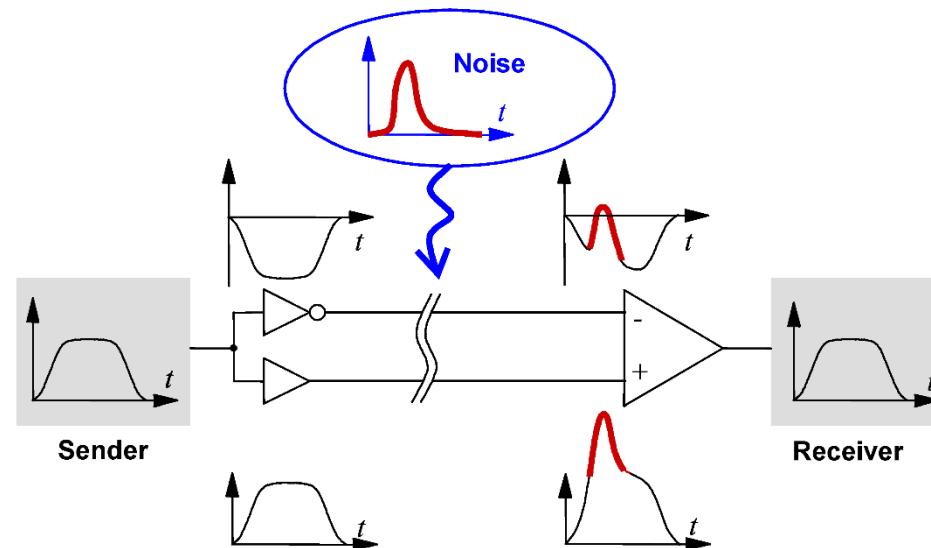
1. Vonkajší plášť chráni medené drôty pred fyzickým poškodením
2. Pletené alebo fóliové tienenie poskytuje EMI/RFI ochranu
3. Fóliové tienenie pre každý pár vodičov poskytuje ochranu EMI/RFI
4. Farebne označená plastová izolácia oddeľuje vodiče od seba a identifikuje každý pár

Metalické médiá – využitie žíl v kábloch

- V TP kábloch sa využívajú rôzne páry žíl pre rôzne účely podľa typu linkovej technológie
 - **10Mbps a 100Mbps Ethernet používajú 4 žily (2 páry):** jeden pár pre vysielanie, iný pár pre príjem, nezávisle od režimu duplexu. Zostávajúce dva páry sú nevyužité, prípadne môžu slúžiť pre napájanie pripojeného zariadenia (Power over Ethernet)
 - **1000Mbps Ethernet používa všetkých 8 žíl (4 páry)** pre vysielanie aj príjem dát súčasne.
- **Interpacket gap (IPG)** je čas nečinnosti medzi paketmi. Po odoslaní paketu sa od vysielateľov vyžaduje, aby pred odoslaním ďalšieho paketu preniesli minimálne 96 bitov (12 oktetov) stavu nečinnnej linky.

Metallické médiá – využitie žíl v káblach

- Žily sa vždy používajú v pároch, v ktorých sú stáčané
 - Používa sa tzv. diferenciálna signálna schéma: signál sa prenáša v páre vodičov **v navzájom invertovanom tvare**. Medzi vodičmi sa vyhodnocuje rozdiel napätí.
 - Prípadné indukované rušenie zvonku sa pri výpočte rozdielu zruší. Navyiac, elmag polia okolo vodičov v páre majú opačnú povahu a eliminujú sa navzájom (tzv. cancellation, slúži ako ochrana proti presluchom)



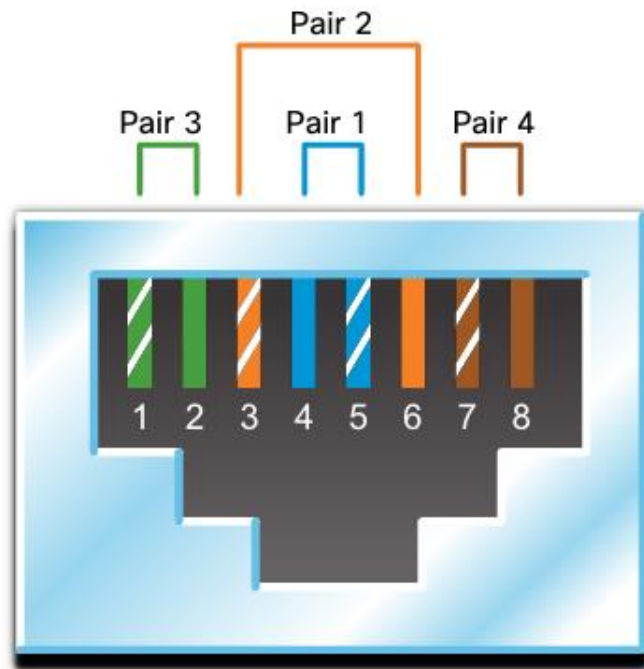
Metallische Medien – Nutzung von Leitern in Kabeln

- Stäbenpaare in TP-Kabeln haben zusätzlichen Wert
 - **Leiter liegen nebeneinander getrennt durch Isolierung und verhalten sich wie ein Kondensator** – die Leitung erhält eine Impedanz mit kapazitivem Charakter, was seine Übertragungseigenschaften verschlechtert
 - **Stäbenpaare wirken wie eine Spule durch ihre Induktivität gegenüber dieser unerwünschten Impedanz**
- Die Paarung und Stäbenpaarung in TP-Kabeln ist deshalb außerordentlich wichtiges konstruktives Merkmal, das nicht zu verletzen ist
 - Leitern ist es möglich, die Enden ausschließlich in der Reihenfolge, die der Hersteller vorgibt, zu verbinden, um die Verwendung des Paares zu gewährleisten. Ansonsten ist die Einhaltung der differenziellen Signalschaltung im Paar von Leitern und das Paar bleibt gegenüber äußeren Störungen und der eigenen Abstrahlung unempfindlich
 - **Leitern müssen bei der Installation nur für die unvermeidbare Länge auseinandergezogen werden**
 - Das Verhältnis von Stäbenpaarung beeinflusst das resultierende induktive Glied der Impedanz. Eine Verletzung des Verhältnisses, z. B. bei unempfindlicher Installation (Zug des Kabels, Verklemmung), führt zu einer Verschlechterung der Übertragungseigenschaften

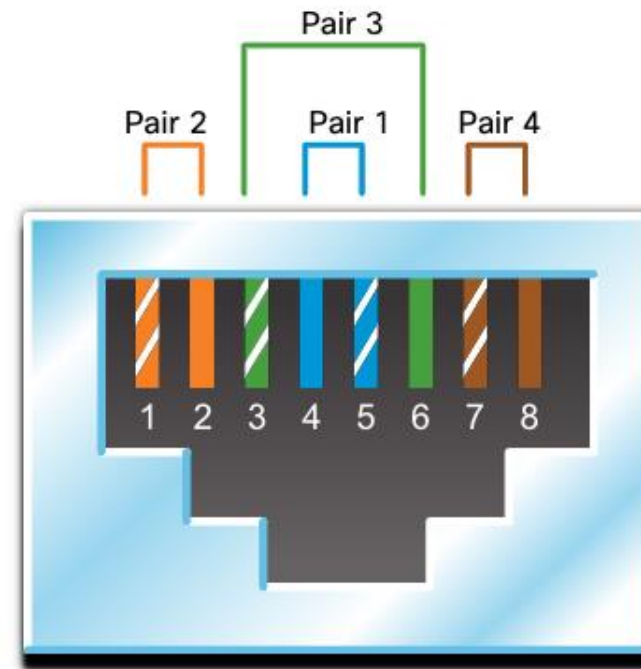
Metalické médiá – normy pre zapájanie TP

- **Priamy** kábel (straight-through) má rovnako zapojené oba konce
 - Používa sa na prepojenie PC ↔ prepínač, PC ↔ WiFi smerovač, prepínač ↔ smerovač
- **Krížený** kábel (crossover) má prekrížené vstupy a výstupy
 - Používa sa na prepojenie rovnakých zariadení medzi sebou, napr. PC ↔ PC, prepínač ↔ prepínač, smerovač ↔ smerovač
- **Konzolový** kábel (rollover) má zrkadlovo otočené poradie žíl na oboch koncoch
 - Používa sa výlučne na prístup ku konzolovému portu (nielen) Cisco zariadení spolu s redukciou medzi COM portom a koncovkou RJ45

Metalické médiá – normy pre zapájanie TP



T568A

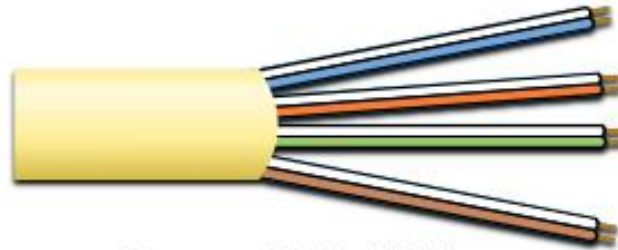


T568B

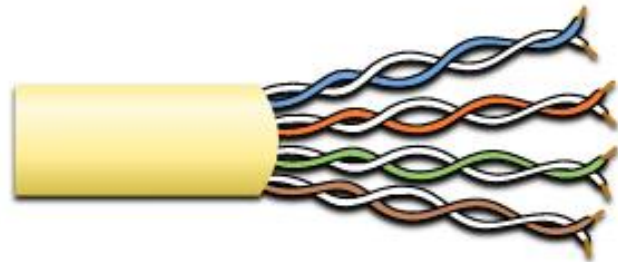
Metalické médiá – využitie tieneného TP

- Použitie tieneného TP kábla prináša dodatočné požiadavky
 - **Ak je TP kábel tienený, musia byť tienené všetky inštalačné komponenty** – koncovky, zásuvky, prepojovacie panely apod.
 - **Tienenie má byť zapojené súvisle z oboch strán kábla**
 - Ak toto nie je možné zabezpečiť, tienenie má byť zapojené aspoň z jednej strany
 - Súvislé tienenie medzi dvojicou zariadení môže spôsobiť tok veľkých vyrovnávacích prúdov (potenciály zeme na dvojici zariadení nemusia byť rovnaké) – riziko poškodenia zariadení alebo úrazu. V takom prípade je lepšie tienenie nechať zapojené len na jednom konci
- TP kabeláž sa podľa svojich prenosových vlasností delí na kvalitatívne triedy označované ako **Cat5, Cat5e, Cat6, ...**
 - Čím vyššie číslo, tým kvalitnejší kábel
 - 10 Mbps Ethernet: minimálne Cat3
 - 100 a 1000 Mbps Ethernet (**1GbaseT**): minimálne Cat5e, max. vzdialenosť: 100 m
 - 10 Gbps Ethernet (**10GbaseT**): minimálne Cat6a, max. vzdialenosť: 100 m
 - 40 Gigabit Ethernet (**40GbaseT**) Cat8, max. vzdialenosť: 30 m

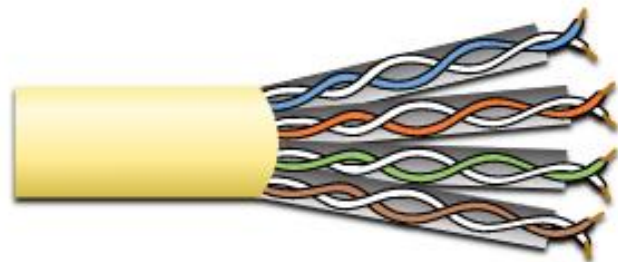
UTP triedy



Category 3 Cable (UTP)



Category 5 and 5e Cable (UTP)

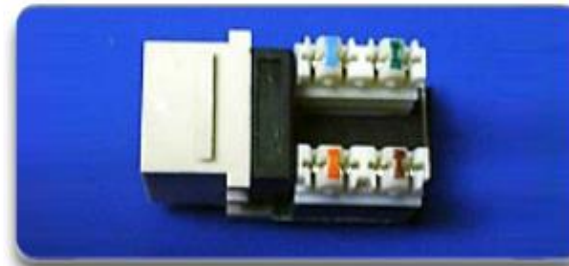


Category 6 Cable (UTP)

UTP konektory



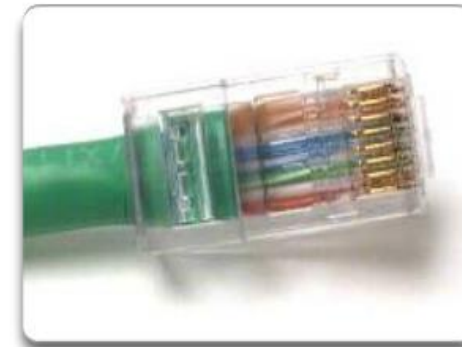
RJ-45 UTP Plugs



RJ-45 UTP Socket



Bad connector - Wires are exposed, untwisted, and not entirely covered by the sheath.



Good connector - Wires are untwisted to the extent necessary to attach the connector.

Testovanie UTP káblov

Parametre testovanie UTP káblov:

- Zapojenie pinov
- Dĺžka kábla
- Strata signálu z dôvodu útlmu (dĺžka, poškodenie kábla)
- Rušenie (Crosstalk)



Metalické médiá – WAN technológie

- Rôzne WAN technológie špecifikujú svoju vlastnú fyzickú vrstvu, ktorá „vyzerá“ výrazne inak ako typické LAN
 - Obvykle sa totiž jedná o rozhranie voči modemu s osobitným typom sériového komunikačného portu
- Medzi typické WAN technológie patria
 - V.35 – v našich laboch
 - X.21 – takisto používané v našich laboch
 - RS-232
 - Sériové rozhranie je Full-Duplex
 - Samostatné piny pre Tx a Rx

Types of WAN Connections

Cisco HDLC	PPP	Frame Relay	DSL Modem	Cable Modem
	EIA/TIA-232 EIA/TIA-449 X.21V.24 V.35 High Speed Serial Interface (HSSI)		RJ-11 Note: Works over telephone line	F Note: Works over Cable TV line



Router: Male Smart Serial



Network: Male Winchester Block Type

Metallische Medien – Nachteile

- Offensichtliches Problem aller metallischen Kabelsysteme ist ihre relativ geringe Störfestigkeit gegenüber externer Störung
 - Elektromagnetische Interferenz (EMI)
 - Radiomagnetische Interferenz (RFI)
- Auch, metallische Leitungen leiten Strom 😊
 - Gefahr von Verletzungen im Falle eines Durchschlags
 - Notwendigkeit, Datenleitungen von Versorgungs- und Leistungsleitungen zu trennen
 - Unannehmlichkeiten durch galvanische Verbindungen von Geräten



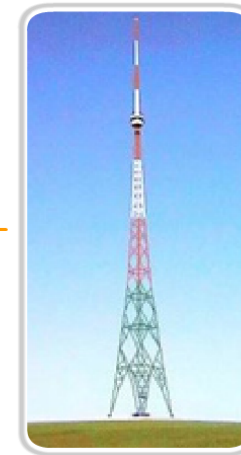
Sources of interference to data signals on copper media



Fluorescent lighting



Electric motors



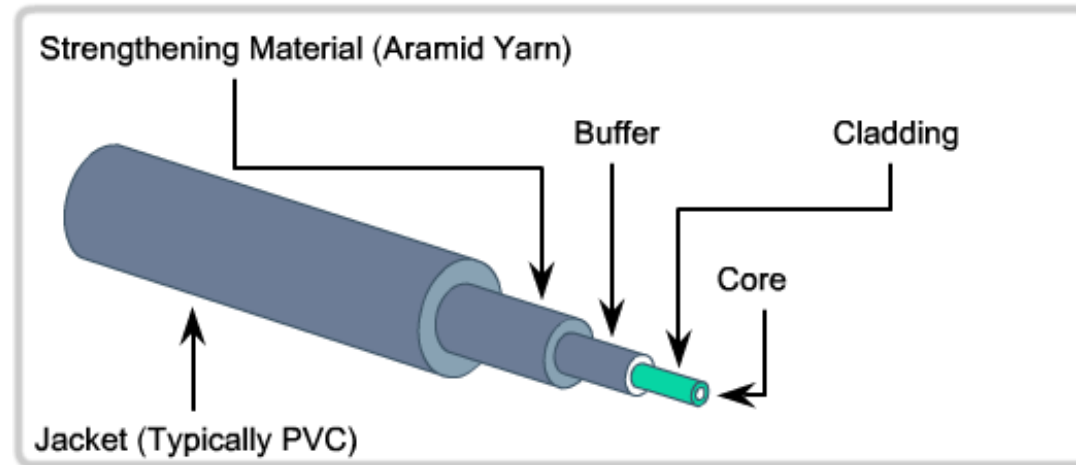
Radio waves

Optické médiá – charakteristika

- Optické médiá – sklené alebo plastové vlákna – odstraňujú sériu nevýhod metalických médií
 - Prenášajú signál vo forme svetelných impulzov istej vlnovej dĺžky, novšie technológie využívajú i rôzne vlnové dĺžky (farby svetla), prípadne polarizované lúče pre viacnásobné využitie vlákna
 - Nie sú ovplyvňované vonkajším rušením, ani rušenie nevyžarujú
 - Sú elektricky nevodivé, čím riešia sériu problémov
 - Majú vo všeobecnosti väčší dosah než metalické médiá
 - Dosiahnuteľné rýchlosti sú podstatne väčšie
- Samozrejme, majú svoje vlastné nevýhody
 - Médium, najmä jeho inštalácia, sú drahšie a náročnejšie
 - Údržba má precíznejšie požiadavky než pri metalických médiách
 - Médium je citlivejšie na hrubé mechanické zásahy, ako aj na nedodržanie predpísaných parametrov pri inštalácii

Optické médiá – štruktúra vlákna

- Optické vlákno má tri základné časti
 - Core – jadro, opticky aktívna časť
 - Cladding – plášť
 - Buffer – ochranný obal vlákna



Optické médiá – štruktúra vlákna

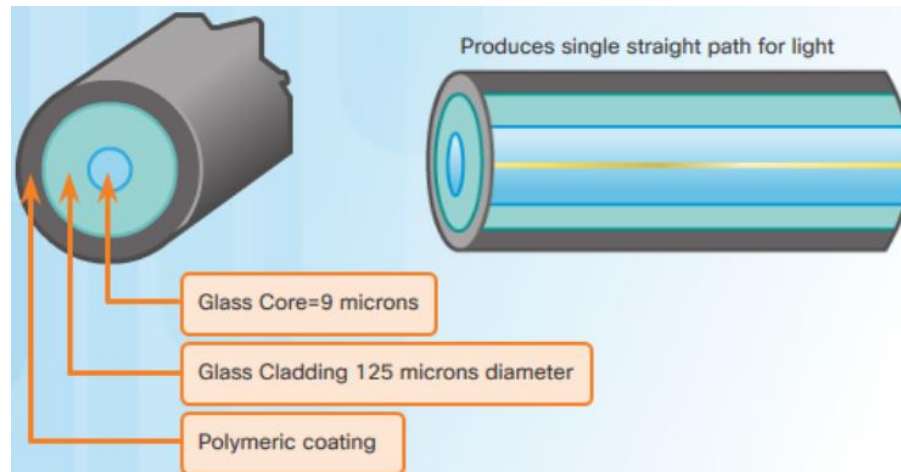
- Viaceré vlákna môžu byť v kábli potiahnuté ďalšou vrstvou tzv. primárnej ochrany, prípadne uložené v trubičkách. Celý kábel je chránený kevlarom a vonkajším obalom
- Väčšina technológií vyžaduje použitie dvoch vláken pre obojsmernú komunikáciu, avšak už niekoľko rokov existujú aj technológie, ktoré umožňujú pre obojsmernú komunikáciu využiť len jedno vlákno
 - Využitie viacerých vlnových dĺžok svetla, jedna dĺžka pre jeden smer komunikácie

Optické médiá – modalita vlákna

- Podľa priemeru jadra vlákna sa rozlišujú dva druhy
 - **Jednovidové** (single mode) – priemer 9 μm
 - **Viacvidové** (multimode) – priemer 50 μm alebo 62.5 μmPlášť (cladding) má vždy priemer 125 μm
- **Jednovidové vlákna** prenášajú len jeden mód šírenia svetla
 - Zjednodušene možné vysvetliť ako jedna „trajektória svetla cez vlákno“
 - Majú výrazne lepšie prenosové vlastnosti a dosahujú sa pomocou nich vzdialenosti až rádovo desiatok km
 - Technológia výroby kábla a koncových rozhraní (transceiverov) je drahšia, rovnako aj nároky na správnu inštaláciu
- **Viacvidové vlákna** prenášajú niekoľko módov šírenia svetla
 - Majú väčší útlm a horšie prenosové vlastnosti, avšak sú lacnejšie vrátane transceiverov
 - Dosah je rádovo v stovkách metrov

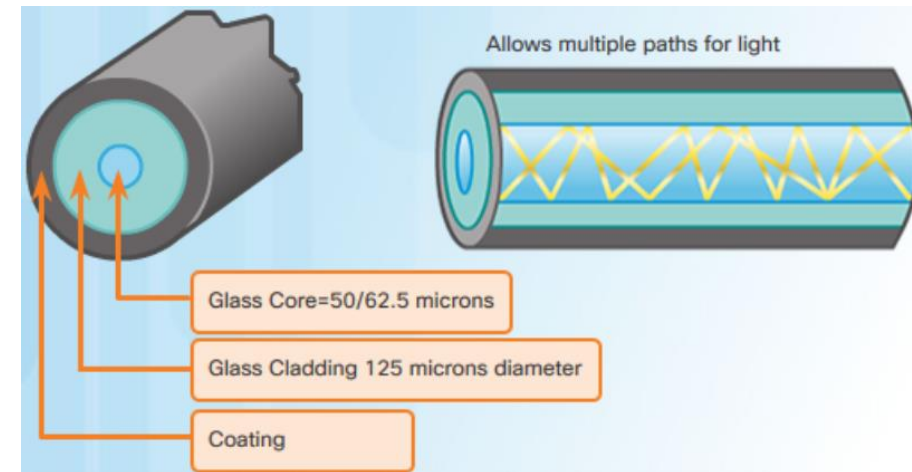
Optické médiá – modalita vlákna

Single-Mode Fiber



- Veľmi malé jadro
- Používa drahé lasery
- Veľké vzdialenosti

Multimode Fiber



- Väčšie jadro
- Používa lacnejšie LED diódy
- LED diódy prenášajú pod rôznymi uhlami
- Až 10 Gbps na vzdialenosť 550 metrov

Disperzia sa týka šírenia svetelného impulzu v priebehu času. Zvýšený rozptyl znamená zvýšenú stratu sily signálu. MMF má väčší rozptyl ako SMF, pričom maximálna vzdialenosť kábla pre MMF je 550 metrov.

Optické médiá – konektory



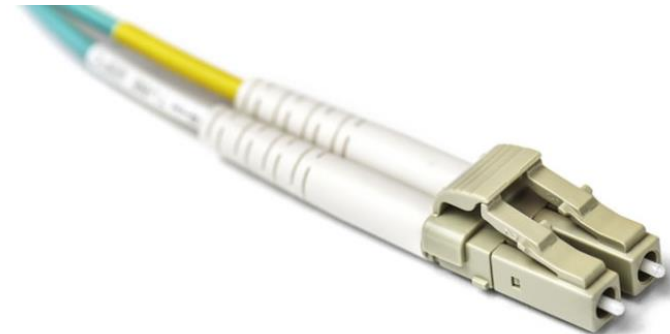
Straight-Tip (ST) Connectors



Lucent Connector (LC) Simplex Connectors



Subscriber Connector (SC) Connectors



Duplex Multimode LC Connectors

Optické patch káble



SC-SC MM Patch Cord



LC-LC SM Patch Cord



ST-LC MM Patch Cord



ST-SC SM Patch Cord

Žltý plášť je pre jednojodové optické káble a oranžový (alebo modrý) pre viacjodové optické káble.

Testovanie optického média



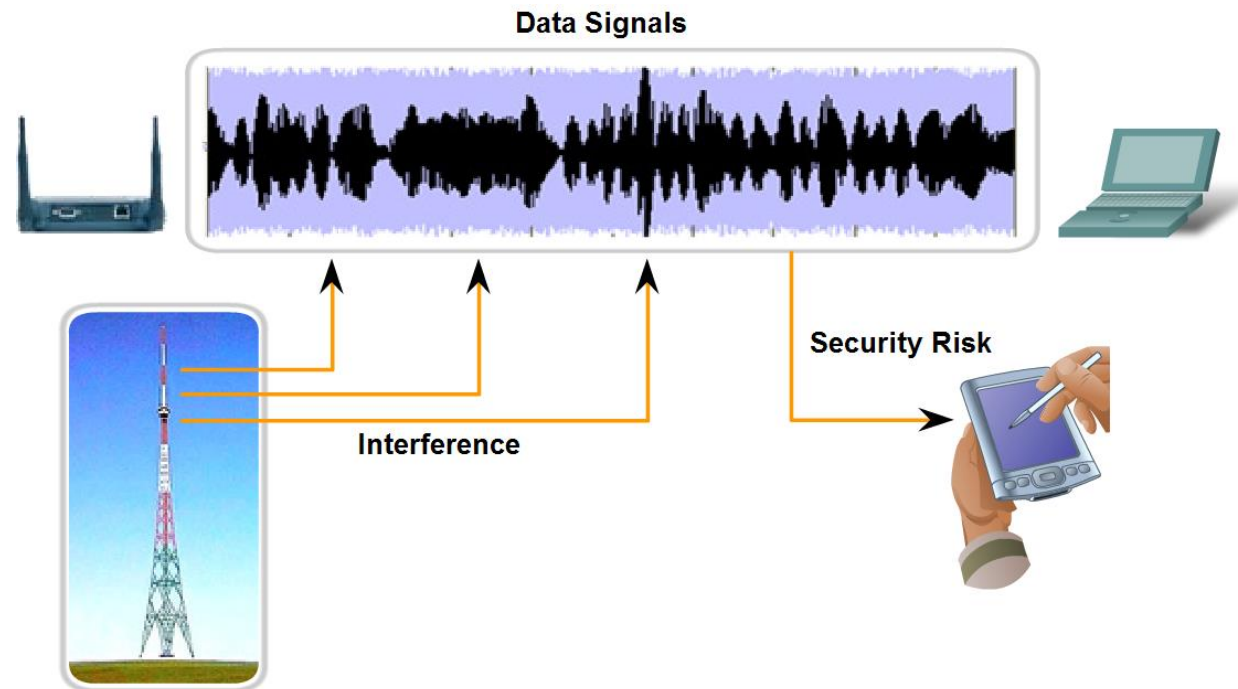
Optical Time Domain Reflectometer (OTDR)

Optické versus metalické média

Implementation Issues	UTP Cabling	Fiber-Optic Cabling
Bandwidth supported	10 Mb/s - 10 Gb/s	10 Mb/s - 100 Gb/s
Distance	Relatively short (1 - 100 meters)	Relatively long (1 - 100,000 meters)
Immunity to EMI and RFI	Low	High (Completely immune)
Immunity to electrical hazards	Low	High (Completely immune)
Media and connector costs	Lowest	Highest
Installation skills required	Lowest	Highest
Safety precautions	Lowest	Highest

Bezdrôtové médiá

- Ideou „bezdrôtových“ médií je prenos informácií vo forme elektromagnetického žiarenia
 - Jeden z najstarších spôsobov elektronickej komunikácie vôbec
- Súčasné bezdrôtové technológie patria do niektorej z nasledujúcich skupín:
 - 802.11: WiFi siete alebo Wireless LAN
 - 802.15: Bluetooth
 - 802.16: WiMAX
 - GSM, GPRS, EDGE
 - LTE



Bezdrôtové médiá



Bezdrôtové médiá – štandardy 802.11

Štandard	Maximálna rýchlosť	Frekvenčné pásmo	Spätná kompatibilita
802.11a	54 Mb/s	5 GHz	Žiadna
802.11b	11 Mb/s	2.4 GHz	Žiadna
802.11g	54 Mb/s	2.4 GHz	802.11b
802.11n	600 Mb/s	2.4 GHz alebo 5 GHz	802.11b/g
802.11ac	1.3 Gb/s (1300 Mb/s)	2.4 GHz a 5.5 GHz	802.11b/g/n
802.11ad	7 Gb/s (7000 Mb/s)	2.4 GHz, 5 GHz a 60 GHz	802.11b/g/n/ac

Bezdrôtové médiá – komponenty WiFi sietí

- Typické komponenty WiFi sietí sú
 - Prístupové body (access points)
 - Umožňujú klientom komunikovať medzi sebou a pripájajú bezdrôtovú bunku k pevnej sieti
 - Mosty (bridges)
 - Prepájajú dve oddelené pevné siete bezdrôtovým prepojom
 - Nie sú určené pre pripájanie klientov
 - Opakovače (repeaters)
 - Zosilňujú a preposielajú zachytený signál, čím zväčšujú dosah bezdrôtovej bunky
 - Klienti
 - Používatelia bezdrôtovej bunky

Wireless LAN



Bezdrôtové médiá – výhody a nevýhody

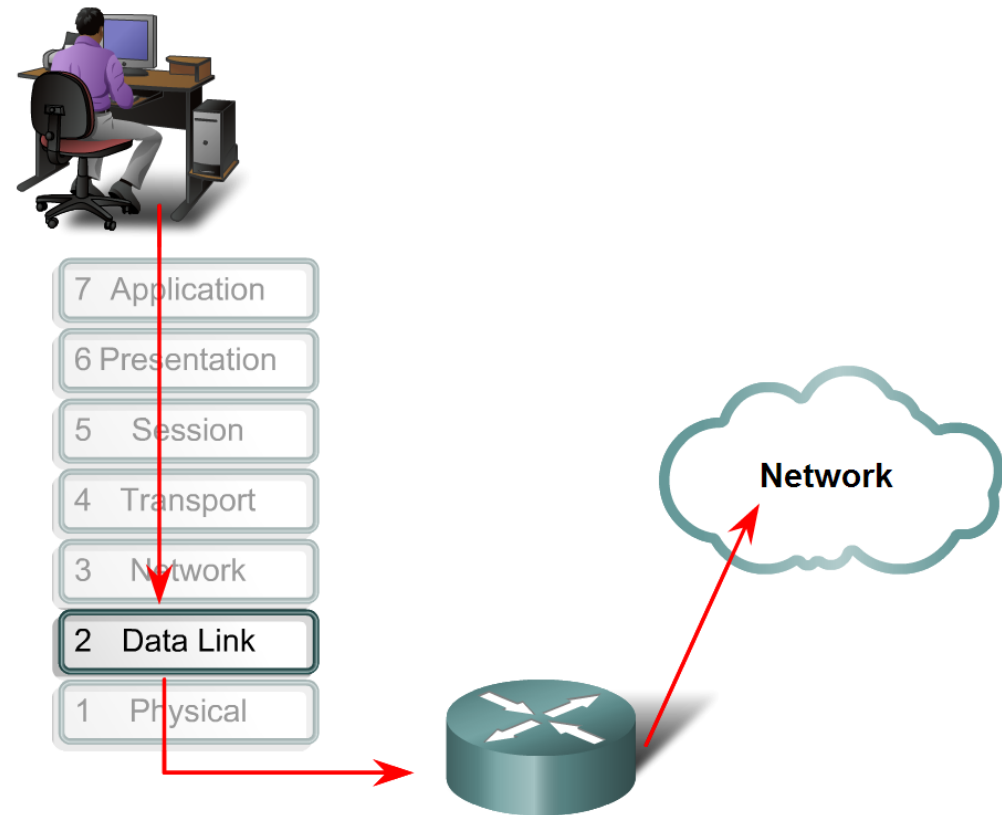
- **Výhody** bezdrôtových médií sú zrejmé
 - Mobilita
 - Plošné pokrytie
 - Operatívnosť, flexibilita
- ... a **nevýhody** tiež
 - Ľahkosť odpočívania komunikácie
 - Ťažkosti s vystopovaním polohy možného útočníka
 - Prakticky nemožné obmedziť šírenie signálu
 - Výkon siete premenlivý podľa aktuálnych podmienok prostredia
 - Principiálne zdieľané kolízne médium s poloduplexnou prevádzkou
- Bezdrôtové siete nemajú mať ambíciu nahradiť pevné siete, ale predĺžiť ich dosah tam, kde by inštalácia pevnej siete bola neúmerne zdĺhavá, náročná a neefektívna



Linková vrstva

Úlohy linkovej vrstvy

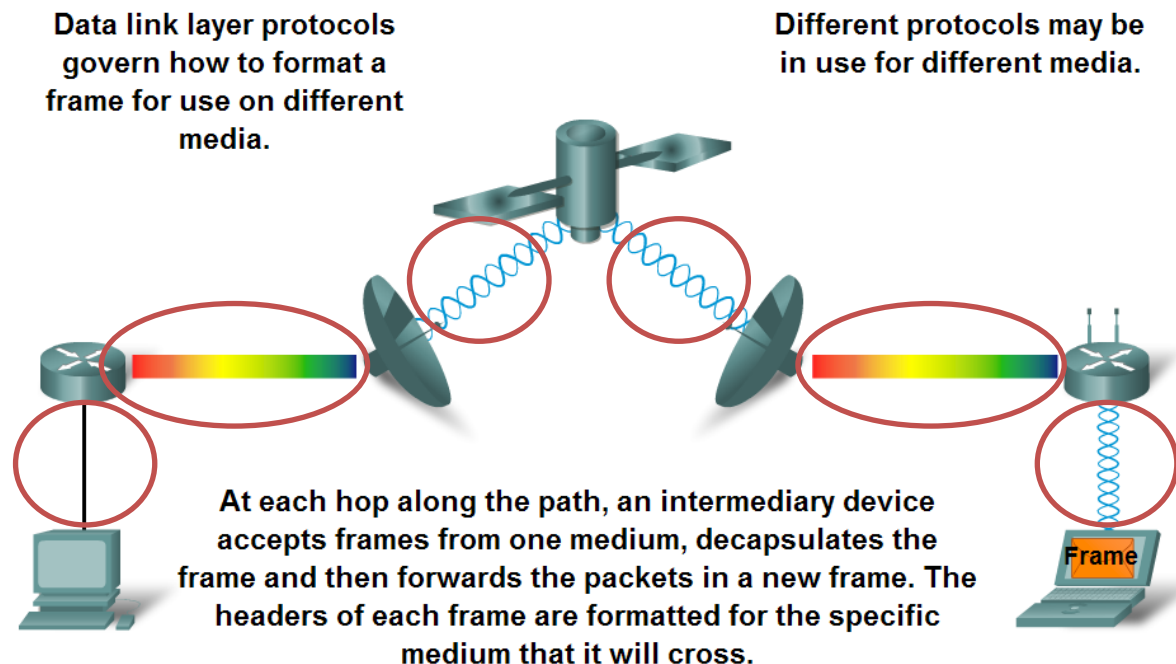
- Linková vrstva umožňuje komunikáciu susedných uzlov nad spoločným prenosovým médiom.
 - Komunikácia (prenos rámcov) dvoch alebo viacerých navzájom prepojených sieťových rozhraní toho istého typu.
- Úlohy linkovej vrstvy:
 - Zapúzdrenie paketov do rámcov
 - Identifikácia použitých protokolov L3
 - Adresovanie uzlov
 - Riadenie prístupu k médiu
 - Prenos dát nad médiom
 - Kontrola správnosti prenosu
 - Odlíšenie začiatku a konca rámcov



The Data Link layer prepares network data for the physical network.

Rozmanitosť technológií linkovej vrstvy

- Technológie linkovej vrstvy sú veľmi rozmanité z rôznych dôvodov:
 - Doba, v ktorej sa vyvíjali.
 - Prostredie, v ktorom sa mali používať (LAN, MAN, WAN).
 - Požiadavky na ich činnosť, rýchlosť, vlastnosti.
- Hranice medzi rôznymi linkovými technológiami sú na **smerovačoch**, ktoré zabezpečujú „preklad“ rámcov.
- Pakety pri ceste od odosielateľa k adresátovi veľmi často prechádzajú celým radom rôznych linkových technológií.
- Dôležitým faktom je, že formát PDU vyšších protokolov (L3+) sa **nemení**.



Autori štandardov linkovej vrstvy

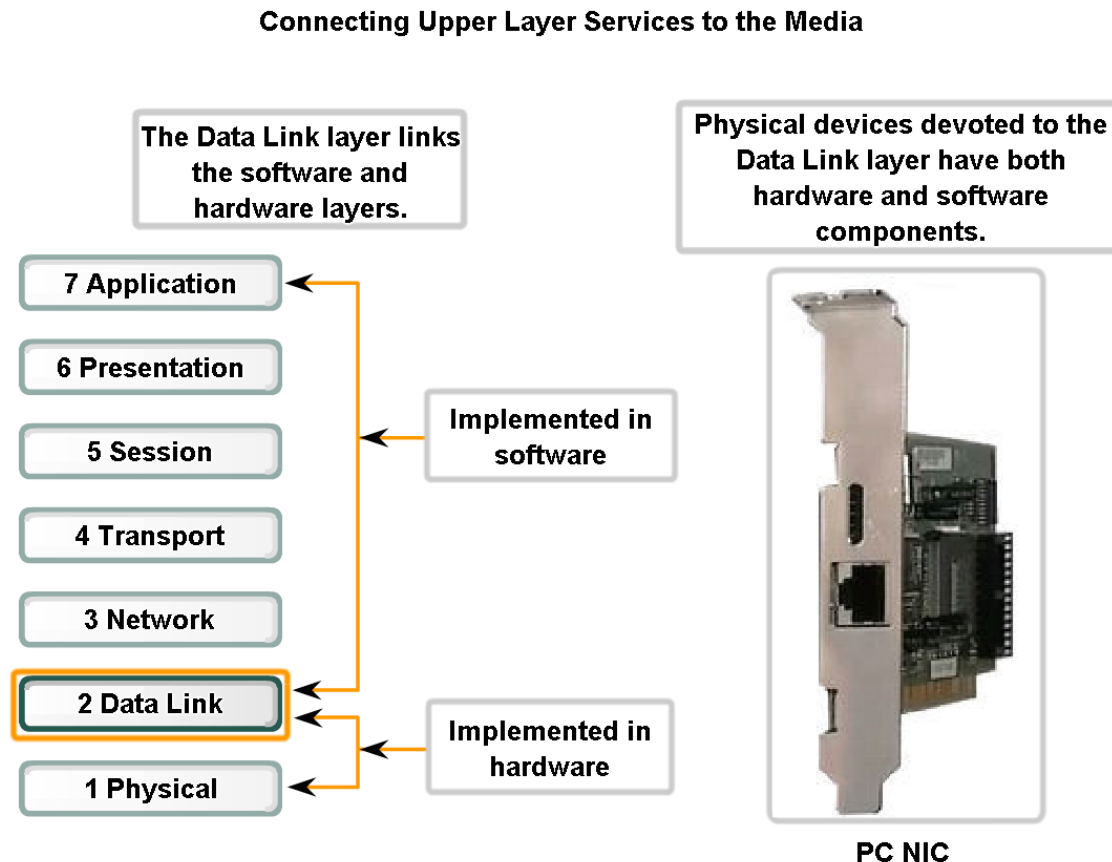
- Autormi otvorených štandardov a noriem pre linkovú vrstvu sú viaceré štandardizačné organizácie, medzi ktoré patria:
 - International Organization for Standardization (**ISO**)
 - Institute of Electrical and Electronics Engineers (**IEEE**)
 - International Telecommunication Union (**ITU**)
 - American National Standards Institute (**ANSI**)
- Tieto spoločnosti tvoria otvorené štandardy
- Vlastnú technológiu linkovej vrstvy si môžu vyvinúť priamo aj výrobcovia sieťových produktov.

Standards for the Data Link Layer

ISO:	HDLC (High Level Data Link Control)
IEEE:	802.2 (LLC), 802.3 (Ethernet) 802.5 (Token Ring) 802.11(Wireless LAN)
ITU:	Q.922 (Frame Relay Standard) Q.921 (ISDN Data Link Standard) HDLC (High Level Data Link Control)
ANSI:	3T9.5 ADCCP (Advanced Data Communications Control Protocol)

Podvrstvy LLC a MAC v linkovej vrstve

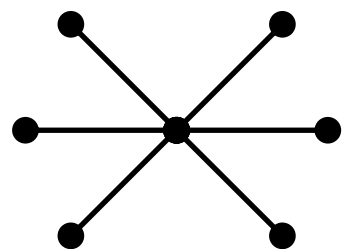
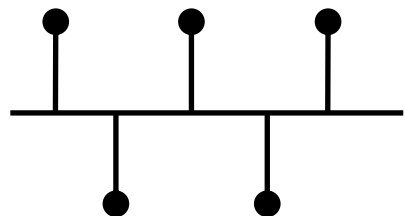
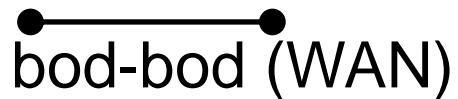
- Linková vrstva sa nachádza medzi rýdzo softvérovými časťami modelu OSI a medzi fyzickou, t.j. hardvérovo silne závislou vrstvou.
- Na úlohy linkovej vrstvy sa preto dá pozerat' aj ako na prispôsobenie a izolovanie softvérových vrstiev od osobitostí prenosu dát konkrétnou technológiou.
- Linková vrstva sa preto zvykne deliť na dve podvrstvy:
 - **Logical Link Control (LLC)**
 - **Media Access Control (MAC)**
- Úlohou vyššej podvrstvy LLC je najmä rozlíšiť rôzne L3 protokoly prenášané tou istou linkovou technológiou.
 - Voliteľne môže poskytovať ďalšie funkcie – číslovanie, potvrdzovanie.
- Úlohou nižšej podvrstvy MAC je najmä **riadenie prístupu k médiu a adresovanie** uzlov.



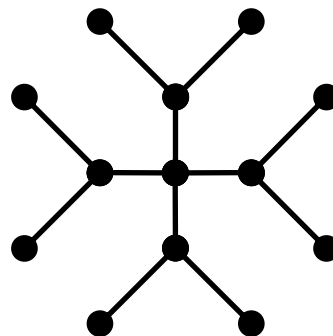
Topológie sietí

- Podľa druhu linkovej technológie je možné uzly siete medzi sebou fyzicky navzájom prepojiť rôznymi spôsobmi.
- Prenos dát medzi týmito uzlami má svoje pravidlá.
 - Oba tieto aspekty sa schovávajú v pojme „topológia“.
- Vo svete sietí má pojem „topológia“ dvojaký význam:
 - **Fyzická topológia**: spôsob vzájomného spojenia uzlov do spoločnej fyzickej siete.
 - **Logická topológia**: spôsob pohybu (doručovania) dát v sieti.
- Logické topológie
 - **Point-to-point**:
 - Zariadenia komunikujú vždy v páre, t.j. komunikácia je možná len medzi dvoma zariadeniami.
 - **Multiaccess** (známa aj ako **bus**, **zbernica** alebo **broadcast**):
 - Rámce sú doručované bez špecifického poradia, stanice súťažia o prenosové médium.
 - **Kruh (ring)**:
 - Rámce sú doručované staniciam v definovanom poradí, vysielateľ môže len stanica, ktorá vlastní token (povolenie vysielateľ).

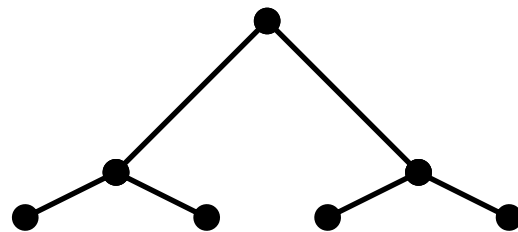
Fyzické topológie



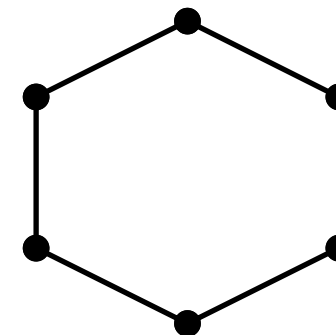
Hub&Spoke (pre WAN)



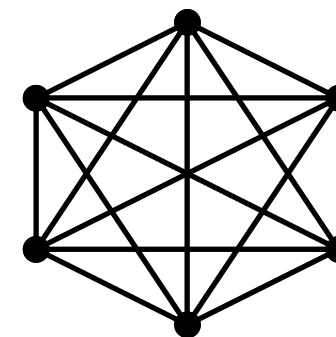
rozšírená hviezda (LAN)



Hierarchická (LAN)



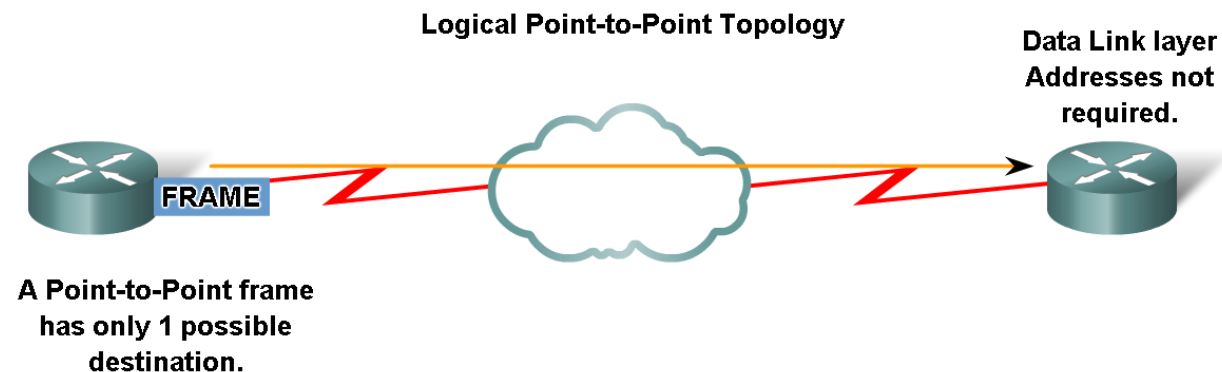
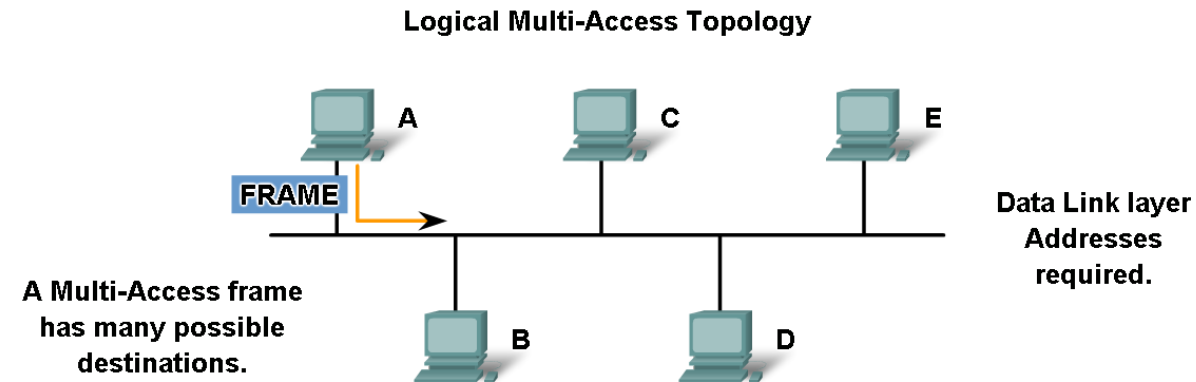
Kruh (LAN)



full mesh (WAN)

Dôležitosť adresovania uzlov

- Linkové technológie, ktoré dovoľujú prepojiť navzájom viac ako dva uzly (tzv. **multi-access**), musia umožniť jednoznačnú identifikáciu adresáta rámca – poskytnúť **adresovanie**.



Adresovanie uzlov na technológii bod-bod

- **Bod-bod** technológie majú problém s adresovaním implicitne vyriešený.
 - Odoslaný rámec bude prijatý (jediným) protiľahlým uzlom.
 - **Nie je rozdiel** medzi unicastom, multicastom a broadcastom.
 - Adresové pole v rámcoch týchto technológií buď úplne chýba, alebo je nastavené na konštantnú hodnotu.
- Typické bod-bod technológie použité vo WAN:
 - Serial Line IP (**SLIP**)
 - High-level Data Link Control (**HDLC**)
 - Point to Point Protocol (**PPP**)

Adresovanie uzlov na technológiách s viacnásobným prístupom (multi-access)

- Pri viacnásobnom prístupe je nutné, aby rámec niesol informáciu, kam má byť doručený – identifikátor adresáta rámca.
- Zaužívané sú dva prístupy:
 - Identifikácia **logického prepoja** nad fyzickým médiom.
 - Unikátna identifikácia **odosielateľa a príjemcu**.
- Identifikáciu logického prepoja používajú najmä technológie s virtuálnymi okruhmi.
 - Logický prepoj predstavuje virtuálny „drôt“ medzi dvojicou uzlov.
 - Každá dvojica zariadení, ktorá môže bezprostredne medzi sebou komunikovať, má medzi sebou svoj vlastný vyhradený logický prepoj.
 - Rámec nesie informáciu, do ktorého logického prepoja patrí.
 - Nepoužíva sa „zdrojový“ a „cieľový“ logický prepoj, ale jednoducho iba „prepoj“ – adresové pole je len jedno.
 - **ATM** – údaj Virtual Path ID/Virtual Circuit ID.
 - **Frame Relay** – údaj Data Link Connection ID.

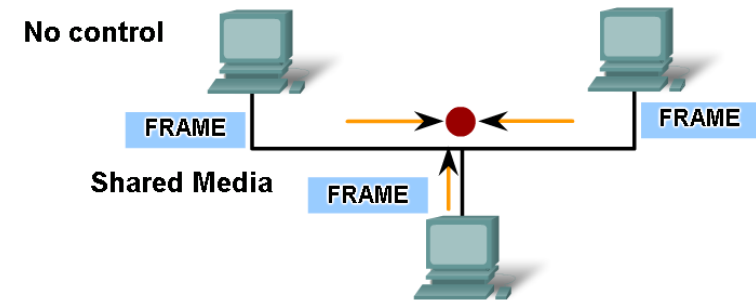
Adresovanie uzlov na technológiách s viacnásobným prístupom (multi-access)

- Unikátna identifikácia odosielateľa a príjemcu je najbežnejší spôsob adresovania rámcov.
 - Odosielateľ i príjemca sú v rámci identifikovaní v samostatných adresových poliach.
 - Ak je príjemcom skupina uzlov, používajú sa dohodnuté vyhradené adresy, počet adresových polí sa nemení (jedna zdrojová a jedna cieľová adresa).
- Doručovanie rámcov závisí od použitej prenosovej technológie.
 - Buď sa rámec doručí všetkým uzlom na spoločnom médiu a spracuje ho len jeho skutočný adresát.
 - Alebo už samotná linková technológia doručuje rámce len patričným adresátom, nie všetkým uzlom.

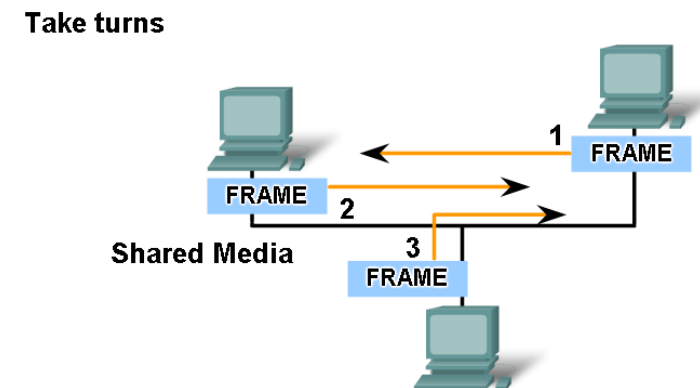
Riadenie prístupu k médiu

- Ďalšou z úloh linkovej vrstvy je stanoviť, akým spôsobom budú viaceré uzly, ktoré potrebujú odoslať dáta, používať spoločné komunikačné médium – je potrebné **riadiť prístup k médiu**, aby nedochádzalo ku kolíziám, alebo aspoň aby bolo možné zotaviť sa z nich.
- Pojmom **kolízia** sa označuje neželaný stav, keď viaceré stanice vysielajú naraz v tom istom čase a nie je rozumieť ani jednej z nich.
- Kolízia môže spôsobiť nenávratné zničenie prenášaných rámcov.
- Priestor siete, v ktorom môže dôjsť ku kolízii, sa nazýva **kolízna doména**.
- V priestore kolíznej domény smie v danom momente vysielat' **najviac jedna** stanica.

No control at all would result in many collisions. Collisions cause corrupted frames that must be resent.



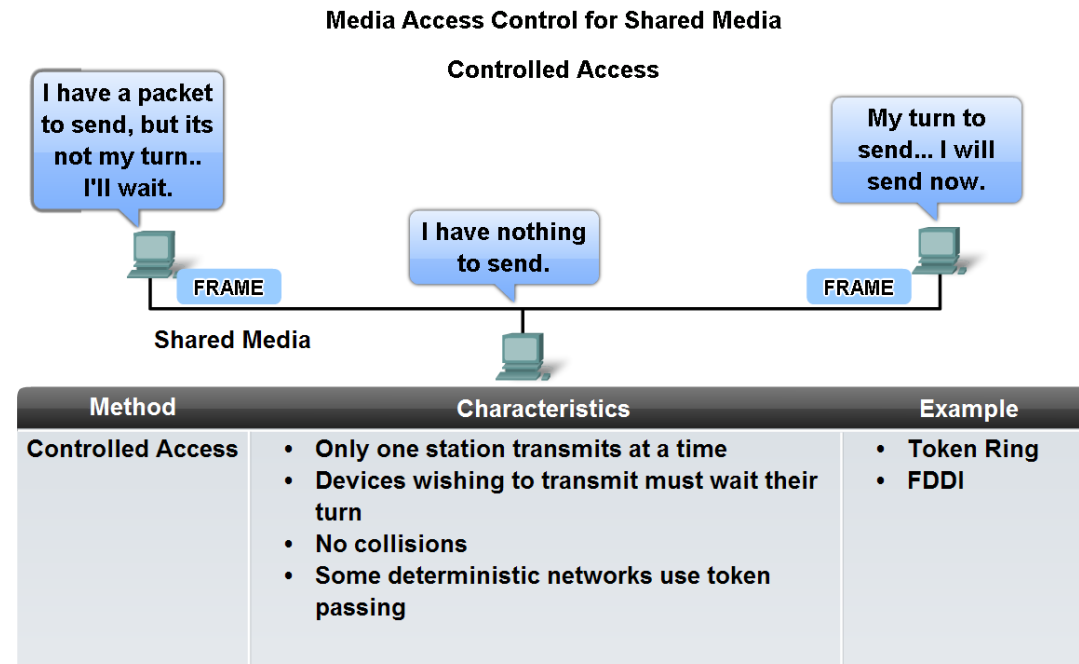
Methods that enforce a high degree of control prevent collisions, but the process has high overhead.



Methods that enforce a low degree of control have low overhead, but there are more frequent collisions.

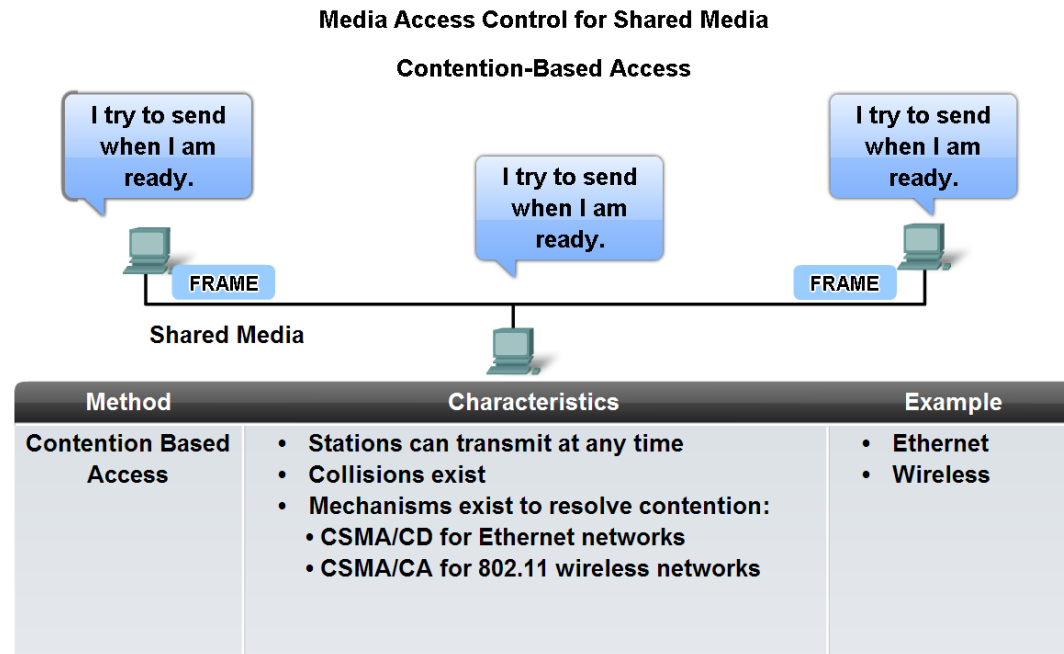
Deterministické prístupové metódy

- V **riadenom** (tzv. **deterministickom**) prístupe k médiu linková technológia stanovuje striktný mechanizmus, akým stanica s istotou vie, kedy môže vysielat' bez rizika spôsobenia kolízie.
 - Veľmi obľúbenou deterministickou metódou je tzv. **token passing** - stanice si v stanovenom poradí odovzdávajú špeciálnu správu, ktorá oprávňuje jej držiteľa (stanicu) odoslať istý objem dát.
 - Mechanizmus garantuje, že v jednotlivých kolíznych doménach vysielala najviac jedna stanica.
- Deterministické metódy riadenia prístupu síce predchádzajú vzniku kolízií, avšak sú **pomerne zložité** a vnášajú veľkú réžiu, t.j. sú **neefektívne**.



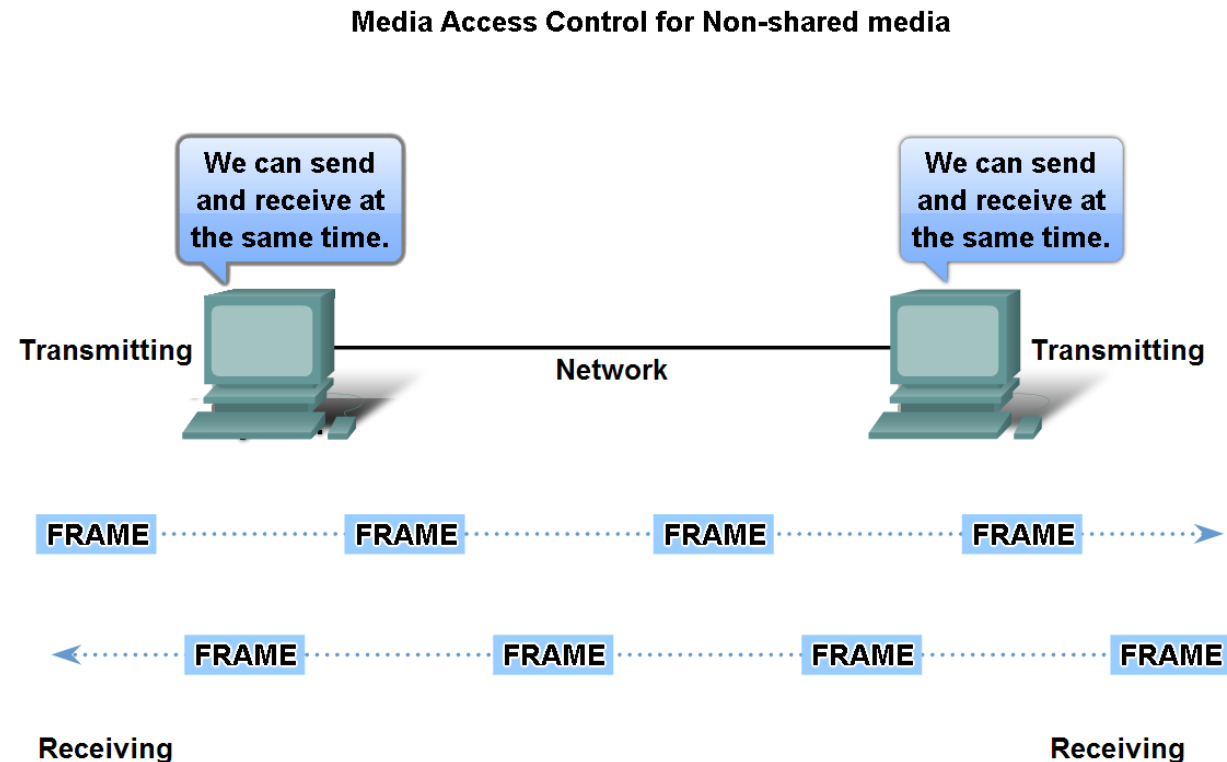
Stochastické prístupové metódy

- V **náhodnom** (tzv. **stochastickom**) prístupe k médiu stanice môžu vysielat' vždy, keď sa im zdá, že nevysiela nikto iný.
 - Niekedy tento predpoklad vyjde, inokedy zlyhá.
 - Kolízie teda v priestoroch kolíznej domény vznikajú budú, linková technológia im nedokáže s určitosťou predísť.
 - Stochastické prístupové metódy sa len snažia znížiť pravdepodobnosť vzniku kolízie a zároveň stanovujú mechanizmus, ako prípadnú kolíziu zistiť (detegovať) a zotaviť sa z nej.
- Metódy s náhodným prístupom sú **jednoduchšie**, avšak pri veľkom počte uzlov v kolíznej doméne výrazne **klesá prenosový výkon siete**.



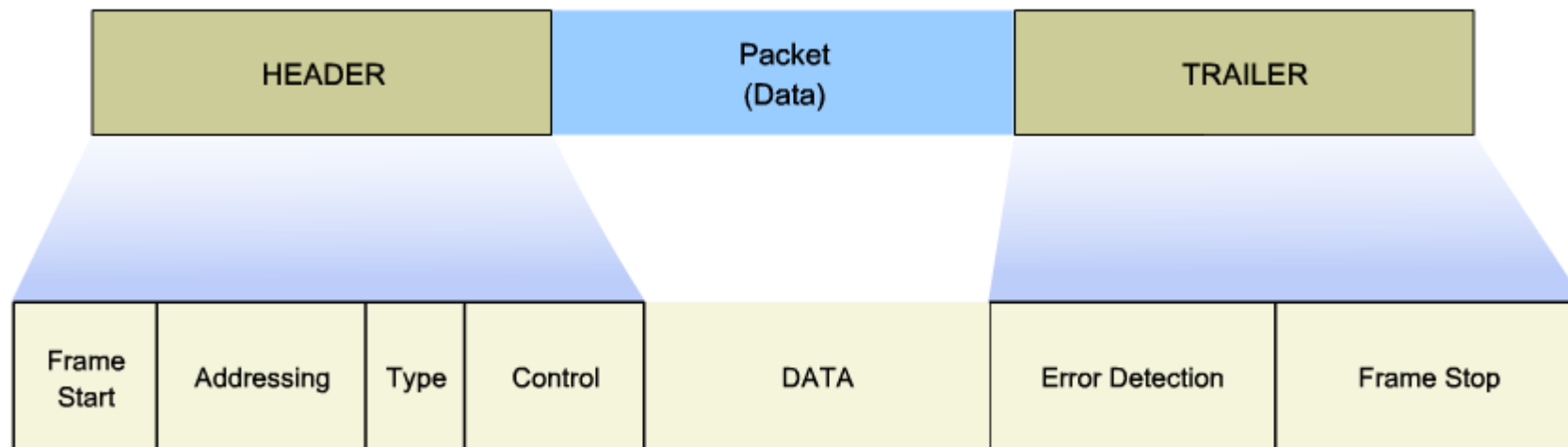
Schopnosť obojstrannej komunikácie

- Pojmom „duplex“ sa označuje schopnosť komunikovať obojsmerne:
 - **Half Duplex**: obojsmerná komunikácia je možná, ale nie súčasne. Stanica buď vysiela alebo prijíma dáta, no nie oboje naraz, v tom istom momente.
 - **Full Duplex**: obojsmerná komunikácia je možná kedykoľvek. Stanica môže vysielať aj prijímať súčasne.
- Ak je možné komunikovať v režime Full Duplex, potom **kolízie nemôžu nastať**.
 - Pri Full Duplex komunikácii linková technológia prenáša súčasné vysielenie dvoch staníc, čo by sa v kolíznom prostredí automaticky považovalo za kolíziu.



Formát rámcov linkovej vrstvy

- Rámce rôznych linkových technológií sa v detailoch môžu líšiť, ale ich celkový formát je veľmi podobný.
 - **Hlavička** rámca obsahuje adresové informácie, identifikuje typ celého rámca, druh dát prenášaných v tele rámca, prípadne dĺžku.
 - **Päta** rámca obsahuje najmä kontrolný súčet.
 - Hlavička i päta môžu obsahovať aj technologické pole, ktoré identifikuje začiatok a koniec rámca pre potreby sieťového rozhrania. Toto pole sa nazýva rôzne: Preamble, Start-of-Frame Delimiter, Flag.



Príklady formátov rámcov linkovej vrstvy

- Rámec LAN technológie **Ethernet**

Preamble	Destination	Source	Type	Data	Frame Check Sequence
8B	6B	6B	2B	46B-1500B	4B

- Rámec WAN technológie **PPP**

Flag	Address	Control	Protocol	Data	Frame Check Sequence
1B	1B	1B	2B	variable	2B or 4B

Príklady rámcov rôznych technológií

PPP

Flag	Adresa	Control	Protocol	Data (PDU L3)	FCS	Flag
01111110	0xff	0x03	0x0021	Rozna veľkosť	2B / 4B	01111110

cHDLC

Flag	Adresa	Control	Protocol	Data (PDU L3)	FCS	Flag
01111110	0x0f	0x00	0x0800	Rozna veľkosť	4B	01111110

Frame Relay

Flag	FR hlavička	Type	Data (PDU L3)	FCS	Flag
01111110	0x3091	0x0800	Rozna veľkosť	2B	01111110

DLCI (6b)	C/R	EA	DLCI (4b)	FECN	BECN	DE	EA
-----------	-----	----	-----------	------	------	----	----

DLCI = 0xC9 (201)



UNIVERSITY OF ŽILINA
Faculty of Management Science
and Informatics



Ďakujem za pozornosť.

*Doma treba prečítať kapitoly 4 a 6, spraviť si kvízy 4 a 6 z portálu Netacad, a vyplniť **anketu** k prednáške a cvičeniu tohto týždňa.*



Networking
Academy