

Principy a možnosti počítačových sítí

RNDr. Jaroslav PELIKÁN, Ph.D.

katedra počítačových systémů a komunikací
Fakulta informatiky Masarykovy univerzity
Botanická 68a, 602 00 BRNO

: +420 – 549 495 751

E-mail: pelikan@fi.muni.cz

<http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan>

Osnova (1)

- Počítačové sítě
- Přenosová média používaná v počítačových sítích:
 - koaxiální kabel
 - kroucená dvojlinka
 - optický kabel
- Rozdělení počítačových sítí
- Topologie počítačových sítí:
 - fyzické topologie
 - logické topologie

Osnova (2)

- Přístupové metody:
 - deterministické (centralizované, decentralizované)
 - pravděpodobnostní
- Architektury počítačových sítí:
 - Ethernet (10Base2, 10Base5, 10BaseT, ...)
 - Fast Ethernet (100BaseT, 100BaseVG)
 - Gigabit Ethernet (1000BaseX, 1000BaseT)
 - 10 Gigabit Ethernet
 - FDDI
 - ATM

Osnova (3)

- Bezdrátové lokální počítačové sítě – WLAN:
 - topologie pro WLAN
 - rozdělení bezdrátových počítačových sítí
 - Wireless Ethernet (IEEE 802.11x)
- Standard ISDN
- Technologie DSL
- Virtuální lokální sítě – VLAN
- Hierarchie digitálních signálů
- Sít' SONET

Literatura

- Stallings, William: *Local & Metropolitan Area Networks*, Prentice Hall 2000
- Hejna, Ladislav: *Lokální počítačové sítě*, Praha: Grada 1994
- Schatt, Stan: *Počítačové sítě LAN od A až do Z*, Praha: Grada 1994
- Thomas, Robert M.: *Lokální počítačové sítě*, Praha: Computer Press 1996
- Feibel, Werner: *Encyklopedie počítačových sítí*, Praha: Computer Press 1996

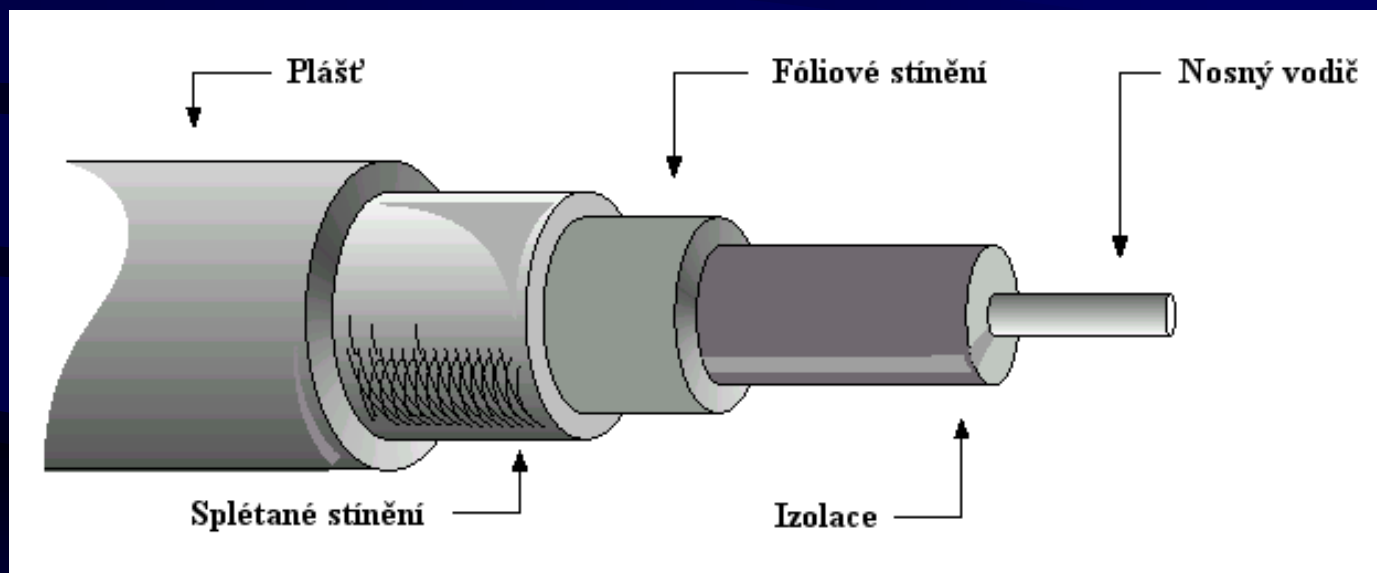
Počítačová síť – Network

- Síť tvořená vzájemně propojenými počítači
- Jednotlivé počítače se označují jako **stanice** (workstations), popř. **uzly** (nodes)
- Propojení počítačů je realizováno pomocí:
 - **přenosového média**
 - **síťové karty** (**NIC** – Network Interface Card)
- Umožňuje přenos dat mezi počítači a poskytování **síťových služeb** (sdílení diskových kapacit, tisk na tiskárnách apod.)

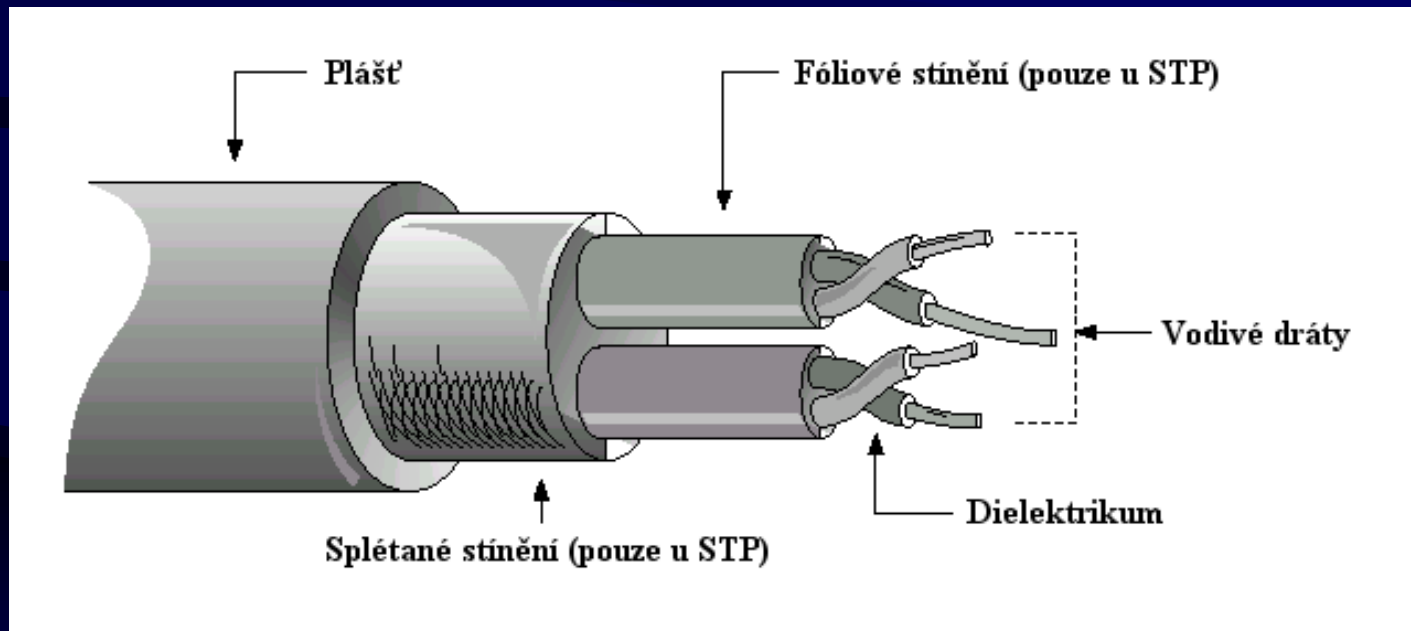
Přenosová média

- Fyzická média, kterými jsou přenášena data, hlasový signál nebo jiný typ signálu ke svému cíli
- Mezi nejběžnější přenosová média patří:
 - **elektrické vodiče** (obvykle měděné):
 - koaxiální kabel (silný, tenký)
 - kroucená dvojlinka
 - **optická vlákna**
 - **vzduch** (bezdrátový přenos)

Koaxiální kabel (Coaxial Cable)

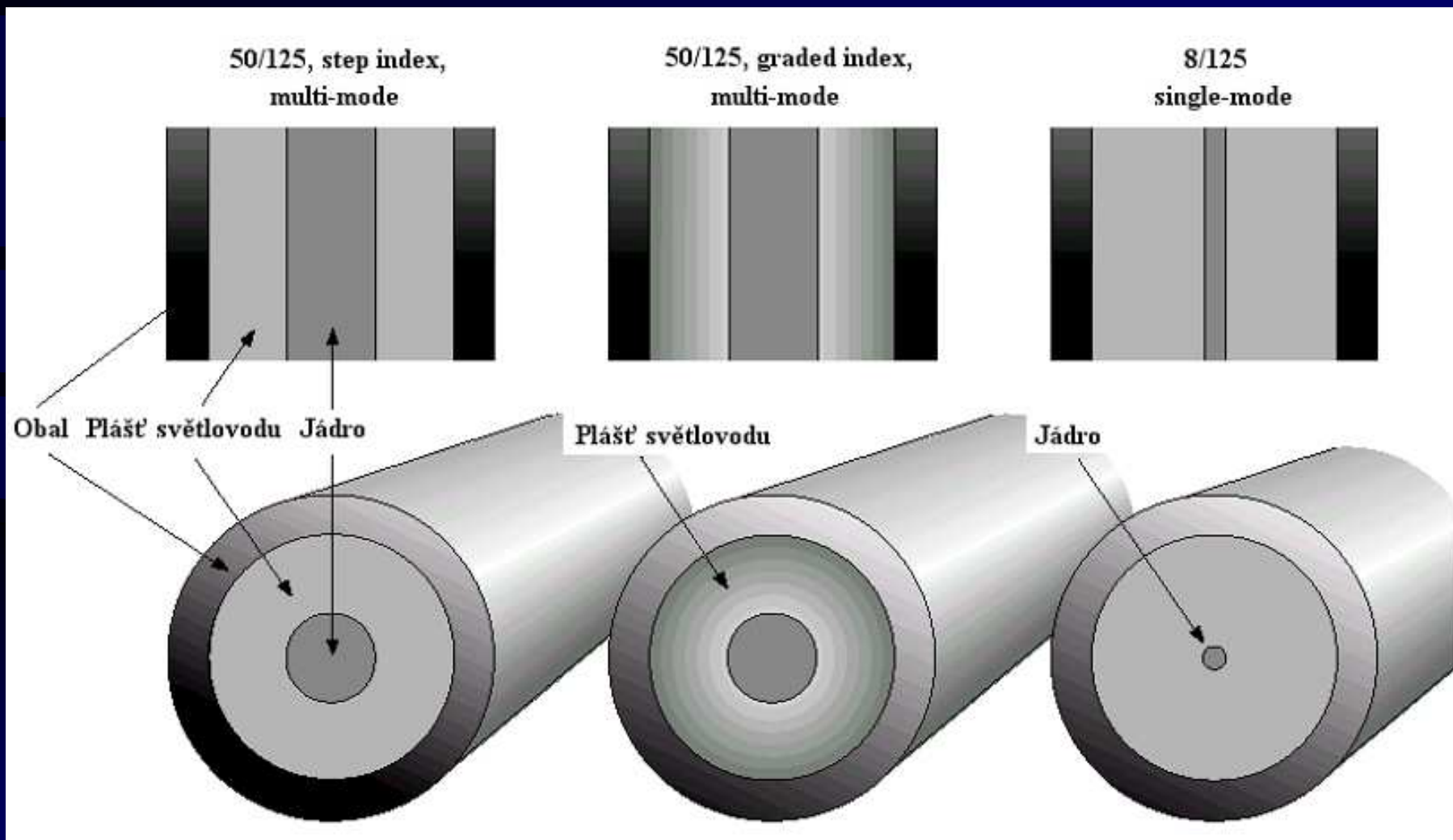


Kroucená dvojlinka (TP – Twisted Pair)



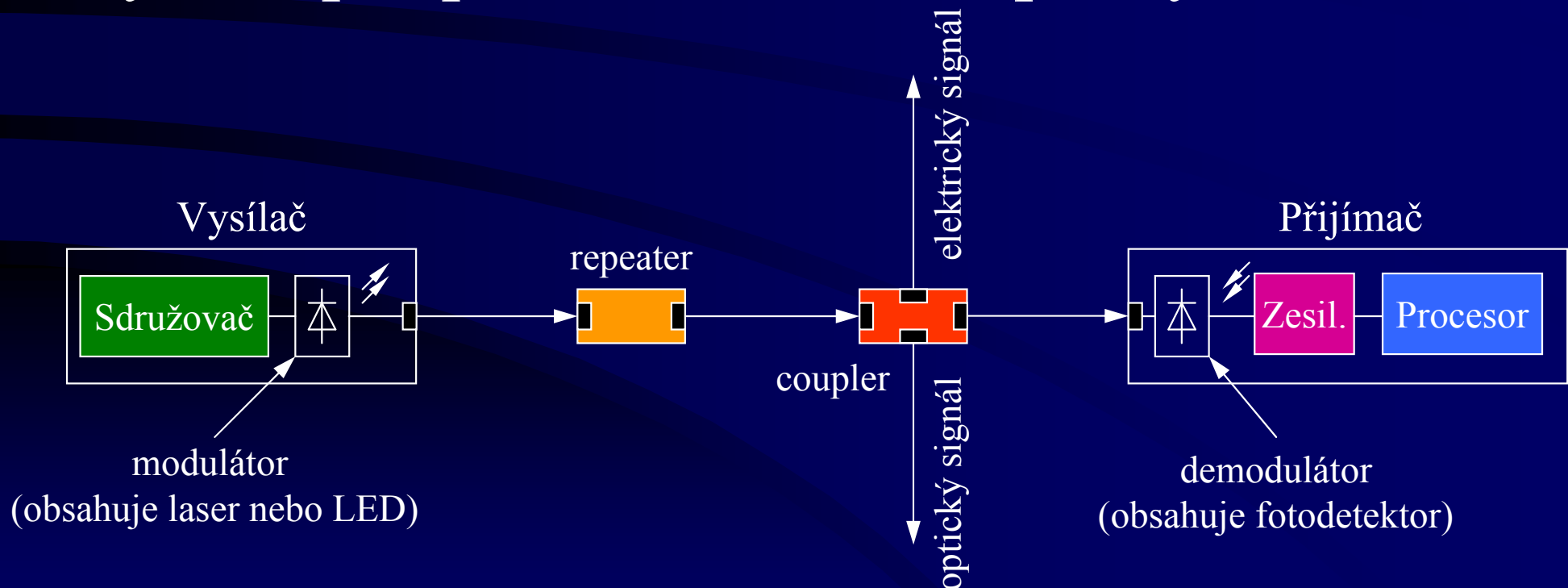
Optický kabel (1)

(FP – Fibre Optic)



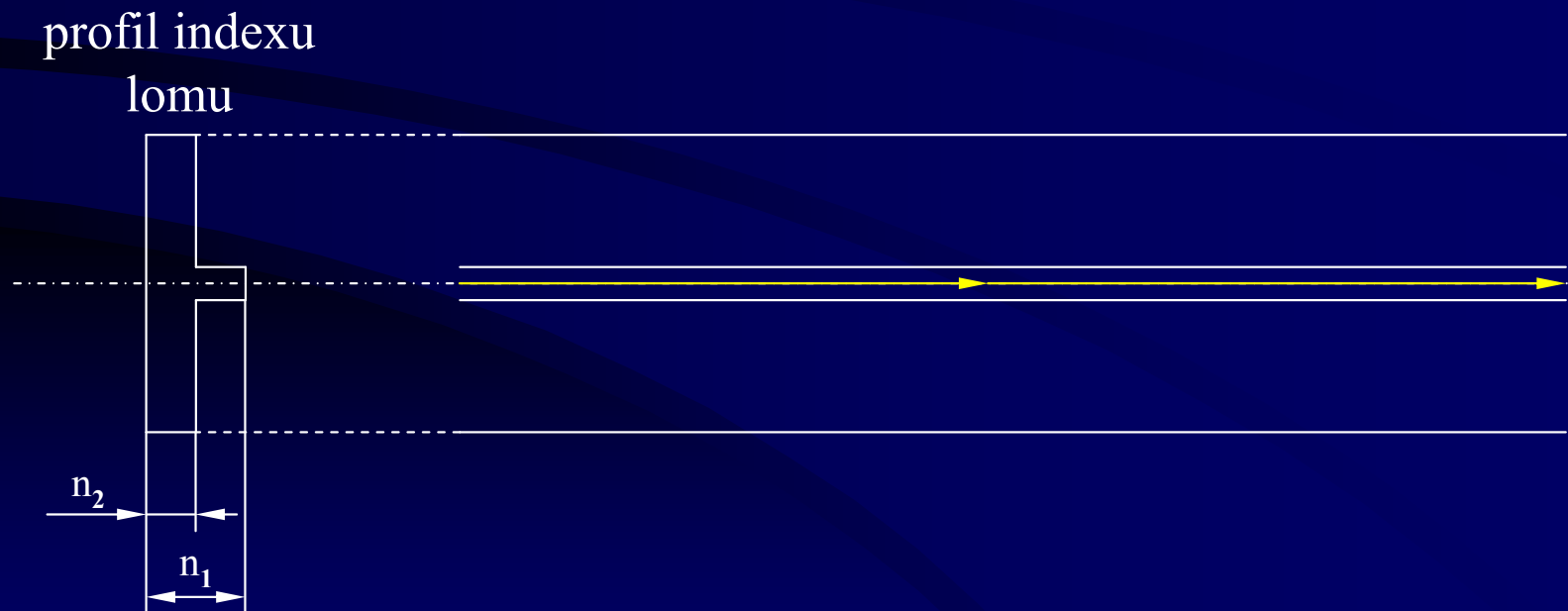
Optický kabel (2)

- Označováný též jako fiber optic
- Médium, které přenáší signály prostřednictvím světla (nikoliv elektriny)
- Systém pro přenos informací optickým kabelem:



Optický kabel (3)

- Rozdělení optických kabelů:
 - **jednovidové (single-mode):**
 - jádro je velmi úzké (méně než 10 mikronů)
 - světlo může v jádru postupovat jen jednou cestou
 - má velmi malý útlum



Optický kabel (4)

– multividové (multi-mode):

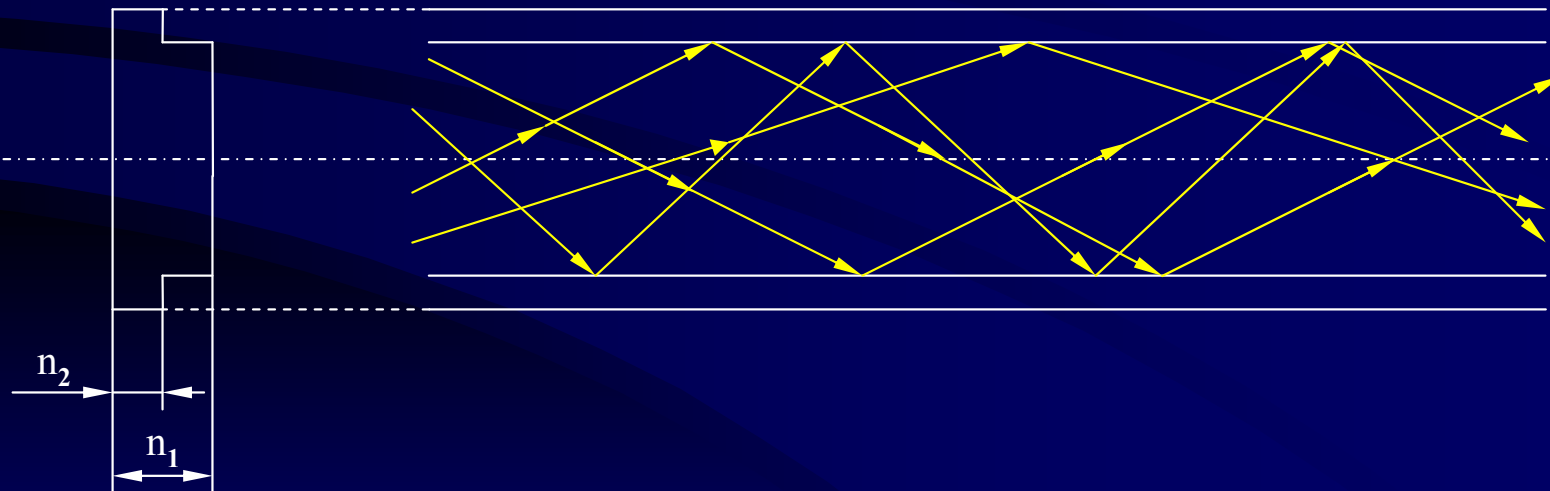
- mají tlustší jádro
- světelný paprsek má více prostoru a může probíhat v jádru více cestami
- více módů (světelných průběhů) v přenosu může vést k rušení signálu na straně přijímače
- vyrábějí se dva typy:
 - step index
 - graded index

Optický kabel (5)

– multi-mode step index:

- kabel se skokovou změnou v indexu lomu

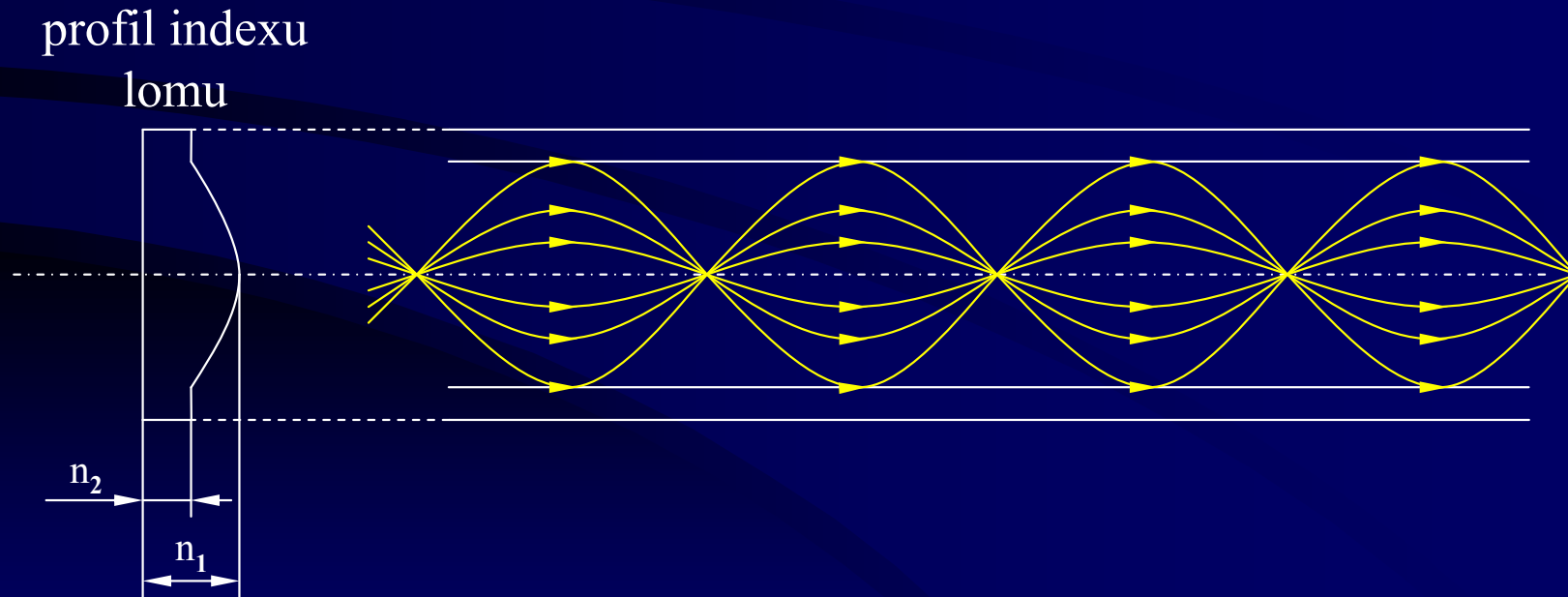
profil indexu
lomu



Optický kabel (6)

– multi-mode graded index:

- kabel s postupnou změnou indexu lomu
- vede lépe světelný signál a má nižší útlum i menší modální disperzi

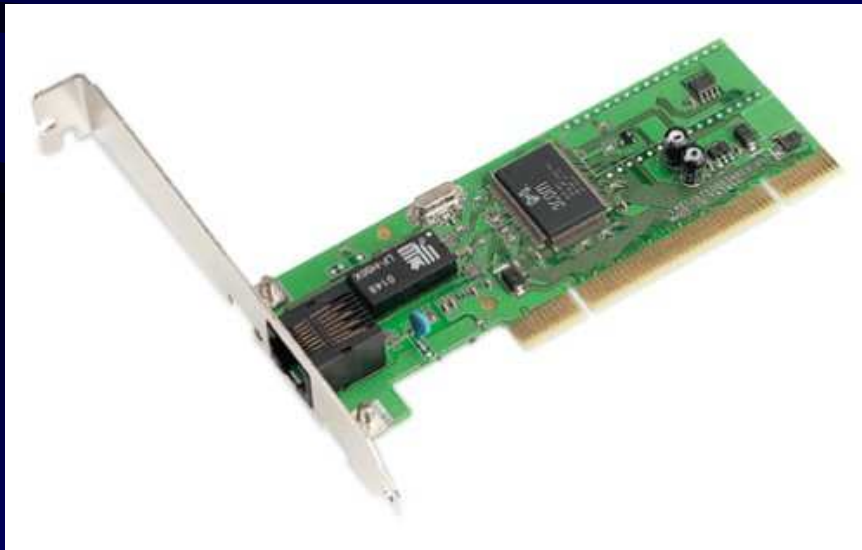


Síťová karta (1)

- Karta umožňující připojení počítače do počítačové sítě
- Určuje, do jakého typu sítě (síťové architektury) může být počítač připojen:
 - Ethernet
 - Fast Ethernet
 - Gigabit Ethernet
 - 10 Gigabit Ethernet
 - Token-Ring
 - ATM (Asynchronous Transfer Mode)
 - ARCnet

Síťová karta (2)

- Bývá vybavena konektory pro připojení přenosového média:
 - **BNC**: pro tenký koaxiální kabel
 - **Canon (AUI)**: pro silný koaxiální kabel
 - **RJ-45**: pro kroucenou dvojlinku



Rozdělení počítačových sítí (1)

- Podle rozsahu:
 - LAN (Local Area Network):
 - rozsah cca do 1 km
 - většinou síť v rámci jedné organizace
 - obsahuje řádově desítky až stovky počítačů
 - spravovaná jedním administrátorem či skupinou vzájemně spolupracujících administrátorů
 - příklad: počítačová síť ve škole

Rozdělení počítačových sítí (2)

– MAN (Metropolitan Area Network):

- rozsah cca do 160 km
- používá zpravidla přenosové rychlosti nad 100 Mb/s

– WAN (Wide Area Network):

- síť velkého rozsahu (stovky, tisíce km)
- spojuje jednotlivé LAN, MAN, ...
- obsahuje tisíce počítačů
- spravovaná na sobě nezávislými skupinami administrátorů
- příklad: Internet

Rozdělení počítačových sítí (3)

- Podle přístupu počítače do sítě:
 - peer-to-peer:
 - vhodné pro sítě s menším počtem počítačů (do 10)
 - žádný počítač není stále server a žádný počítač není stále client
 - každý počítač může být v jistém okamžiku serverem i clientem
 - podporovány OS MS-Windows 3.11 (9x, Me, NT, 2000, XP), Lantastic, NetWare Lite

Rozdělení počítačových sítí (4)

– Client-Server:

- pevně je určeno, které počítače jsou servery a které jsou pracovní stanice
- vhodné pro sítě s větším počtem počítačů (nad 10)
- podporovány OS MS-Windows NT (2000, XP), Novell NetWare, UNIX

Rozdělení počítačových sítí (5)

- Podle rychlosti přenosu dat:
 - do 256 kb/s:
 - první sítě s počítači Apple MacIntosh
 - do 10 Mb/s:
 - sítě pro kancelářské aplikace
 - Ethernet, ARCnet, Token-Ring
 - do 100 Mb/s:
 - průmyslové aplikace
 - Fast Ethernet (100 Mb/s)
 - nad 100 Mb/s:
 - Gigabit Ethernet (1 Gb/s)
 - ATM (155,52 Mb/s až 2,488 Gb/s)

Rozdělení počítačových sítí (6)

- Komunikace mezi počítači:
 - přepojování okruhů (circuit switching):
 - spočívá ve vytvoření fyzického datového spoje mezi účastnickými počítači nebo uživateli terminálu
 - vytvoří se cesta mezi koncovými uzly na celou dobu spojení
 - data mezi dvěma počítači se přenášejí v celku
 - v okamžiku přenosu dat nemůže k síti přistoupit nikdo třetí
 - vhodné pro telefonní linky

Rozdělení počítačových sítí (7)

– přepínání packetů (packet switching):

- data se přenášejí v malých blocích – packetech
- je možné, aby několik packetů cestovalo ke svému cíli souběžně
- vyslané packety nemusí používat stejnou datovou cestu a nemusí dorazit k cíli v pořadí, ve kterém byly vyslány
- v době přenosu mezi dvěma počítači mohou k síti přistupovat jiní uživatelé

Režimy komunikace

- **Simplex**: přenos informací může probíhat pouze v jednom směru (vysílač → přijímač)
- **Half Duplex (HDX)**: přenos informací může probíhat obecně v obou směrech, ale nikoliv zároveň. V jednom okamžiku se mohou informace přenášet pouze jedním směrem.
- **Full Duplex (FDX)**: přenos informací může probíhat v obou směrech zároveň

Topologie sítí

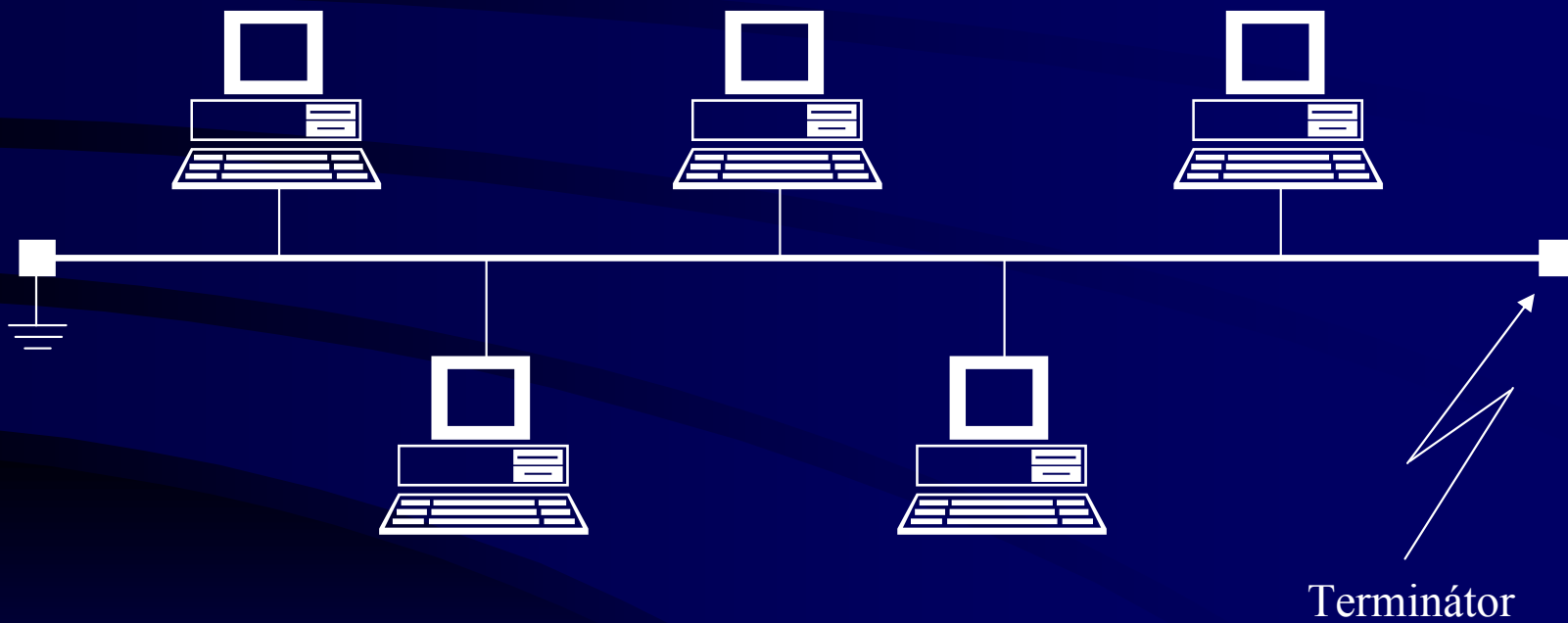
- **Fyzická:**

- je dána způsobem fyzického propojení všech komponent sítě (pracovních stanic, serverů a speciálních komunikačních zařízení)
- definuje kabelové rozložení sítě

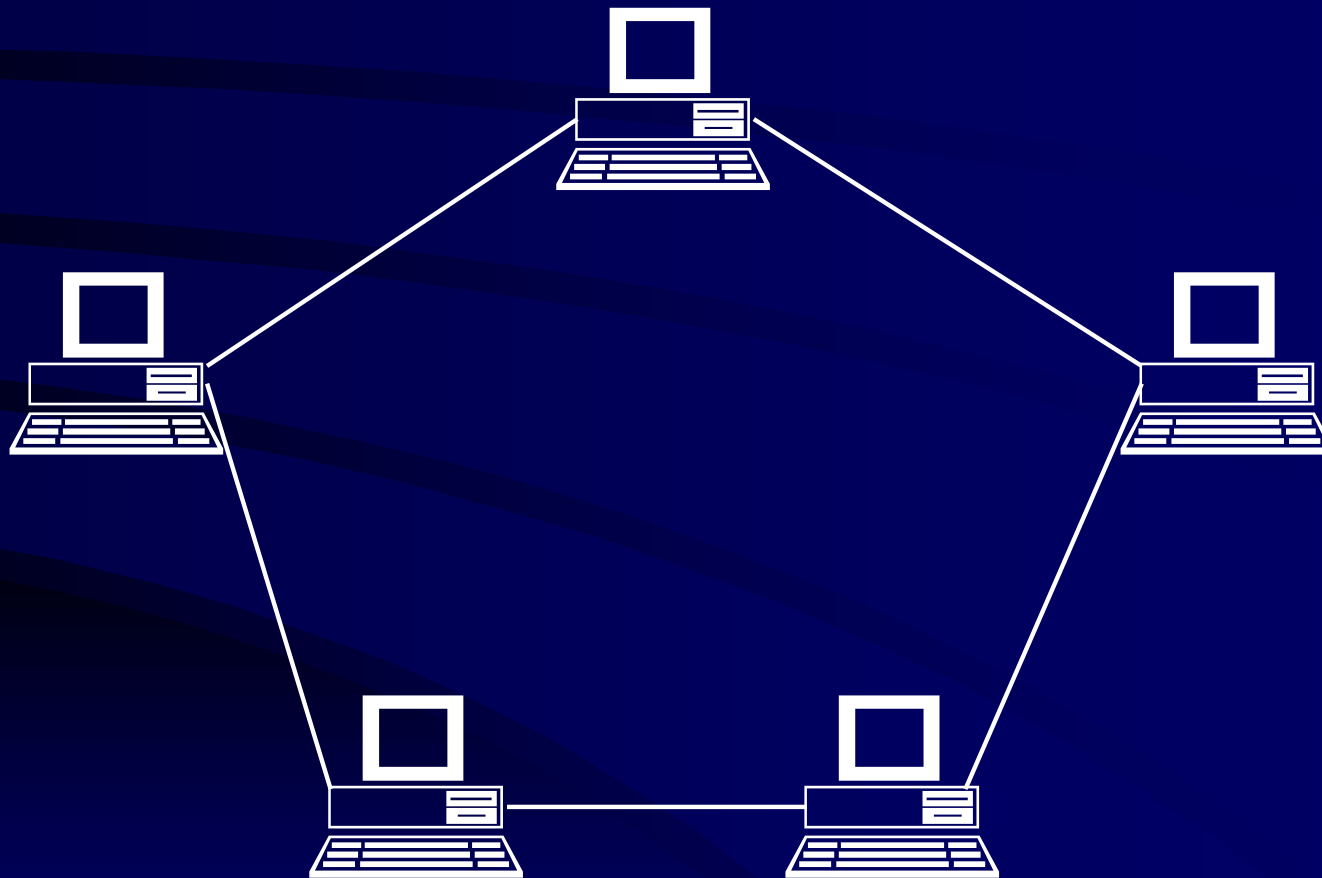
- **Logická:**

- definuje logické rozložení sítě
- specifikuje, jakým způsobem mezi sebou komunikují prvky v síti, a jak se přenášejí informace
- nemusí být shodná s fyzickou topologií

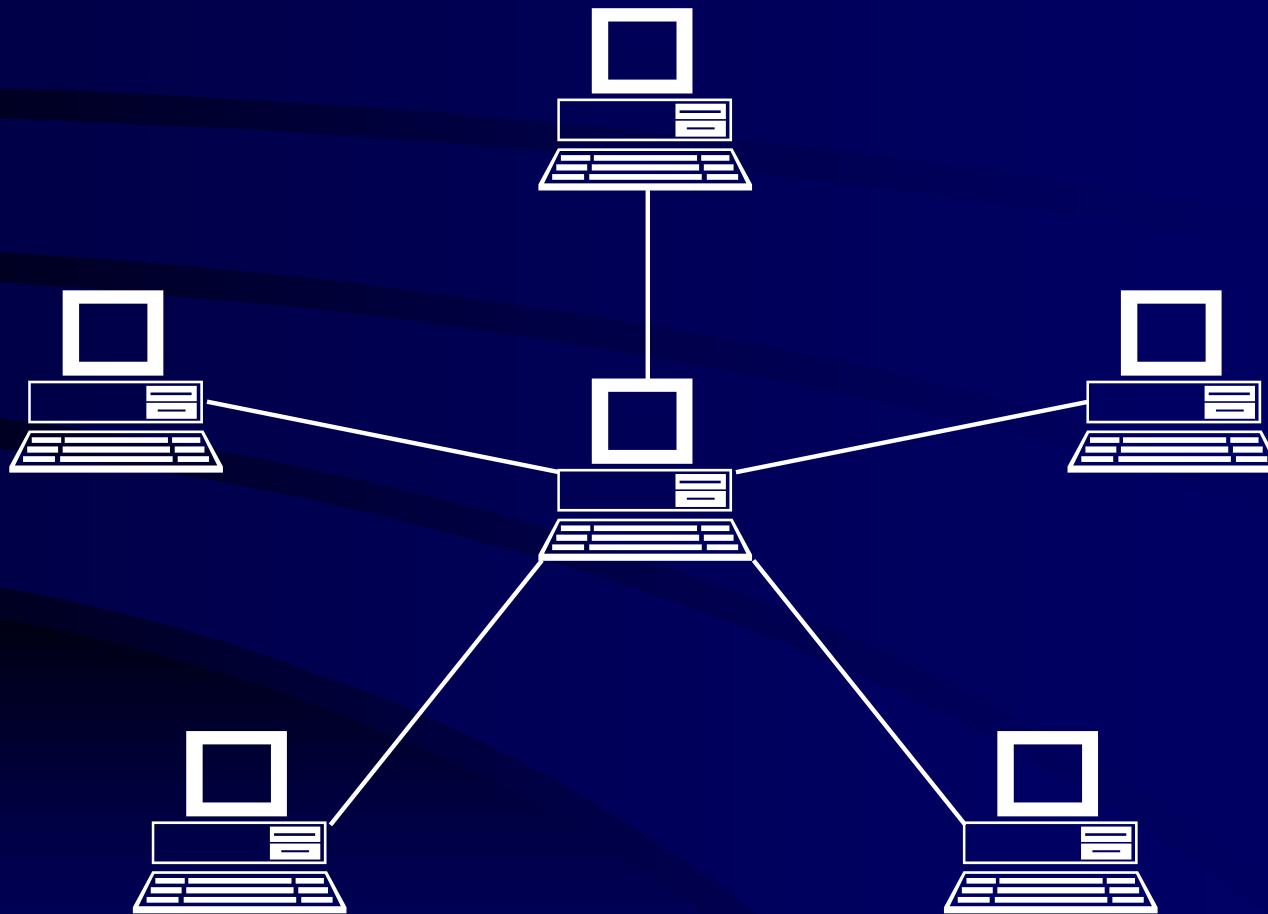
Topologie sběrnice



Topologie kruh



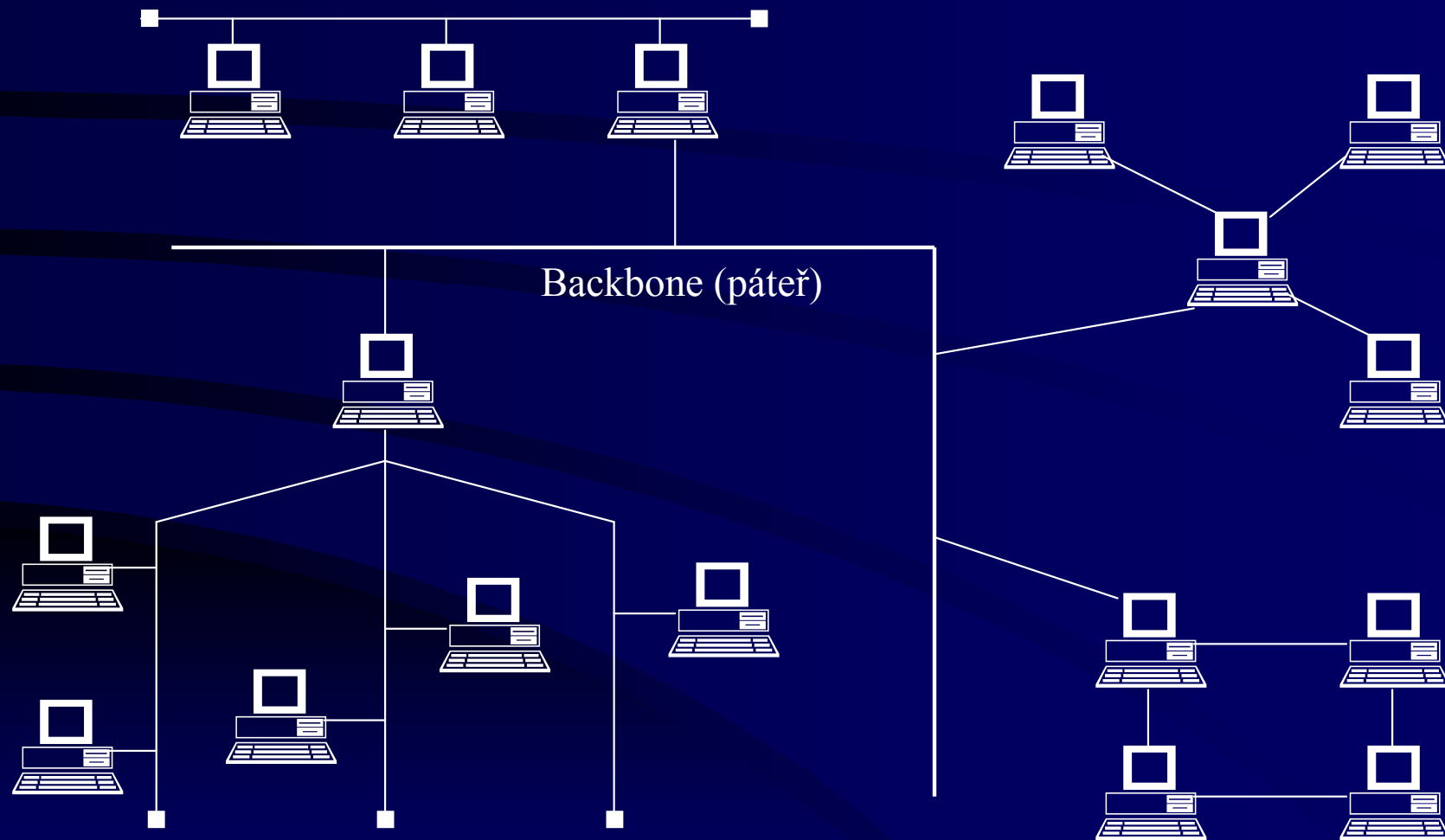
Topologie hvězda



Topologie strom



Topologie páteřní (backbone)



Logické topologie

- **Sběrnice:** informace je vždy zasílána všem uzlům. Jednotlivé uzly obdrží každou informaci v přibližně stejný okamžik.
- **Kruh:** informace je zasílána sekvenčně, podle předem daného pořadí, z jednoho uzlu na uzel následující

Přístupové metody (1)

- Metody, které dovolují předávat data mezi libovolnými stanicemi, aniž by jejich spojení bylo rušeno vysíláním jiné stanice
- Jedná se o strategii, kterou používá stanice na síti pro přístup k přenosovému médiu
- Podle způsobu přístupu ke sdílenému médiu lze rozlišit následující metody:

Přístupové metody (2)

– řízený (deterministický) přístup:

- uzly získávají přístup k přenosovému médiu v předem určeném pořadí
- je zaručeno, že každý uzel získá přístup do sítě v časovém intervalu dané délky (obvykle několik mikrosekund až milisekund)
- dále se dělí podle lokalizace řídicí authority:
 - **centralizovaný**: pořadí, ve kterém stanice získávají přístup je dáno serverem (např. polling)
 - **decentralizovaný**: pořadí je dáno fyzickým, popř. logickým uspořádáním uzlů (např. předávání peška – token passing)

Přístupové metody (3)

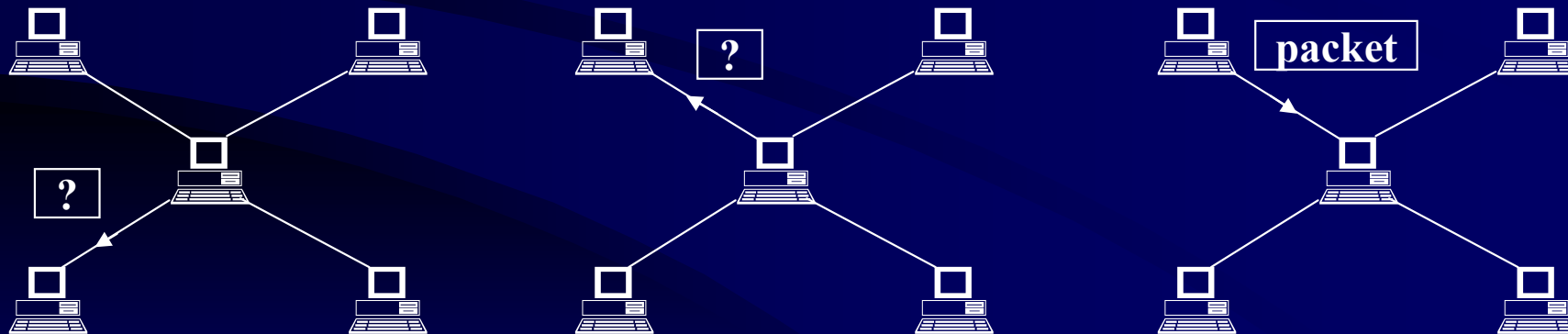
- náhodný (pravděpodobnostní, soupeřivý) přístup:
 - může být použitý pouze v sítích, kde jsou přenosy rozesílány všem, takže každý uzel dostane informace přibližně ve stejný okamžik
 - pokud uzel chce vysílat, zkontroluje linku. Jestliže je linka obsazená, nebo pokud přenos uzlu koliduje s nějakým jiným přenosem, je přenos zrušen
 - uzel pak čeká náhodně dlouhou dobu, než zkusí přístup znovu
 - mezi metody s náhodným přístupem patří:
 - CSMA/CD
 - CSMA/CA

Polling (1)

- Metoda při, které se v předem daném pořadí neustále testují jednotlivé počítače v síti
- Toto testování je prováděno formou výzev, kdy každý počítač je vyzván, zda-li vyžaduje pozornost (potřebuje vysílat)
- Počítač může přistoupit k síti pouze je-li k tomu vyzván
- Zasílání výzev provádí zpravidla jeden centrální počítač (server), který také bývá označován jako **controller**, popř. **poller**

Polling (2)

- Jedná se o metodu používanou zejména v sítích s jedním centrálním počítačem a k němu připojenými terminály
- V dnešních LAN se příliš nepoužívá

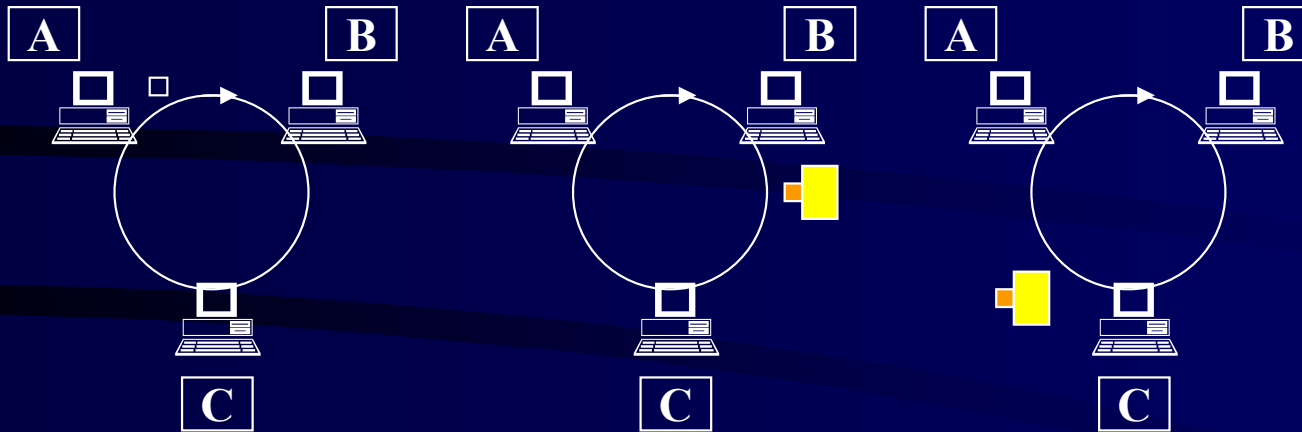


Token passing (1)

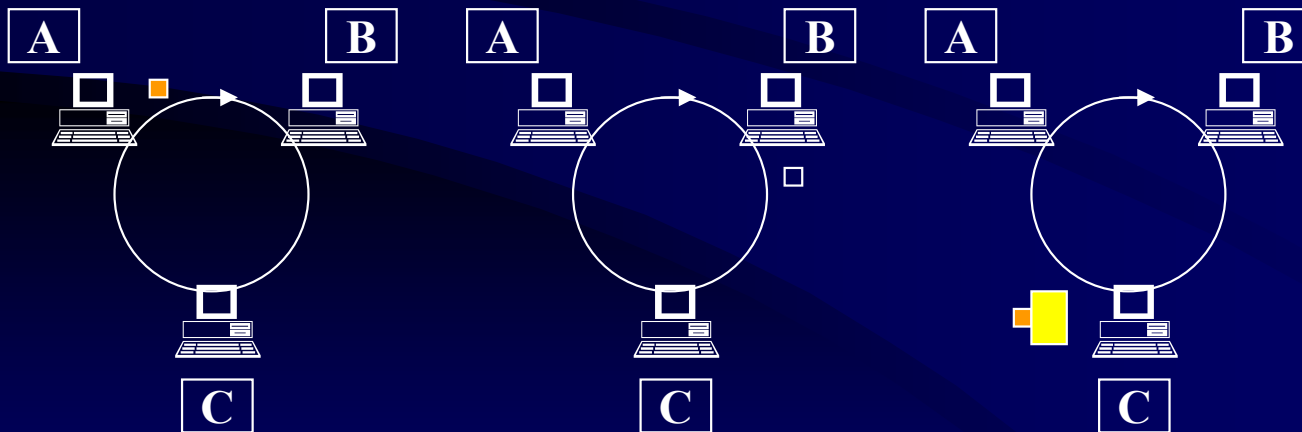
- Přístupová metoda, která využívá speciální packet, tzv. **token** (**pešek**), k tomu, aby uzly v síti byly informovány o tom, že mohou vysílat
- Vysílat může pouze uzel, který obdržel peška
- Pešek je předáván z uzlu na uzel podle předem dané sekvence (logické nebo fyzické)
- Pešek je v libovolném okamžiku:
 - **idle** (dostupný)
 - **busy** (používaný)

Token passing (2)

Schéma zaslání datového packetu ze stanice B na stanici A



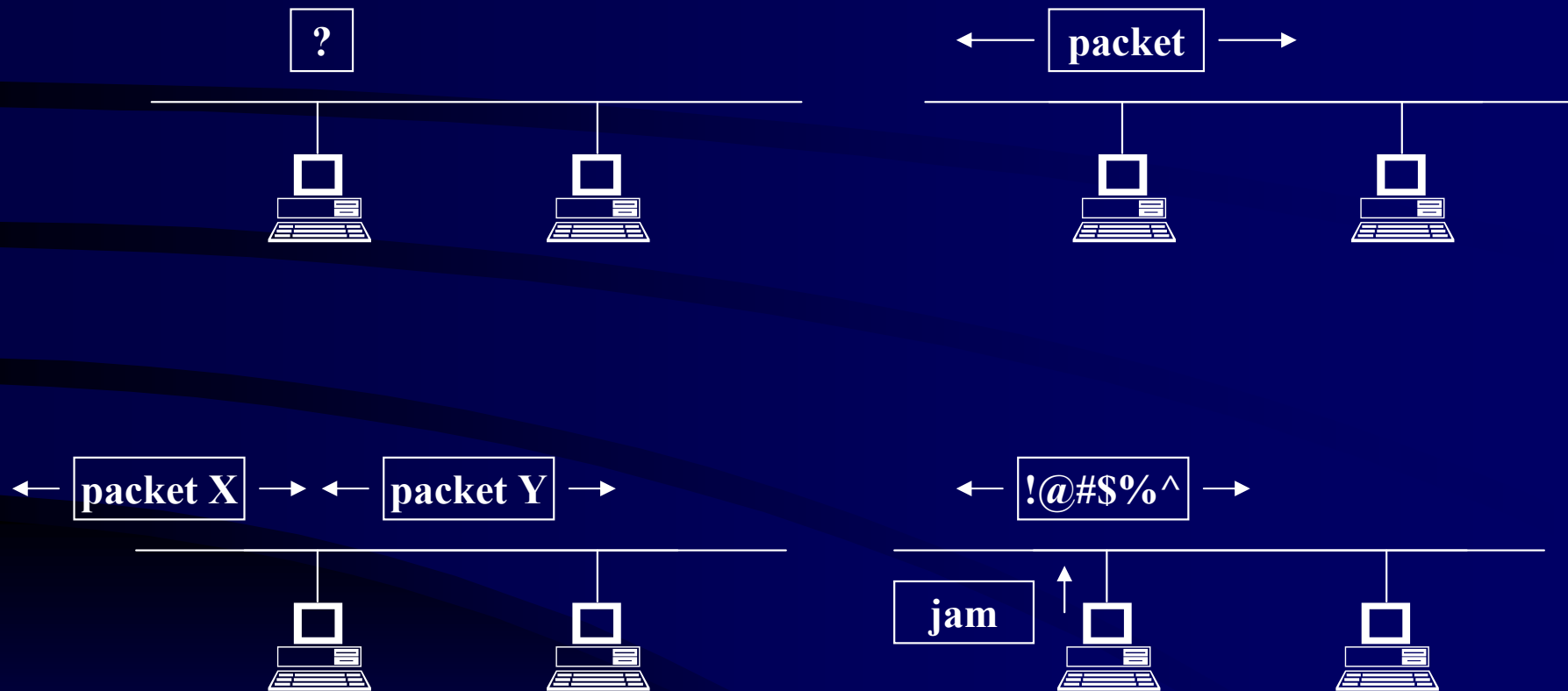
- idle token
- busy token
- datový packet



CSMA/CD (1)

- V případě metody CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) získává přístup k síti uzel, kterému se jako prvnímu podaří přistoupit k nečinné síti
- Tato metoda vychází z dřívějšího návrhu přístupové metody CSMA a obohacuje ji o schopnost detekování kolizí

CSMA/CD (2)



CSMA/CD (3)

- Princip CSMA/CD:
 - uzel, který chce vysílat informace do sítě, nejprve poslouchá, zda je na síti nějaký provoz (elektrická aktivita)
 - **non-persistent (nenaléhající) CSMA:**
 - **sít' volná:** uzel začne vysílat
 - **sít' obsazená:** uzel náhodně dlouhou dobu počká a poté opět provede kontrolu obsazení sítě
 - **persistent (naléhající) CSMA:**
 - **sít' volná:** uzel začne vysílat
 - **sít' obsazená:** uzel neustále poslouchá provoz na síti a v okamžiku, kdy dojde k jejímu uvolnění začne ihned vysílat

CSMA/CD (4)

– p-persistent (p-naléhající) CSMA:

- **sít' volná:** uzel začne s pravděpodobností p ihned vysílat a s pravděpodobností $1-p$ počká jednu časovou jednotku, po níž znovu testuje obsazení sítě
- **sít' obsazená:** uzel neustále poslouchá dokud se sít' neuvolní a poté postupuje stejně jako v případě, kdy je sít' volná

Poznámka: časová jednotka je dána maximální dobou nutnou k rozšíření signálu po přenosovém médiu

- vyslaný packet se šíří ke všem zbývajícím stanicím připojeným do sítě
- uzel dále pokračuje ve sledování sítě (sleduje, zda-li je na síti právě to, co tam poslal)

CSMA/CD (5)

- je možné, že dva (nebo více) uzlů na lince detekují nepřítomnost aktivity současně a začnou vysílat v téměř stejný okamžik. Toto má za následek vznik tzv. **kolize**
- kolize je detekována tak, že uzly, které vyslaly své packety a sledují síť, zjistí, že na přenosovém médiu se vyskytují jiné informace, než ty, které tam vyslaly
- každý uzel, který detekoval kolizi zruší svůj přenos vysláním rušícího signálu – **jam signal**
- poté počká náhodně dlouhou dobu a pokusí se k síti přistoupit znovu

Sít' Ethernet (1)

- Ethernet je síťová architektura, která pro komunikaci mezi počítači využívá společné přenosové médium
- Ethernet byl vyvíjen společně firmami Xerox, Intel a DEC
- Je definován ve standardu **IEEE 802.3** a jedná se v současné době (společně s Fast Ethernetem a Gigabit Ethernetem) o nejrozšířenější používanou síťovou architekturu pro LAN

Sít' Ethernet (2)

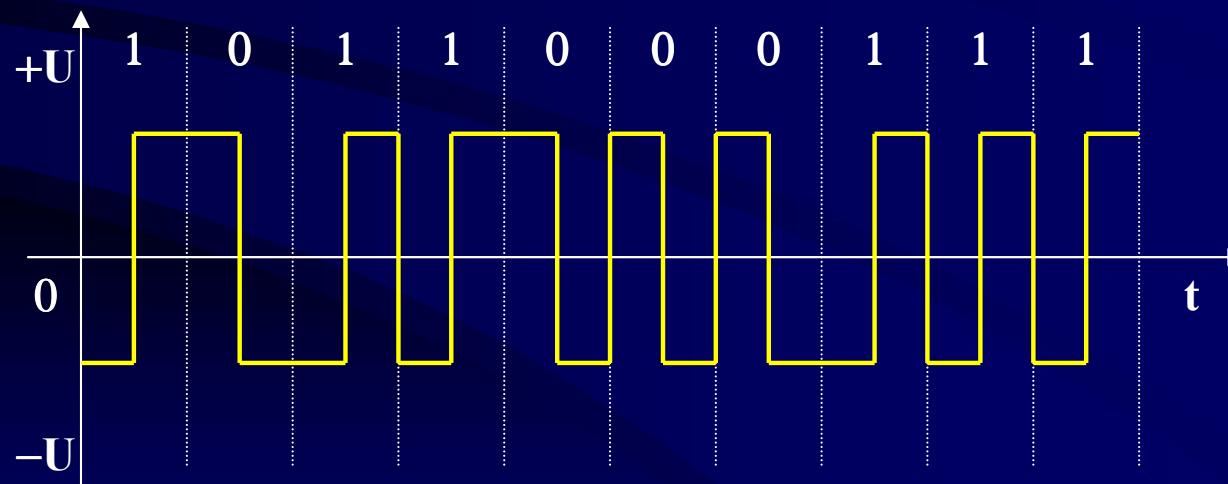
- Má následující vlastnosti:
 - používá sběrnicovou topologii (logickou, popř. i fyzickou), tzn. všechny uzly jsou připojeny k tzv. **hlavnímu segmentu (trunk)** – hlavní kabelový úsek
 - může pracovat s rychlostmi do 10 Mb/s
 - pro přístup k přenosovému médiu používá metodu **CSMA/CD** (je specifikována jako součást dokumentu IEEE 802.3)
 - přenášená data jsou rozesílána všem uzlům, takže každý uzel obdrží přenos v přibližně stejném čase

Sít' Ethernet (3)

- Pro reprezentaci hodnot 0 a 1 vytvářejících fyzický signál se používá kódování **Manchester**:
 - samočasovací (self-clocking) kódování
 - používají se napěťové úrovně $+U$ a $-U$
 - uprostřed každého bitového intervalu se vyskytuje přechod z jedné úrovně do druhé
 - na začátku každého bitového intervalu může (ale nemusí) být přechod

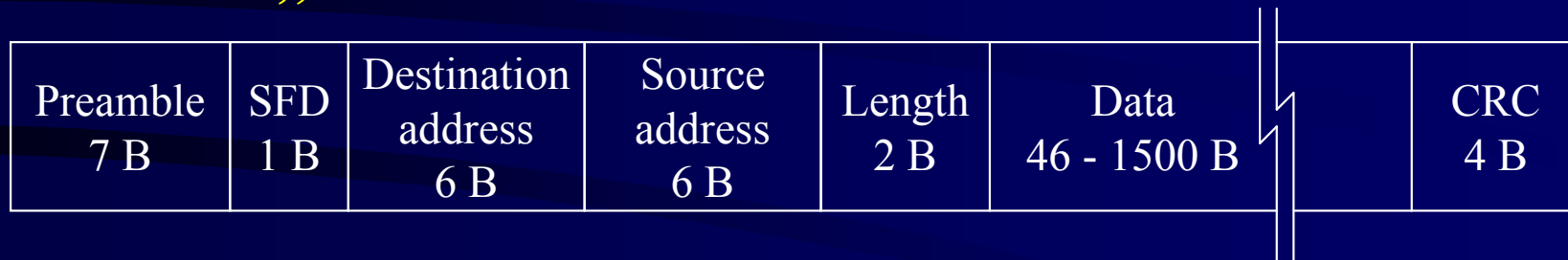
Sít' Ethernet (4)

- frekvence se kterou je snímán (generován) tento signál musí tedy být alespoň dvakrát vyšší než max. přenosová rychlost, tj. 20 MHz
- **bit 1** je kódován jako přechod $-U \rightarrow +U$
- **bit 0** je kódován jako přechod $+U \rightarrow -U$



Sít' Ethernet (5)

- Sítě Ethernet používají čtyři druhy packetů (rámců – frames):
 - 802.3 „raw“:



- **Preamble:**

- sekvence 56 bitů v nichž se neustále střídají hodnoty 1 a 0 (10101010....)
- slouží k synchronizaci

- **SFD – Start Frame Delimiter:**

- sekvence obsahující 8 bitový vzorek 10101011
- ukončuje začátek rámce, za kterým již následují informace

Sít' Ethernet (6)

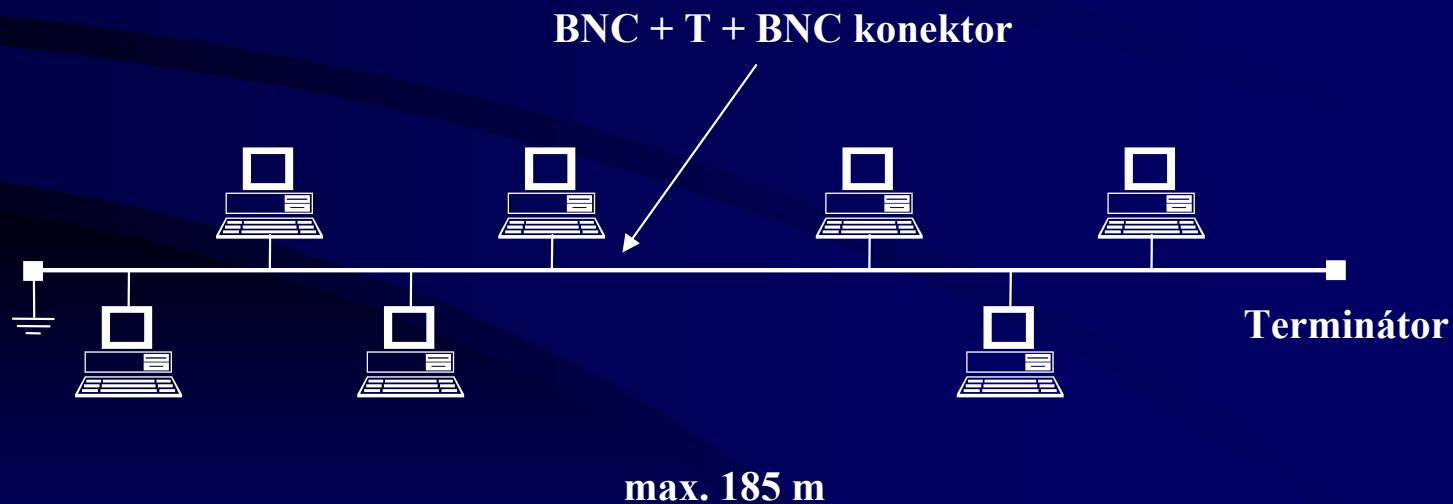
- **Destination address:**
 - adresa stanice (její síťové karty), pro kterou je rámeček určen
- **Source address:**
 - adresa stanice (její síťové karty), která rámeček odesílá
- **Length:**
 - určuje délku části Data
- **Data:**
 - obsahuje zasílané informace
- **CRC (FCS):**
 - kontrolní informace vypočítaná na straně odesílatele
 - slouží k ověření korektnosti rámce na straně příjemce

Sít' Ethernet (7)

- Sítě Ethernet jsou seskupeny podle:
 - **přenosové rychlosti:**
 - specifikuje přibližně maximální přenosovou rychlost, neboli šířku pásma v Mb/s
 - standardní hodnoty jsou **1, 5, 10, 100, 1000** a **10G**
 - **pásma:**
 - **Base:** použití základního pásma (baseband)
 - **Broad:** použití přeloženého pásma (broadband)
 - **typu (délky) přenosového média:**
 - specifikuje přibližně maximální délku hlavního segmentu (bez opakovačů) nebo typ použitého kabelu

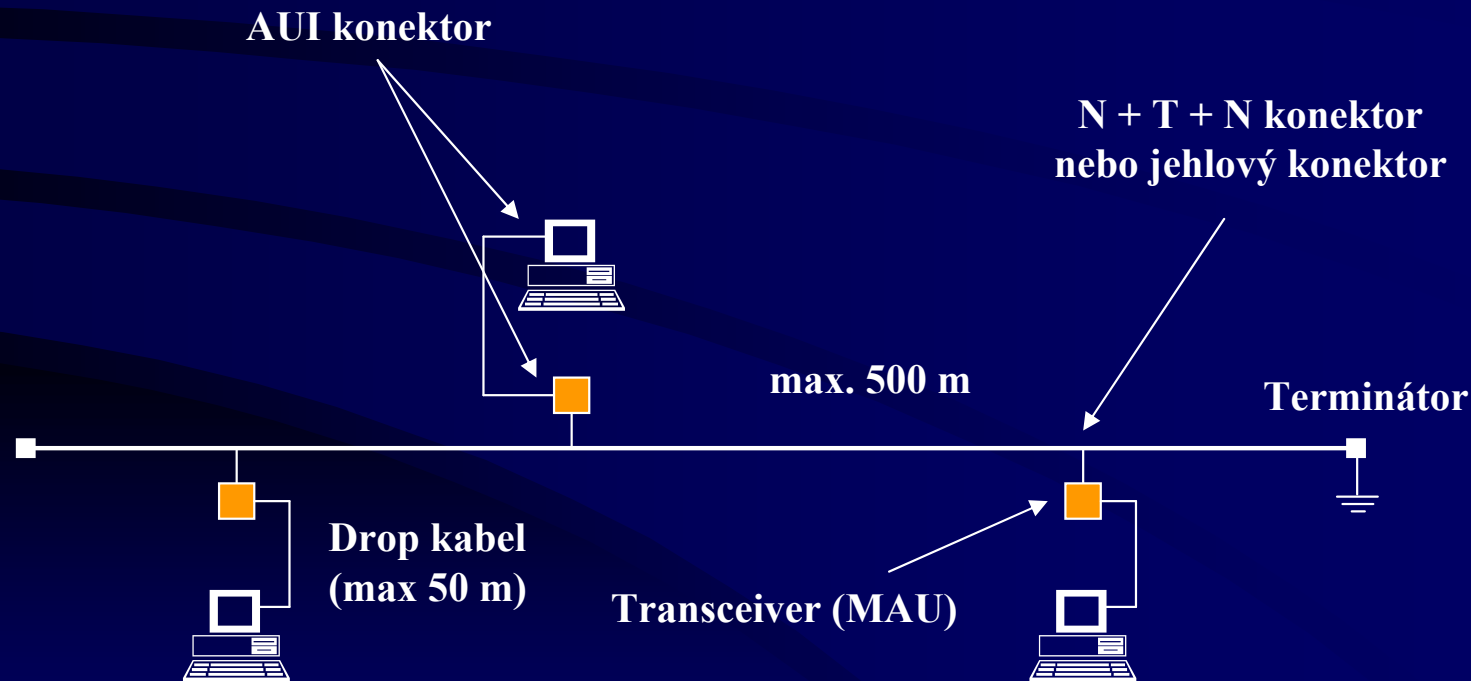
10Base2

- Tenký (thin) Ethernet
- Používá tenký koaxiální kabel
- Zapojení počítačů odpovídá topologii sběrnice



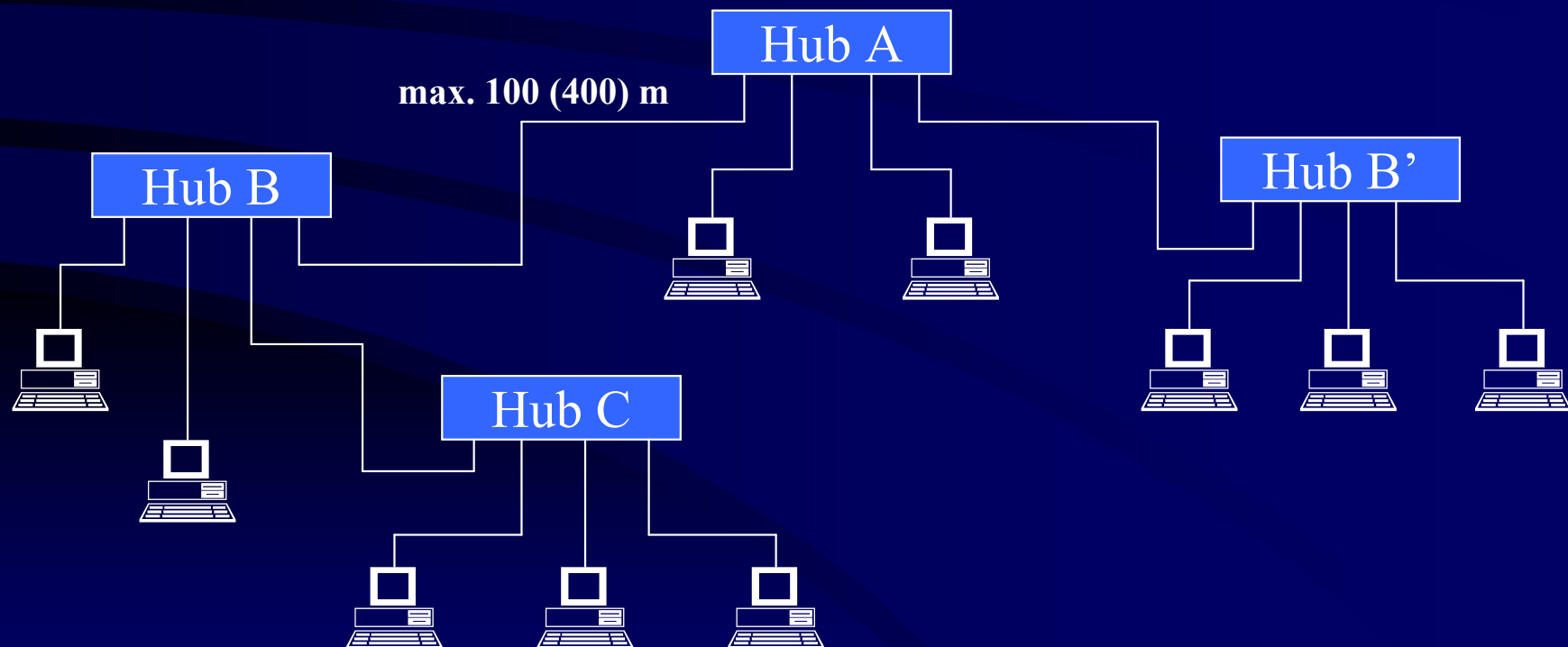
10Base5

- Silný (thick) Ethernet
- Používá silný (tlustý) koaxiální kabel
- Vyžaduje použití transceiveru a drop kabelu



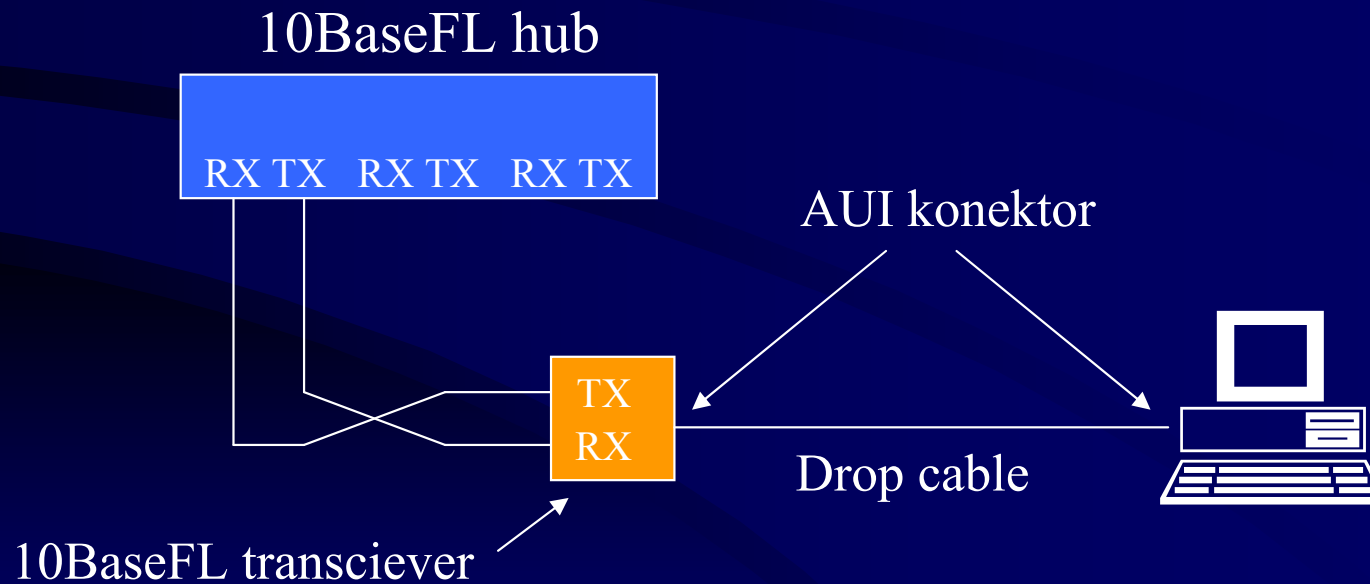
10BaseT

- Používá kroucenou dvojlinku a hvězdicovou topologii
- Každý uzel je připojen k centrálnímu hubu, který plní roli společného přenosového média



10BaseFL

- Jedna z realizací Ethernetu pomocí optického kabelu
- Maximální délka kabelu je 2 km



Ethernet – 10 Mb/s? (1)

- Délka packetu v Ethernetu:
 - min. 72 bytů
 - max. 1526 bytů
- Délka datové části packetu:
 - min. 46 bytů
 - max. 1500 bytů
- Délka jednoho bitového intervalu:
 $10 \text{ Mb/s} \Rightarrow 1/10^7 \text{ s} = 100 \text{ ns}$
- Mezera mezi packety: $9,6 \mu\text{s}$

Ethernet – 10 Mb/s? (2)

- Maximální počet paketů za sekundu:
 - a) $1 / (9,6 \cdot 10^{-6} + 1526 * 8 * 100 \cdot 10^{-9}) = 812$
tj. 812 paketů za sekundu
 - b) $1 / (9,6 \cdot 10^{-6} + 72 * 8 * 100 \cdot 10^{-9}) = 14880$
tj. 14880 paketů za sekundu
- Rychlost přenosu dat:
 - a) $812 * 1500 * 8 = 9,744 \text{ Mb/s}$
 - b) $14880 * 46 * 8 = 5,480 \text{ Mb/s}$
 - c) $14880 * 1 * 8 = 0,119 \text{ Mb/s}$

Fast Ethernet (1)

- Implementace Ethernetu, schopné přenosových rychlostí až 100 Mb/s
- Tyto implementace lze rozdělit do dvou základních skupin:
 - 100BaseT
 - 100BaseVG
- Nezávisle na implementaci, Fast Ethernet pracuje s hvězdicovou fyzickou topologií (využívá odpovídající hub nebo switch)

Fast Ethernet (2)

- Z důvodů vyšší přenosové rychlosti již není možné používat kódovací metodu Manchester
- Frekvence, se kterou by signál musel být generován a následně přenášen a snímán by byla 200 MHz
- 200 MHz je však frekvence, která překračuje fyzikální možnosti kroucené dvojlinky

100BaseT (1)

- Standard (**IEEE 802.3u**) navržený a vyvinutý firmou Grand Junction
- Jako přístupovou metodu používá CSMA/CD (podobně jako Ethernet)
- Zahrnuje čtyři varianty:
 - **100BaseFX**:
 - používá multivídný (62.5/125) optický kabel
 - maximální vzdálenost dvou počítačů od sebe (součet délek jejich propojovacích kabelů) je 2 km

100BaseT (2)

– 100BaseTX:

- používá kabely kategorie 5 (UTP i STP), vystačí se dvěma páry vodičů
- maximální vzdálenost dvou počítačů od sebe je 205 m

– 100BaseT4:

- používá UTP kategorie 3, 4 a 5, vyžaduje 4 páry vodičů
- maximální vzdálenost dvou počítačů od sebe je 205 m

– 100BaseT2:

- používá 2 páry UTP kategorie 3
- maximální vzdálenost dvou počítačů od sebe je 205 m

100BaseT (3)

- U variant 100BaseTX a 100BaseFX (společně označované jako **100BaseX**) se používá kódovací metoda nazývaná **4B5B**:
 - každý byte je rozdělen na dvě čtveřice bitů (nibble)
 - každé z těchto čtveřic je jednoznačně přiřazen (pomocí předem definované tabulky) 5 bitový vzorek:

- např.:

Nibble	Binární vyjádření	4B5B
0	0000	11110
1	0001	01001

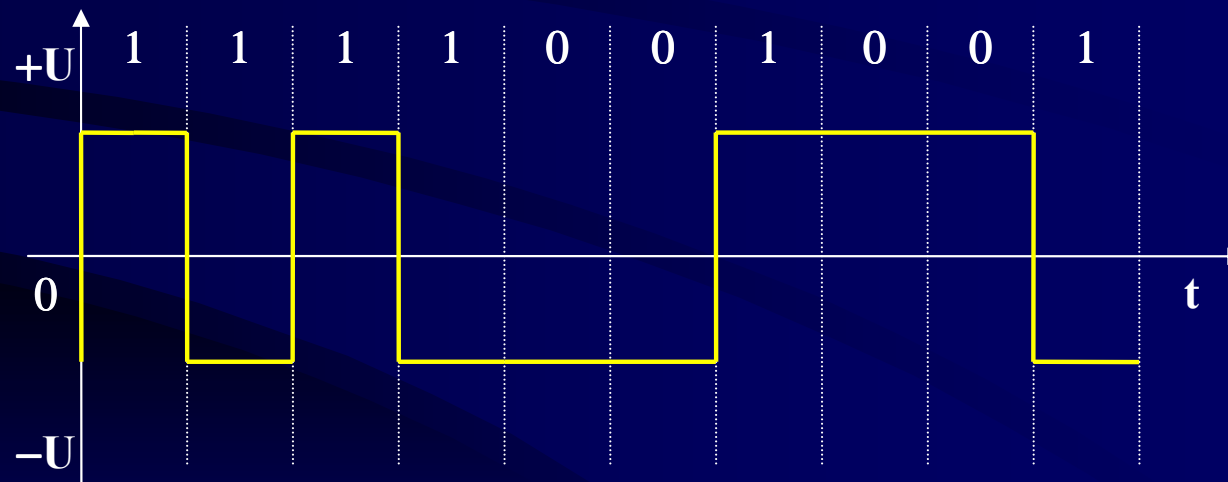
100BaseT (4)

- pětibitové vzorky jsou voleny tak, aby po dalším překódování metodou **NRZI** nebo **MLT-3** nedocházelo ke ztrátě synchronizace mezi uzlem, který informace vysílá a uzlem, který je přijímá
- Verze 100BaseFX k dalšímu zakódování používá metodu **NRZI** (Non-Return to Zero Invert to One):
 - **bit 1**: je kódován jako změna napěťové úrovně
 - **bit 0**: je kódován jako setrvalý stav

100BaseT (5)

– Příklad:

- byte 01 (hexadecimálně) se pomocí 4B5B zakóduje jako 1111001001
- po zakódování pomocí NRZI dostáváme



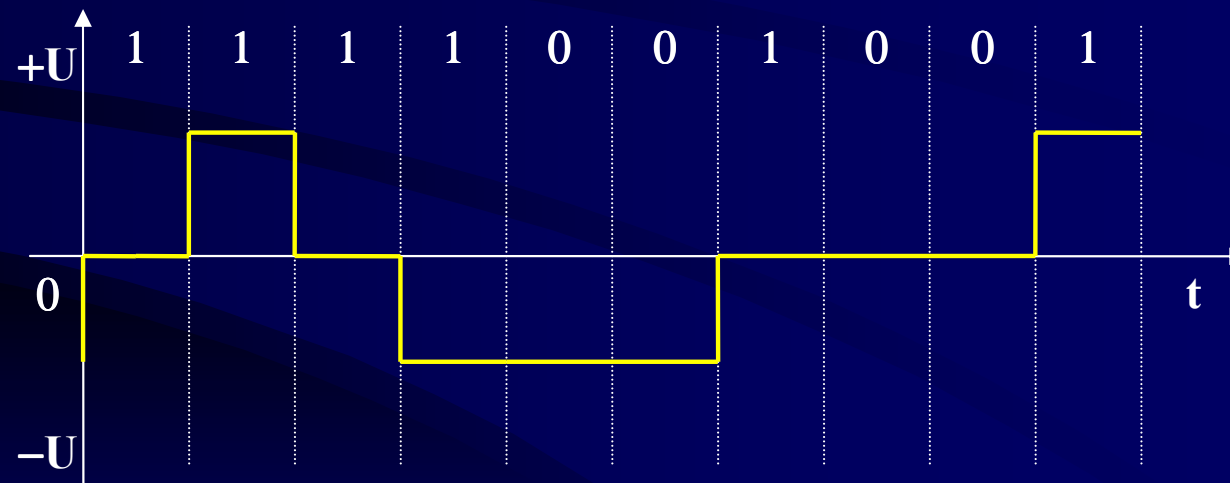
100BaseT (6)

- Verze 100BaseTX k dalšímu zakódování používá metodu **MLT-3** (Multiple Level Transition - 3 Levels):
 - pracuje podobně jako NRZI, s tím rozdílem, že využívá tři napěťové úrovně
 - **bit 1**: je kódován jako změna napěťové úrovně, a to tak, že je neustále dodržován následující cyklus **-U → 0 → +U → 0 → -U**
 - **bit 0**: je kódován jako setrvalý stav

100BaseT (7)

– Příklad:

- byte 01 (hexadecimálně) se pomocí 4B5B zakóduje jako 1111001001
- po zakódování pomocí MLT-3 dostáváme



100BaseT (8)

- Varianta 100BaseT4 používá kódování **8B6T**:
 - každý byte je nahrazen vzorkem, který obsahuje 6 třístavových symbolů
 - toto kódování připraví signál kompletně k jeho vyslání a není nutné žádné další kódování typu NRZI popř. MLT-3

– např.:

Byte	Binární vyjádření	8B6T
0	00000000	+ - 0 0 + -
1	00000001	0 + - + - 0

100BaseT (9)

- Přenášená data jsou pak dále na straně vysílače demultiplexována do tří párů kroucené dvojlinky
- Na straně přijímače jsou pak přijímaná data zpět mutliplexována



- Tato metoda bývá označována také jako **T4 Multiplexing**

100BaseVG (1)

- Standard (**IEEE 802.12**), který byl navržen firmami Hewlett-Packard a AT&T
- Jako přístupovou metodu používá **demand priority** (žádost s prioritou):
 - řízení přístupu na síť je přesunuto z pracovní stanice na hub
 - uzel, který žádá o přenos, oznamuje tuto žádost hubu a také žádá normální nebo vysokou prioritu
 - poté co získá povolení, začne vysílat

100BaseVG (2)

- hub je odpovědný za přenos do cílového uzlu, tj. je odpovědný za poskytnutí přístupu k síti
- je možné zajistit, aby informace byly přenášeny pouze cílovému uzlu
- odpadá zde zkoušení, zda-li síť je nečinná a detekování kolizí, které jsou charakteristické pro CSMA/CD a způsobují snížení propustnosti sítě při jejím větším zatížení
- Jako přenosové médium může používat:
 - **UTP** kategorie 3 se 4 páry a max. délkou 600 m
 - **optický kabel**: maximální délka je 5 km

100BaseVG (3)

- Používá kódovací metodu 5B6B a následené kódování pomocí NRZI
- Standard 100BaseVG byl později rozšířen **100BaseVG/AnyLAN**, který podporuje rovněž síťovou architekturu Token Ring

Gigabit Ethernet

- Implementace Ethernetu, schopné přenosových rychlostí až 1000 Mb/s (1 Gb/s)
- Jsou standardizovány v dokumentech **IEEE 802.3z a IEEE 802.3ab**
- Přístupovou metodou je CSMA/CD
- Rozděluje se do dvou variant:
 - **1000BaseX**
 - **1000BaseT**

1000BaseX (1)

- Používá kódování **8B/10B**, které každému bytu (8 bitům) přiřazuje 10 bitový vzorek
- Toto kódování rovněž zajišťuje, že při komunikaci nedojde ke ztrátě synchronizace mezi vysílajícím a přijímajícím uzlem
- Zahrnuje tři druhy Gigabit Ethernetu:
 - **1000BaseLX**:
 - využívá optický kabel (multi mode i single mode) jako přenosové médium
 - používá laser s dlouhou vlnovou délkou (1270 nm - 1335 nm)

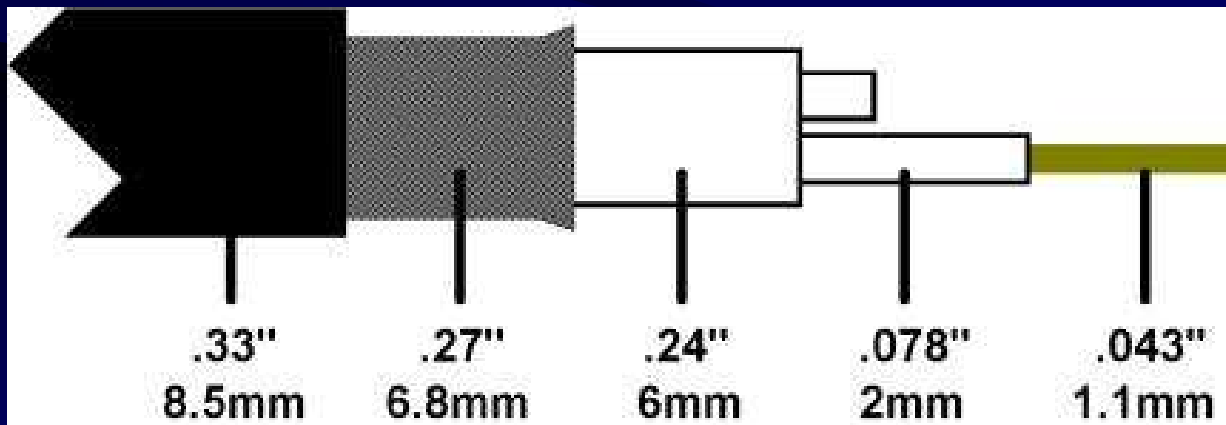
1000BaseX (2)

- maximální délka optického kabelu je:
 - 550 m: pro multi mode
 - 5000 m: pro single mode
- **1000BaseSX:**
 - jako přenosové médium využívá optický kabel (multi mode)
 - používá laser s krátkou vlnovou délkou (770 nm - 860 nm)
 - maximální délka optického kabelu je 550 m
- **1000BaseCX:**
 - používá stíněný twinaxiální kabel jehož maximální délka může být 25 m

1000BaseX (3)



Twinaxiální kabel
(copper jumper,
short haul copper)



1000BaseT

- Realizace Gigabit Ethernetu pomocí kroucené dvojlinky Category 5 nebo lepší (doposud nestandardizované Category 6 a Category 7)
- Využívá všech čtyřech párů tak, že na každém páru posílá data rychlostí 250 Mb/s
- Pro kódování na fyzické úrovni využívá metodu nazývanou **PAM5** (Five Level Pulse Amplitude Modulation)

10 Gigabit Ethernet (1)

- Verze Ethernetu podporující přenosové rychlosti až do 10 Gb/s
- Definován ve standardu **IEEE 802.3ae**
- Používá stejný formát adresy a stejný formát rámce jako Ethernet
- Pracuje pouze v režimu full duplex
- Původní specifikace zahrnuje jako přenosové médium pouze optický kabel (dvě optická vlákna)
- Nepoužívá přístupovou metodu CSMA/CD

10 Gigabit Ethernet (2)

- Vzhledem k vysokým frekvencím, s nimiž jsou data vysílána, je nutné použít jako zdroj světla pouze laser a nikoliv LED diodu
- Je navržen tak, aby mohl být použit v sítích LAN, MAN i WAN
- Existuje v následujících variantách:
 - **10GBase-S:**
 - používá laser s krátkou vlnovou délkou (850 nm)
 - určen pro vícevidové optické kabely
 - maximální délka optického kabelu je 300 m
 - při použití kvalitnějšího kabelu je možné i propojení na větší vzdálenosti

10 Gigabit Ethernet (3)

- zahrnuje podvarianty:
 - **10GBase-SR**: určen pro použití s dark fiber (optický kabel, ke kterému není připojeno žádné jiné zařízení)
 - **10GBase-SW**: určen pro připojení k vybavení sítě SONET
- **10GBase-L**:
 - používá laser s dlouhou vlnovou délkou (1310 nm)
 - určen pro jednovláknové optické kabely
 - maximální délka kabelu je 10 km
 - při použití kvalitnějšího kabelu je možné i propojení na větší vzdálenosti
 - zahrnuje podvarianty:
 - **10GBase-LR**: určen pro použití s dark fiber
 - **10GBase-LW**: určen pro připojení k vybavení sítě SONET

10 Gigabit Ethernet (4)

– 10GBase-E:

- používá laser s velmi dlouhou vlnovou délkou (1550 nm)
- určen pro jednovidové optické kabely
- maximální délka kabelu je 40 km
- při použití kvalitnějšího kabelu je možné i propojení na větší vzdálenosti
- zahrnuje podvarianty:
 - 10GBase-ER: určen pro použití s dark fiber
 - 10GBase-EW: určen pro připojení k vybavení sítě SONET

– 10GBase-LX4:

- používá technologii **WDM** (Wavelength Division Multiplexing) – multiplexování podle vlnové délky laseru

10 Gigabit Ethernet (5)

- signály jsou zasílány prostřednictvím 4 různých vlnových délek světla v rámci jednoho optického kabelu
- pracuje s laserem o vlnové délce v okolí 1310 nm
- může používat jednovidové i vícevidové optické kabely (dark fiber)
- maximální délka kabelu je:
 - 300 m: při použití vícevidových kabelů
 - 10 km: při použití jednovidových kabelů
- jsou-li použity kvalitnější kabely, je možné, aby jejich délka byla i větší

10 Gigabit Ethernet (6)

- Ze specifikace IEEE 802.3ae vychází další specifikace umožňující použití (v roli přenosového média) měděných kabelů
- Tyto specifikace jsou stále ve vývoji a může ještě dojít ke změnám
- Ze zmíněných specifikací vycházejí následující varianty:
 - **10GBase-CX4:**
 - specifikována dokumentem **IEEE 802.3ak**
 - používá twinaxiální kabel se 4 páry vodičů
 - maximální délka kabelu je 15 m

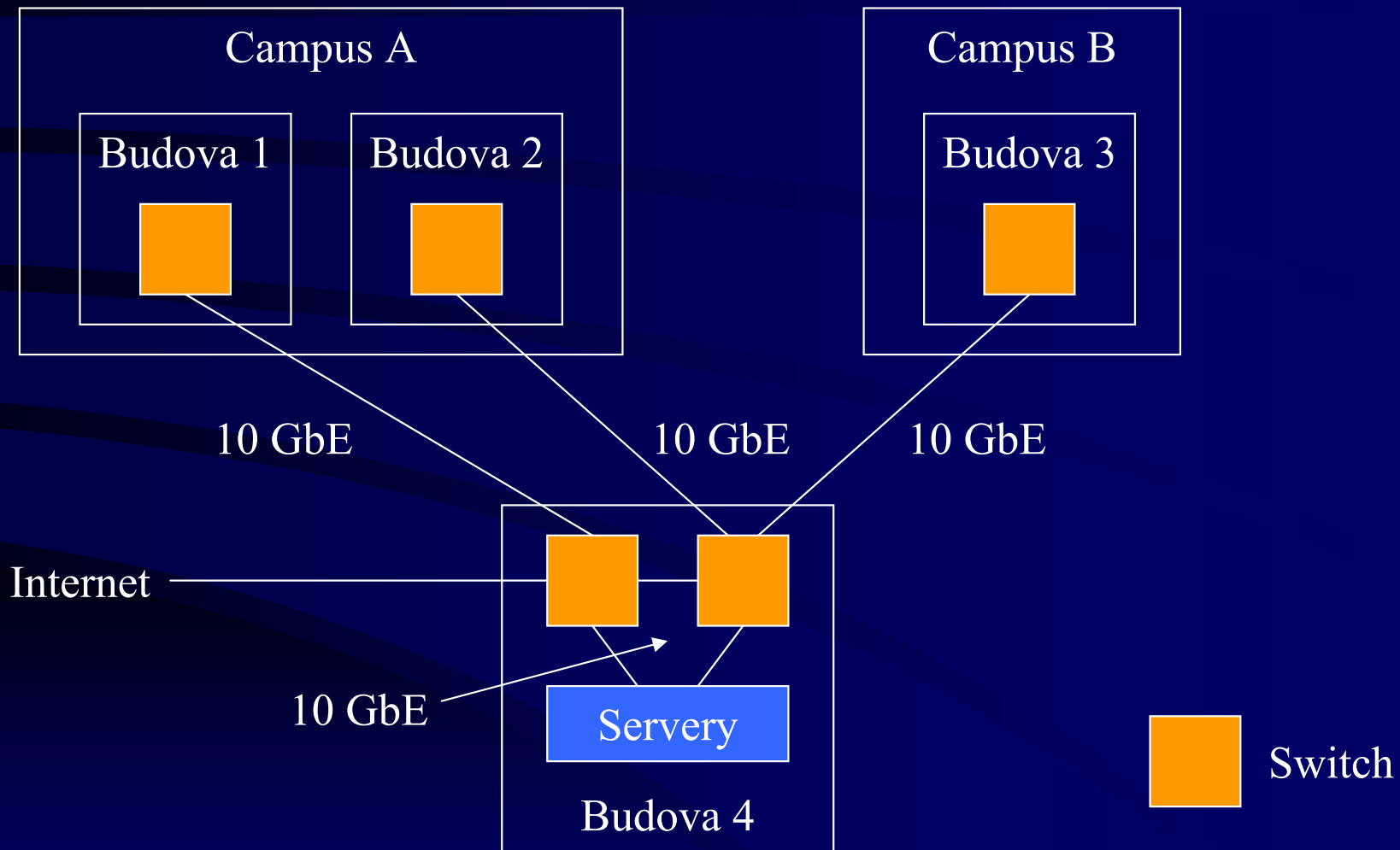
10 Gigabit Ethernet (7)

– 10GBase-T:

- specifikována dokumentem **IEEE 802.3an**
- používá kroucenou dvojlinku
- preference vzdálenosti vůči rychlosti:
 - maximální délka kabelu je 100 m
 - přenosová rychlost je závislá na kvalitě použité kroucené dvojlinky:
 - **kategorie 7**: 10 Gb/s
 - **kategorie 6**: 5 Gb/s
 - **kategorie 5**: 2,5 Gb/s
- preference rychlosti vůči vzdálenosti:
 - přenosová rychlost je vždy 10 Gb/s
 - maximální délka kabelu je závislá na jeho kvalitě:
 - **kategorie 7**: 100 m
 - **kategorie 6**: 50 m až 70 m
 - **kategorie 5**: 40 až 50 m

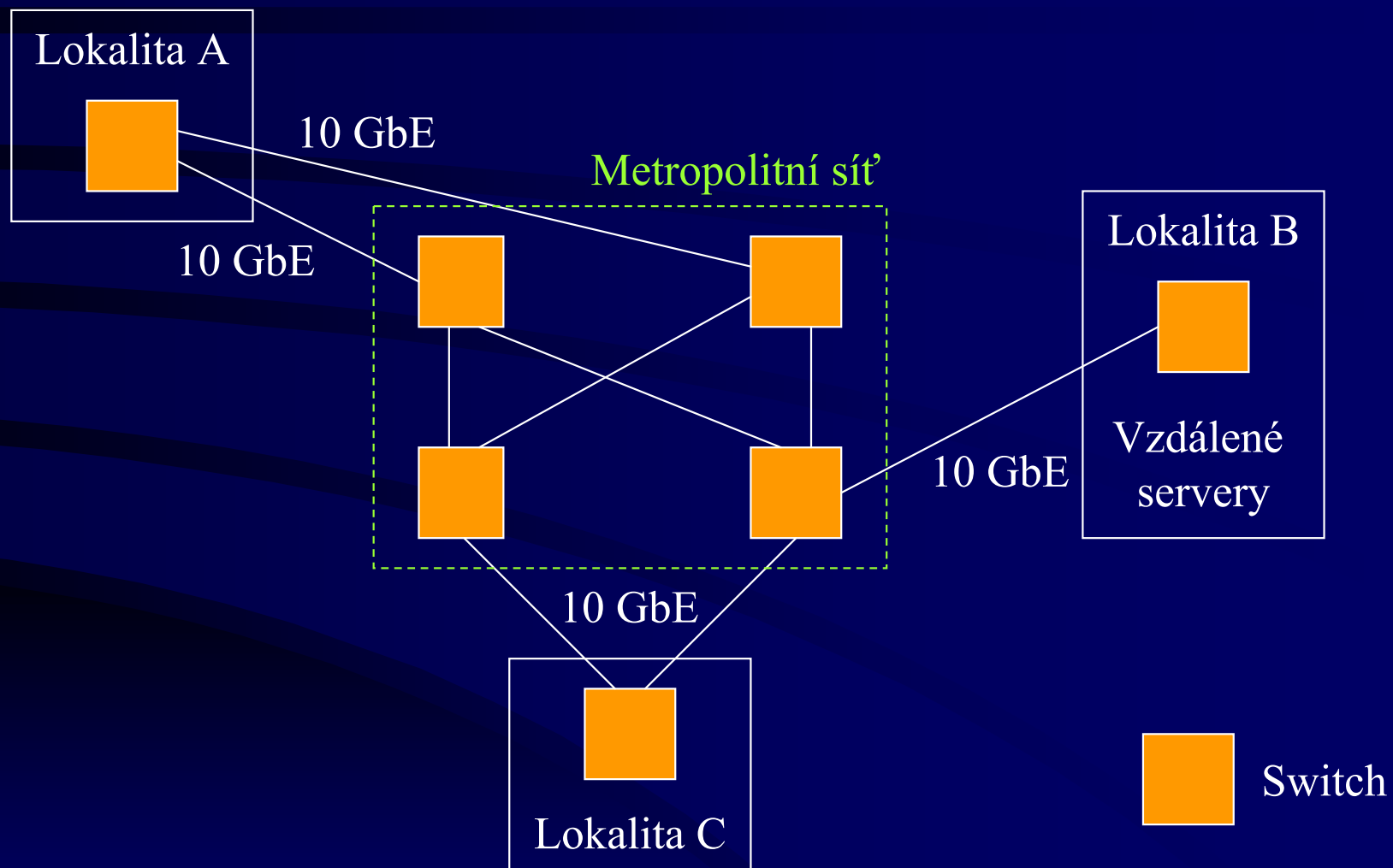
10 Gigabit Ethernet (8)

- 10 Gigabit Ethernet v sítích LAN:



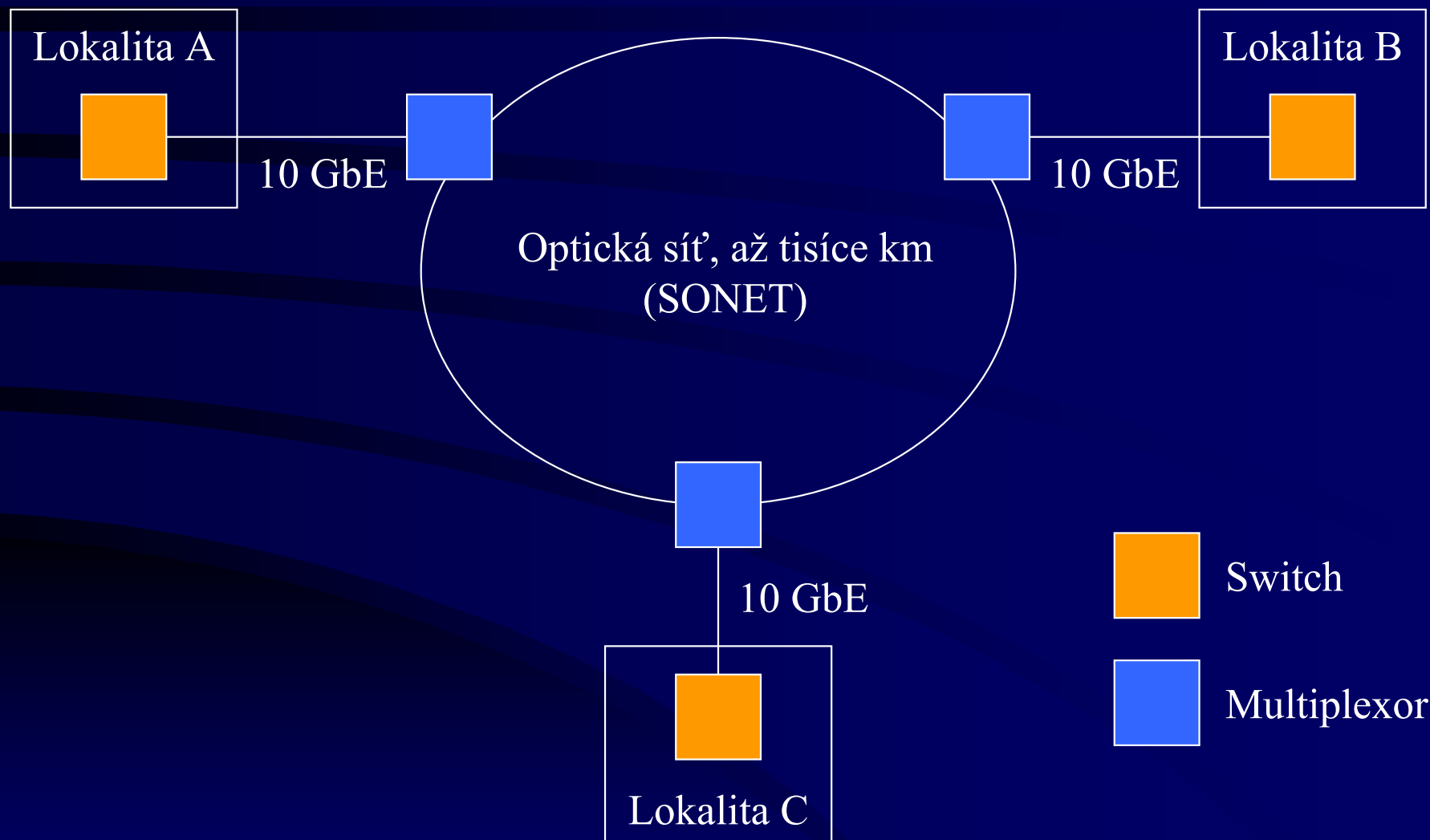
10 Gigabit Ethernet (9)

- 10 Gigabit Ethernet v sítích MAN:



10 Gigabit Ethernet (10)

- 10 Gigabit Ethernet v sítích WAN:



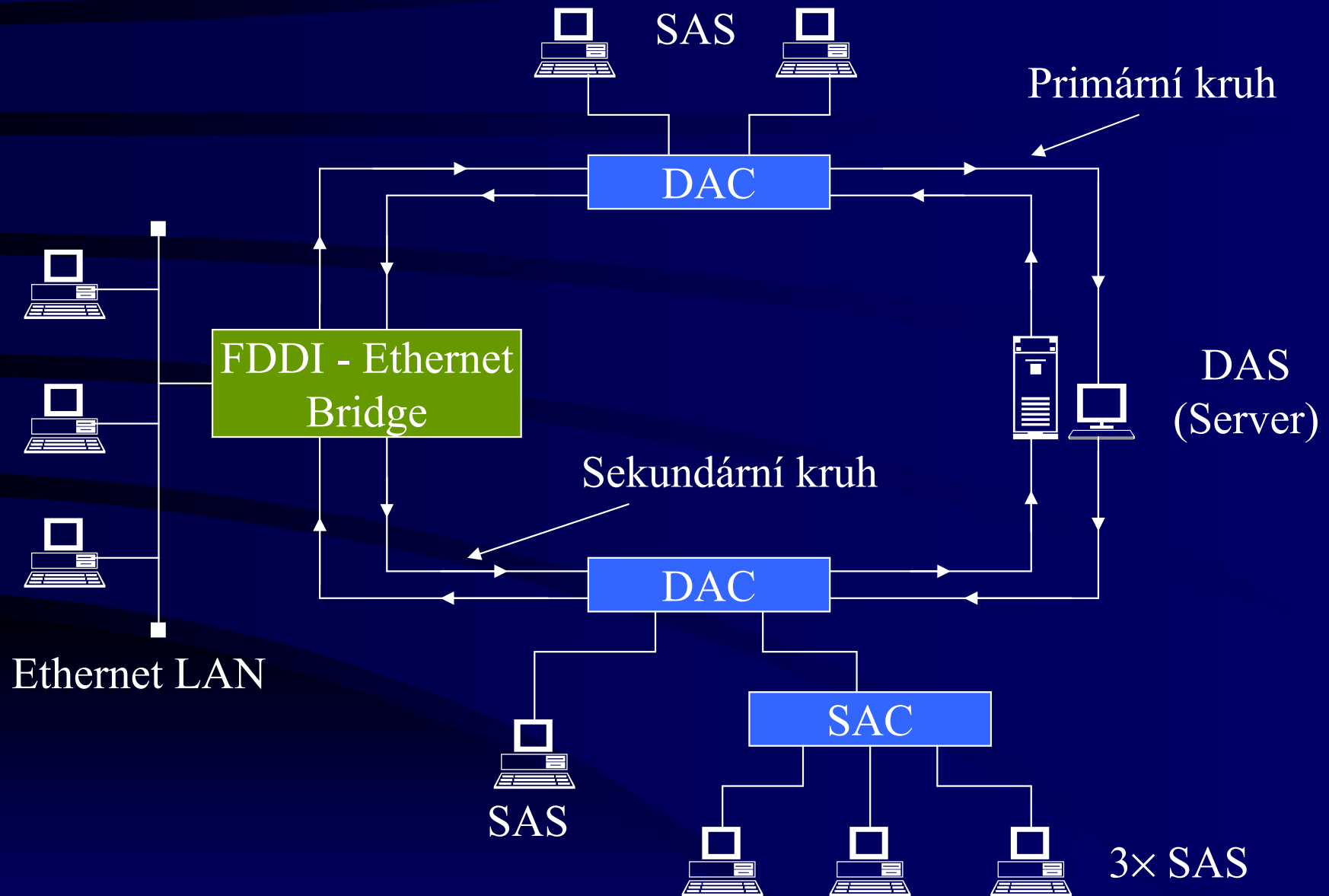
FDDI (1)

- **FDDI** (Fiber Distributed Data Interface) je síťová architektura pracující s přenosovou rychlostí 100 Mb/s
- Jedná se architekturu, která je vhodná pro páteřní (backbone) sítě
- Používá se k propojení pomalejších lokálních sítí (např. Ethernet, Token-Ring)
- FDDI je primárně budována pomocí optických kabelů (multi-mode i single-mode)

FDDI (2)

- Existují i modifikace, které dovolují, aby FDDI byla provozována pomocí UTP a STP
- Používá dvojitou kruhovou topologii:
 - **primární kruh**: používaný při běžném chodu sítě
 - **sekundární kruh**: používaný v okamžiku, kdy na primárním kruhu vznikne chyba
- Informace v sekundárním kruhu jsou přenášeny opačným směrem než v kruhu primárním
- Jako přístupová metoda se používá token-passing

FDDI (3)



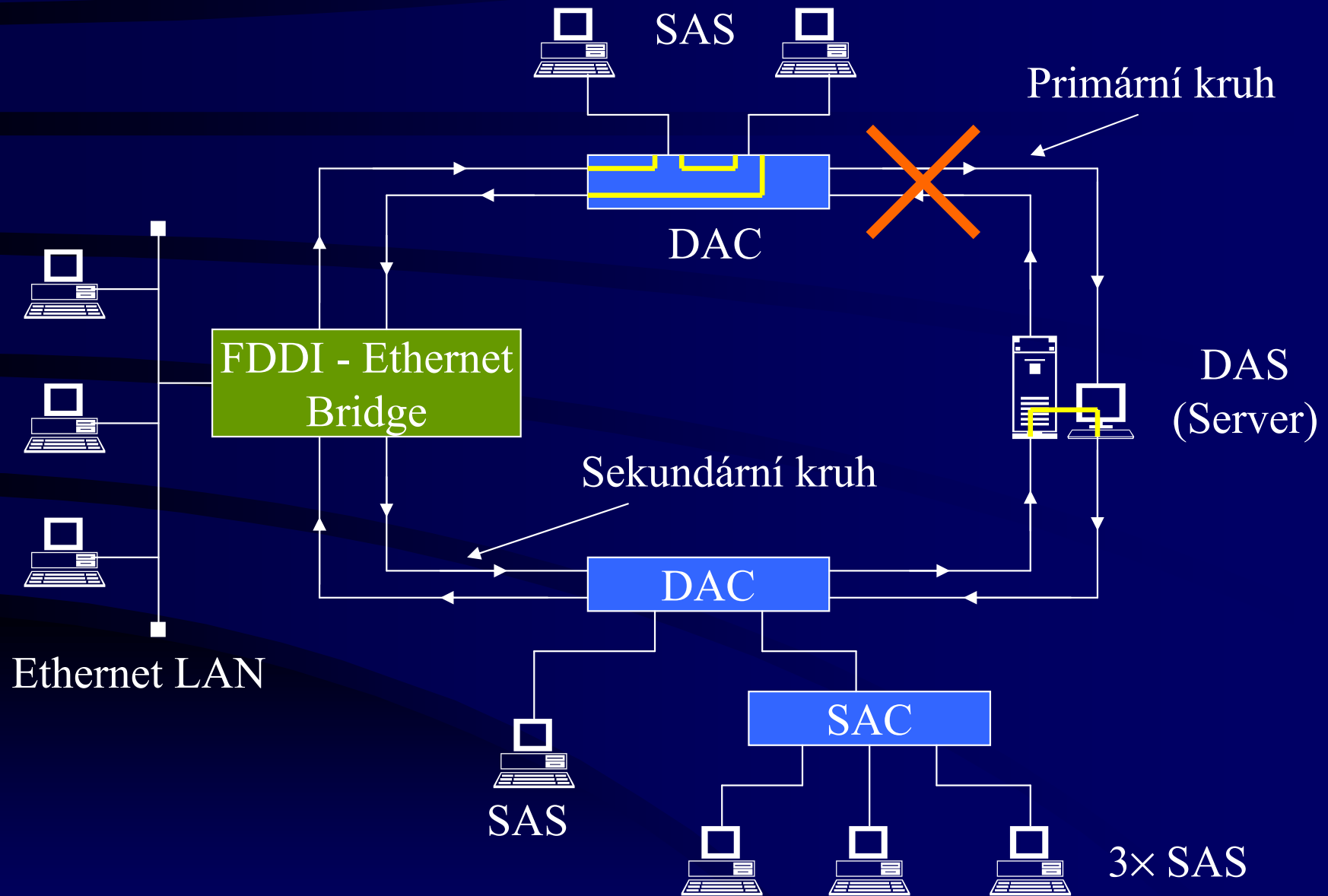
FDDI (4)

- Je možné aby v jednom okamžiku obíhalo více packetů (avšak pouze jeden pešek)
- Při běžném chodu sítě probíhá komunikace takto:
 - pokud uzel chce vyslat data do sítě, musí čekat dokud neobdrží peška
 - po obdržení peška uzel vysílá svůj datový packet a následně posílá peška
 - datový packet obíhá kruhem, dokud nedorazí ke svému adresátovi

FDDI (5)

- uzly, které nejsou adresátem obdrží datový packet, pošlou jej dále a po něm obdrží peška, který je opravňuje k vysílání
- adresát si zkopíruje informace z packetu do své vyrovnávací paměti a packet (s informací o korektním přijetí) posílá dále
- potvrzený datový packet nakonec dorazí ke svému odesílateli, který jej odstraní z kruhu
- Pokud na síti dojde k přerušení primárního kruhu, provede se přepnutí do kruhu sekundárního

FDDI (6)



FDDI (7)

- Uzly (DAC nebo DAS), mezi kterými dojde k přerušení primárního kruhu přesměrují primární kruh do kruhu sekundárního (a naopak)
- Tímto je síť opět schopna přenášet informace
- Tok dat v sekundárním kruhu je opačný oproti směru, ve kterém data procházejí v primárním kruhu
- Sítě FDDI odporují až 1000 uzlů na síti a rozsah až 100 km

ATM (1)

- **ATM** (**A**synchronous **T**ransfer **M**ode) je síťová architektura, vhodná pro podnikové sítě, které spojují LAN v rozsáhlých oblastech a vyžadují přenos velkého objemu dat
- Dovoluje současný přenos hlasu, videa a dat
- Přenos je prováděn optickými kabelemi, kroucenou dvojlinkou, popř. koaxiálním kabelem
- Na rozdíl od předcházejících síťových architektur používá technologii **spojově orientovaných** (**connection-oriented**) přenosů dat

ATM (2)

- Při této technologii probíhá výměna dat mezi uzly v následujících krocích:
 - vytvoření spoje mezi vysílajícím a přijímajícím uzlem
 - přenos dat prostřednictvím vytvořeného spoje
 - ukončení (zrušení) spoje
- Tato technologie poskytuje následující výhody:
 - žádný uzel se nesnaží vysílat data uzlu, který by je nebyl schopen přijímat

ATM (3)

- přenášená data mohou obsahovat menší množství řídicích informací (jako jsou např. adresy odesílatele, příjemce apod.) než je tomu u předešlých architektur označovaných také jako **connectionless networks**
- Data (nezávisle na jejich typu) jsou přenášena prostřednictvím malých buněk, tzv. **cells**, které mají pevnou délku 53 bytů:
 - 5 bytů hlavička
 - 48 bytů přenášené informace

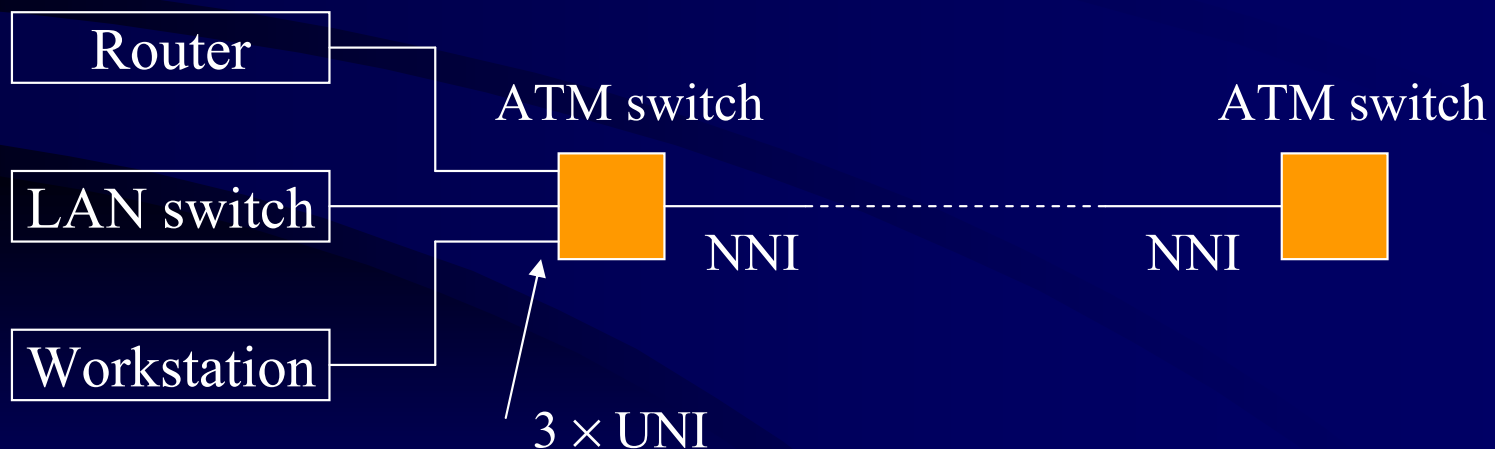
ATM (4)

- Malá velikost a konstantní délka dovolují rychlé zpracování těchto buněk na úrovni přepínačů a tím i rychlý přenos dat ke svému adresátovi
- ATM síť se skládá z:
 - **ATM přepínačů (ATM switches):**
 - zařízení zodpovědné za přenos buňky přes ATM síť
 - přijímá buňku od koncového bodu nebo od jiného přepínače

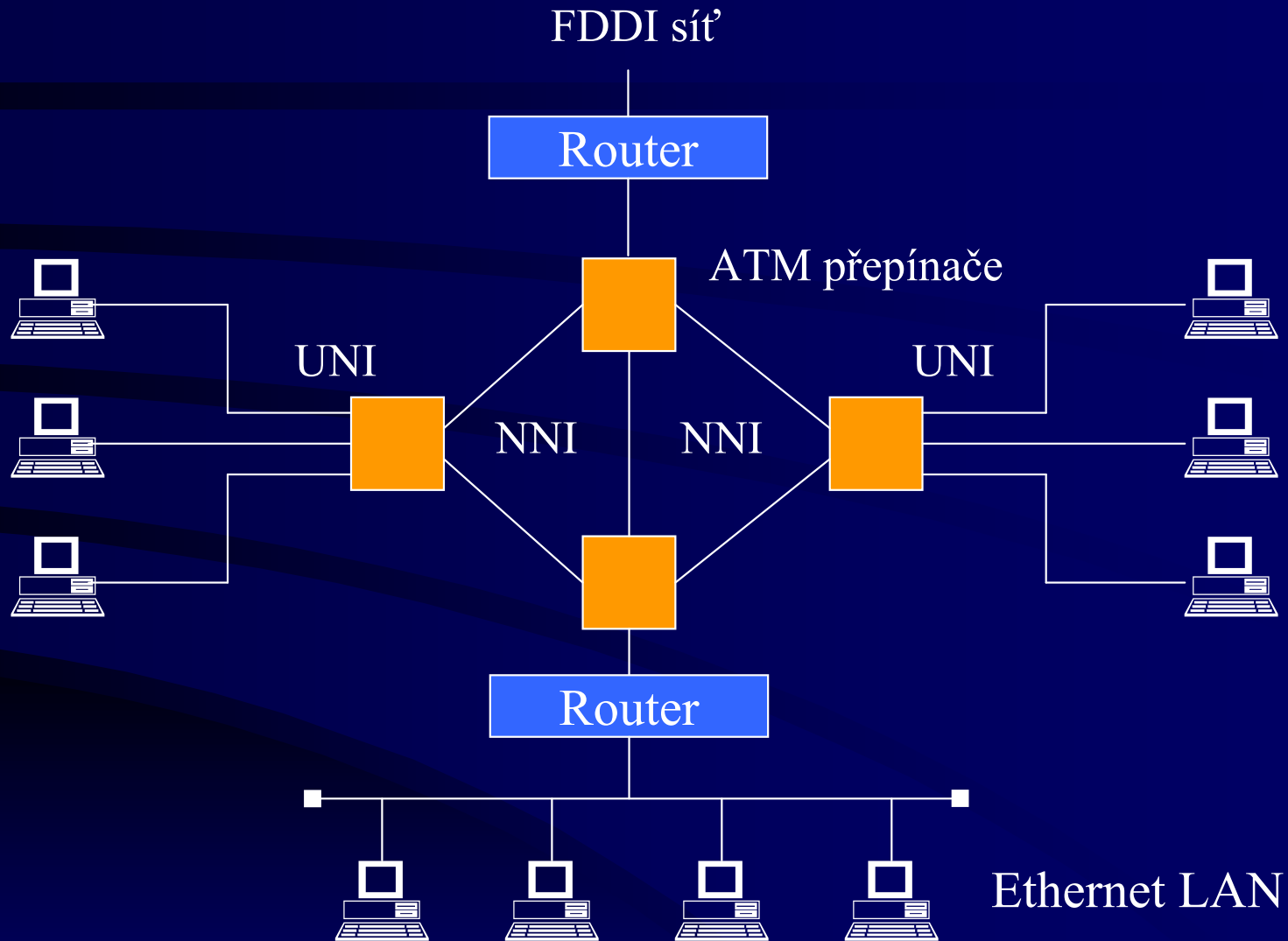
ATM (5)

– ATM koncových bodů (ATM endpoints):

- obsahují síťový adaptér pro ATM
- příkladem koncového zařízení může být např.: router (směrovač), LAN přepínač, video coder-decoder (**CODEC**), pracovní stanice



ATM (6)



ATM (7)

- ATM sítě v závislosti na zvoleném přenosovém médiu vykazují následující vlastnosti

Typ média	Rychlost	Délka spoje
Optický kabel (multi-mode)	622 Mb/s	500 m
Optický kabel (multi-mode)	100 Mb/s	2 km
Optický kabel (single-mode)	622 Mb/s	50 km
UTP (Category 5)	155 Mb/s	100 m
Koaxiální kabel ($Z_0 = 75 \Omega$)	45 Mb/s	136 m

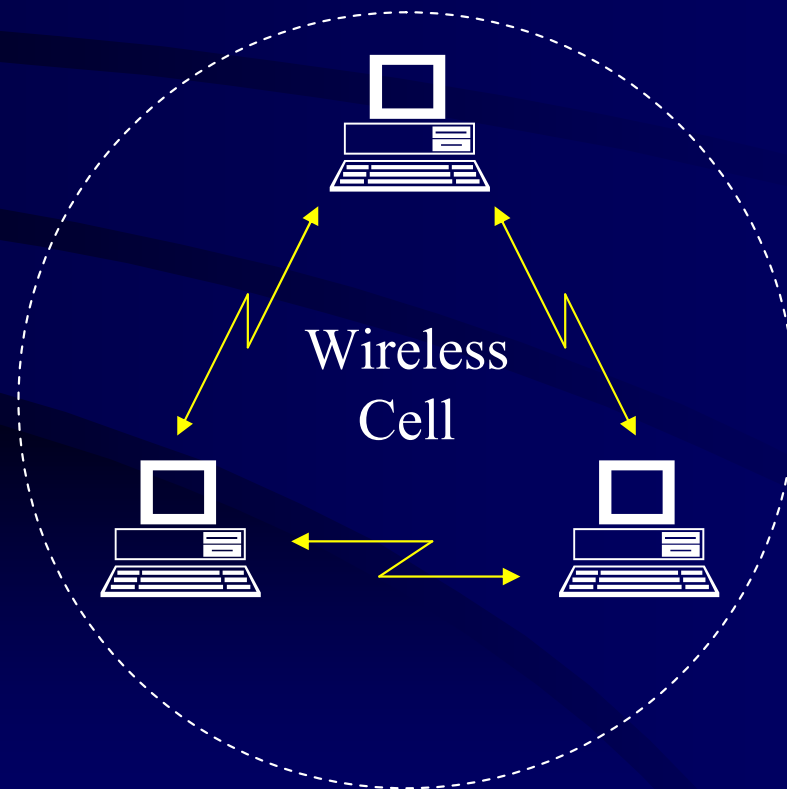
- V omezeném množství existují i implementace pracující s přenosovou rychlostí až 2,488 Gb/s

Bezdrátové LAN (1)

- Bezdrátové sítě (**WLAN** – Wireless LAN) – sítě využívající ke své činnosti technologii bezdrátového přenosu informací
- Přenosovým médiem je zpravidla vzduch
- První produkty umožňující práci s WLAN se objevují již od roku 1980
- Bezdrátové sítě mohou být využívány jako:
 - alternativa k dosud nejčastěji používaným LAN
 - rozšíření již existujících LAN
 - propojení mezi vzdálenými místy (budovami)

Bezdrátové LAN (2)

- Topologie bezdrátových sítí:
 - Peer-to-Peer:
 - zařízení v rámci bezdrátové buňky (wireless cell) komunikují přímo mezi sebou



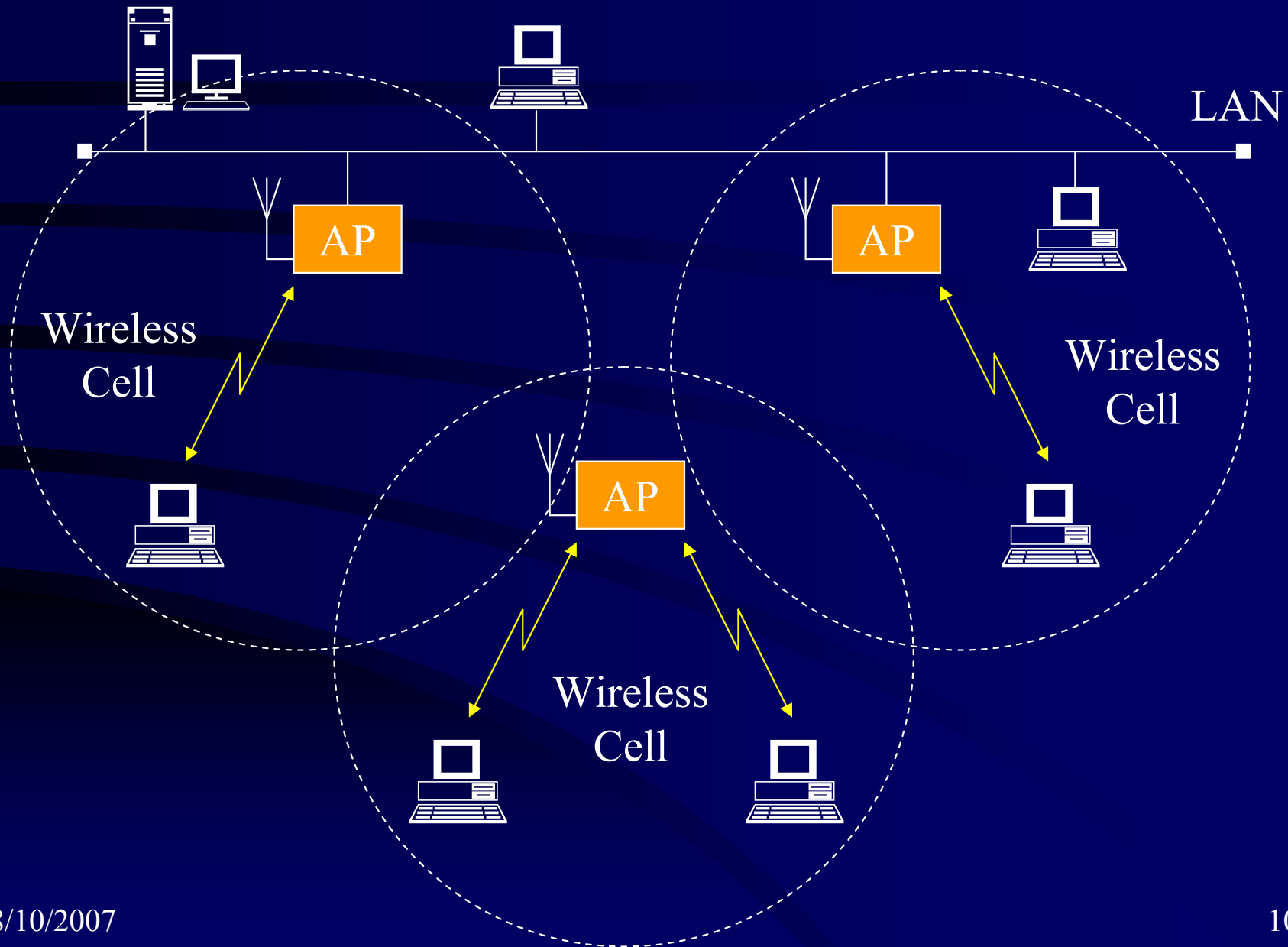
Ad Hoc
network

Bezdrátové LAN (3)

– Access Point-based:

- dnes častěji používaná topologie pro WLAN
- využívá zařízení označovaných jako **přístupové body** (**AP** – **A**ccess **P**oint), které umožňují komunikaci mezi bezdrátovými stanicemi
- přístupový bod může rovněž vytvářet most, který připojuje bezdrátové stanice k již existující LAN (např. Ethernet, Token-ring)
- tímto je umožněna komunikace bezdrátových stanic se stanicemi připojenými v LAN realizované pomocí kabelových rozvodů

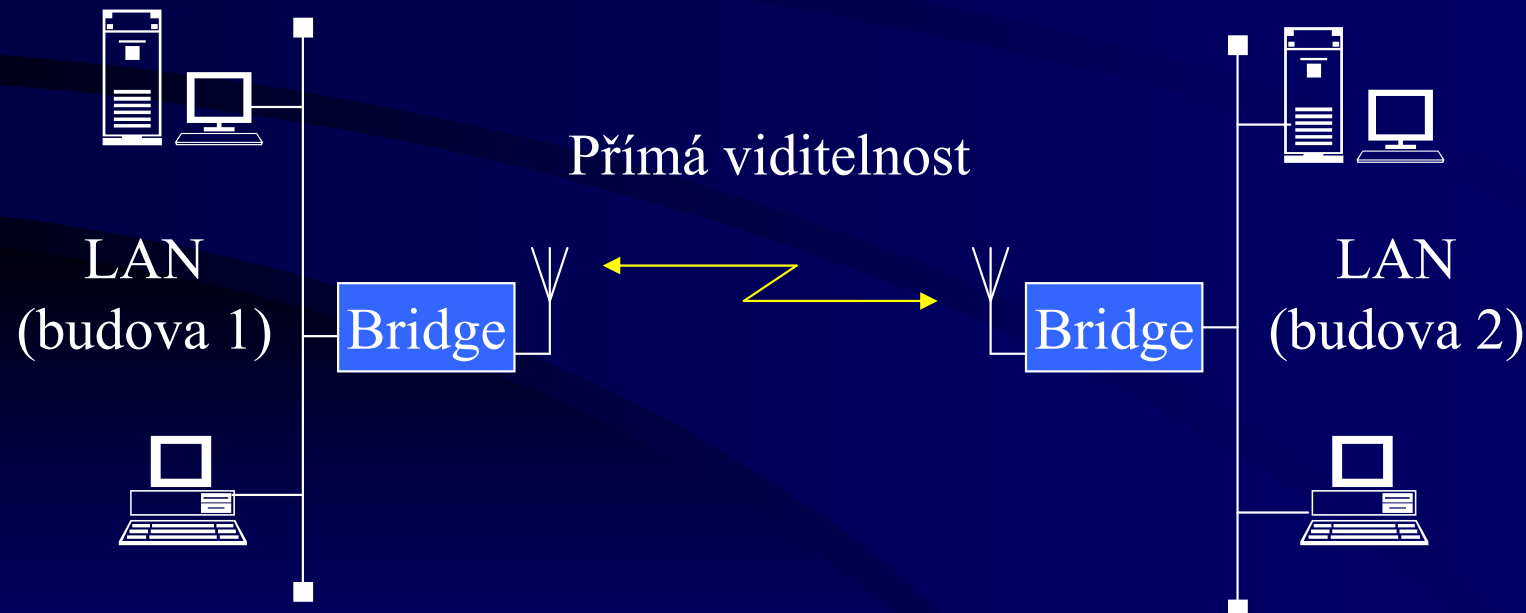
Bezdrátové LAN (4)



Bezdrátové LAN (5)

– Wireless Bridges (bezdrátové mosty):

- slouží k bezdrátovému propojení vzdálených míst (budov), resp. jejich lokálních sítí
- propojovaná místa musí být vybavena mosty (bridges) s transceivery umožňujícími vysílání a příjem signálů v daném pásmu

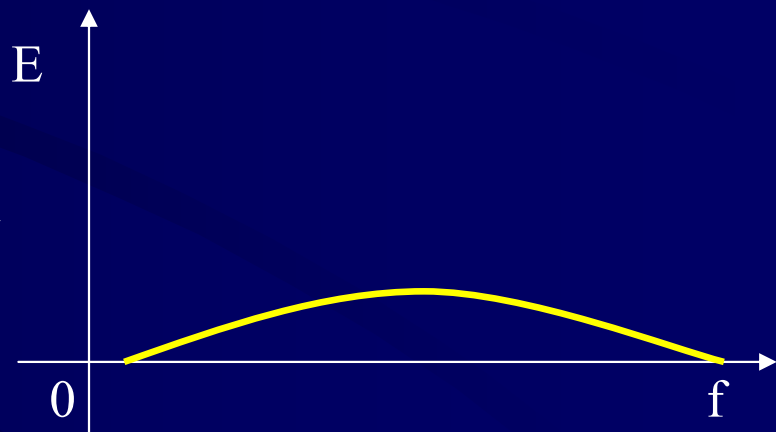
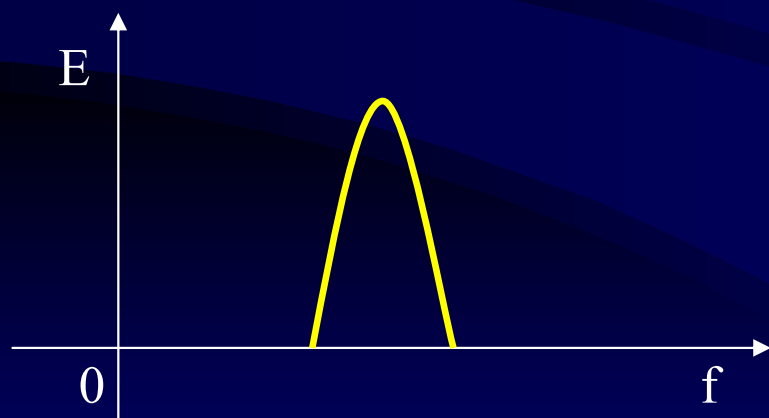


Bezdrátové LAN (6)

- Technologie bezdrátových sítí:
 - WLAN pracující v pásmu infračervených vlnových délek (**IR WLAN**)
 - WLAN pracující s malou šířkou pásma, tzv. **úzkopásmové WLAN (narrowband)**
 - WLAN s **rozprostřeným spektrem (spread spectrum)**:
 - **přeskakování frekvencí (FHSS – Frequency Hopping Spread Spectrum)**
 - **přímá sekvence (DSSS – Direct Sequence Spread Spectrum)**

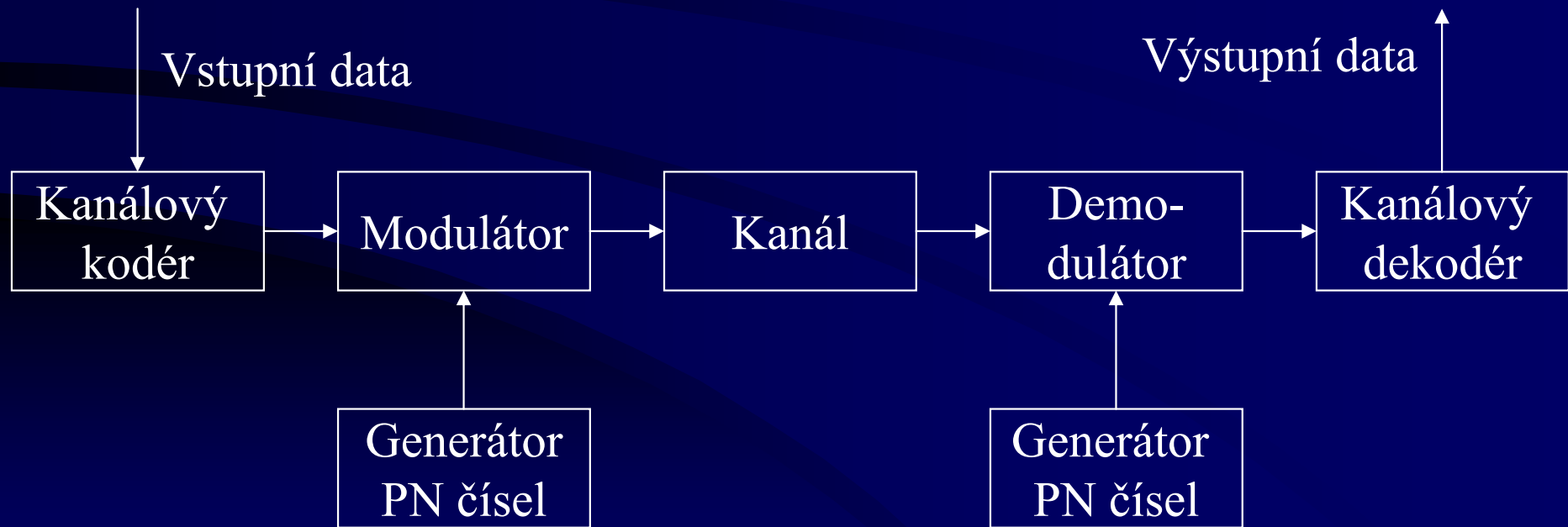
Spread Spectrum (1)

- V současné době nejpoužívanější technologie pro realizaci WLAN
- Šířka pásma vysílaného signálu je mnohem větší než šířka pásma, které by odpovídalo původním (vysílaným) datům



Spread Spectrum (2)

- Tato šířka je dána vysílanou zprávou a signálem označovaným jako tzv. **spreading code**
- Spreading code je možné generovat pomocí generátoru pseudo-náhodných (PN) čísel



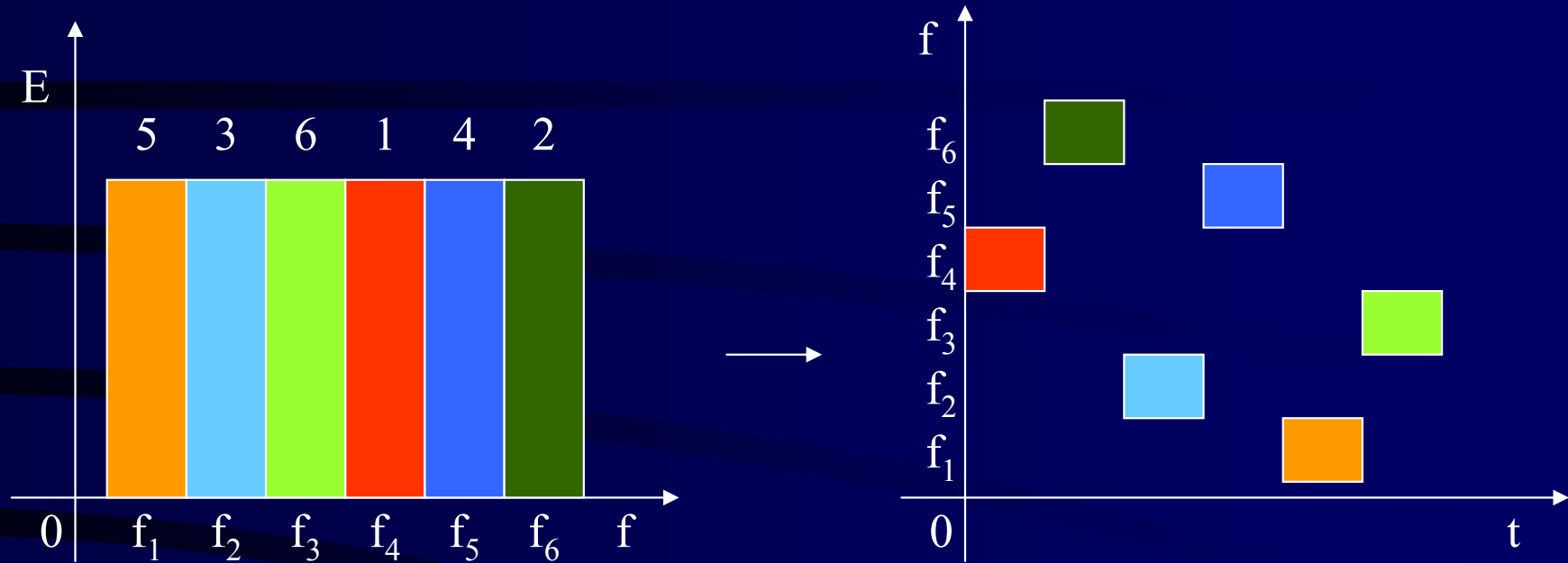
Spread Spectrum (3)

- Rozprostření spektra poskytuje dvě výhody:
 - vysílaná energie je rozložena do širšího pásma a tudíž množství energie pro konkrétní frekvenci je nízké (méně než 1 W). Vysílaný signál:
 - nezpůsobuje rušení jiných systémů
 - je hůře odposlouchávatelný
 - zavedení redundance:
 - vysílaná zpráva je přenášena pomocí signálů modulovaných na více frekvencích. Tyto signály mohou sloužit (v případě výskytu chyby, rušení) k obnovení původní zprávy

Spread Spectrum (4)

- V sítích využívajících technologii spread spectrum jsou definovány dvě hlavní techniky modulace:
 - **přeskakování frekvencí (FHSS – Frequency Hopping Spread Spectrum):**
 - nosná frekvence je periodicky (v pevně daných časových intervalech, např. 300 ms) měněna
 - posloupnost frekvencí, které budou postupně použity (jako nosná frekvence) bývá dána generátorem pseudo-náhodných čísel a vytváří tak vlastní spreading code
 - je nezbytné, aby generátor PN čísel na straně vysílače a přijímače byly vzájemně synchronizovány

Spread Spectrum (5)

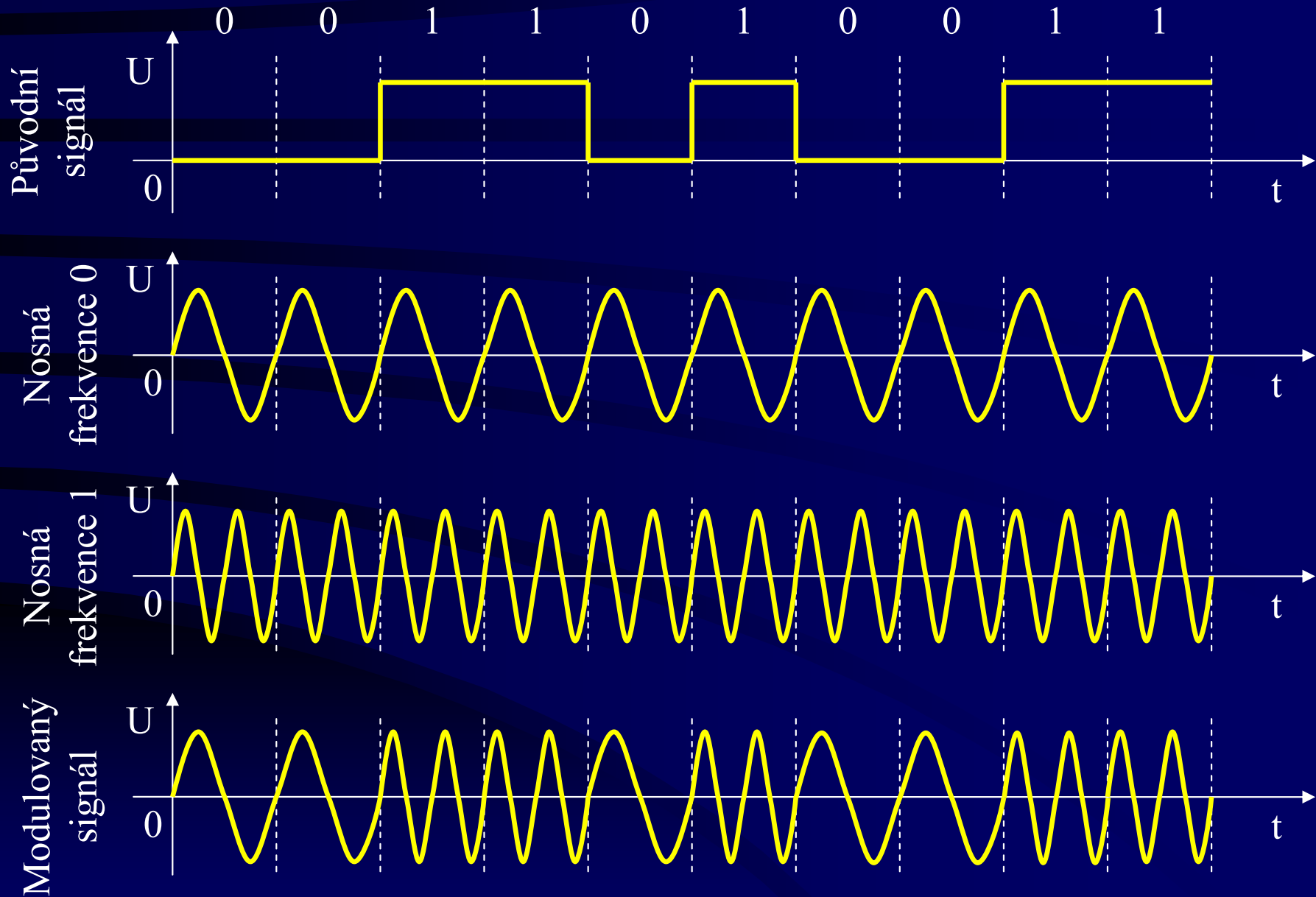


- při použití techniky frequency hopping je signál v daném okamžiku přenášen v úzkém pásmu (typicky 1 MHz), které může být zvoleno z velkého spektra kanálů (typicky 79 různých kanálů \Rightarrow 79 možných nosných frekvencí)

Spread Spectrum (6)

- výskyt rušení (kolize) na jedné frekvenci není pro frequency hopping kritický, protože přenos bude po chvíli pokračovat na frekvenci jiné, kde se rušené informace mohou přenést znovu
- přecházení mezi frekvencemi rovněž komplikuje možnosti nežádoucího odposlechu
- frequency hopping je vhodný pro přenosové rychlosti 1 – 3 Mb/s
- pro konečnou modulaci je používána metoda **FSK** – Frequency-Shift Keying:
 - binární hodnoty jsou přenášeny jako dvě odlišné frekvence
 - **bit 1**: je přenášen jako vyšší frekvence
 - **bit 0**: je přenášen jako nižší frekvence

Spread Spectrum (7)



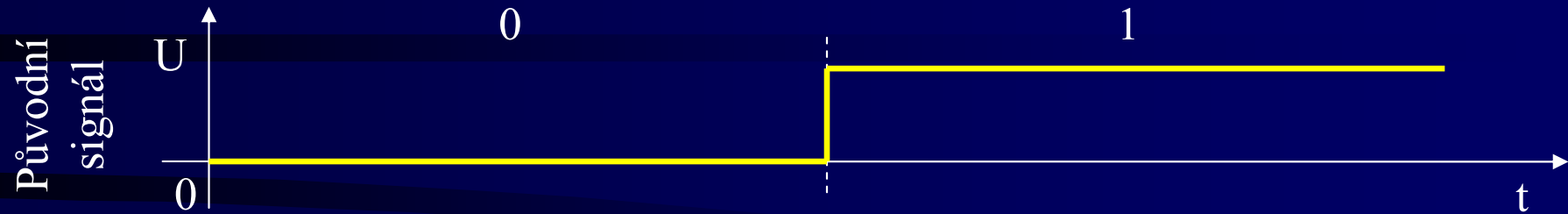
Spread Spectrum (8)

– přímá sekvence (DSSS – Direct Sequence Spread Spectrum):

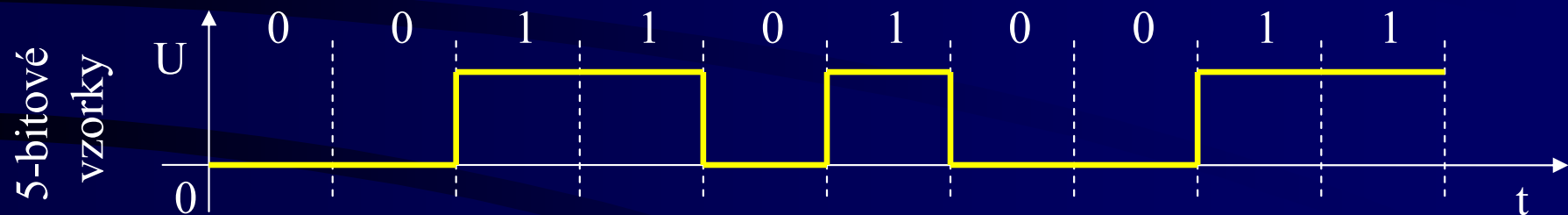
- každý vysílaný bit je transformován do n-bitové sekvence (např. $n=11$), označované jako **chip sequency**, která tvoří spreading code
- transformace probíhá většinou pomocí generátoru PN čísel. Vygenerovaná čísla (např. 11-bitový vzorek) jsou pak použita k zakódování (např. pomocí operace XOR) jednoho bitu do výsledné chip sequency
- generátory PN čísel na straně přijímače i vysílače musí být vzájemně synchronizovány, což umožňuje, aby na straně přijímače byla provedena zpětná transformace z chip sequency na původní hodnotu bitu

Spread Spectrum (9)

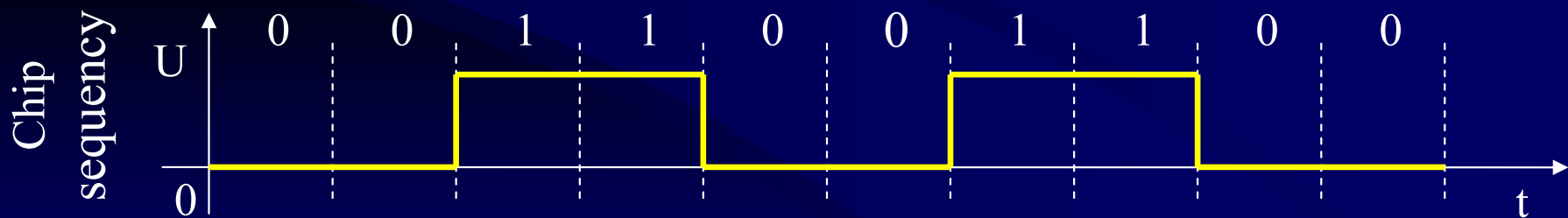
- strana vysílače:



XOR

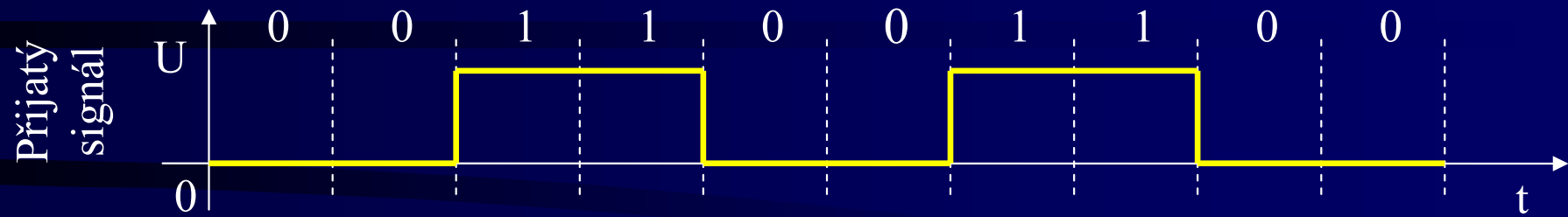


=

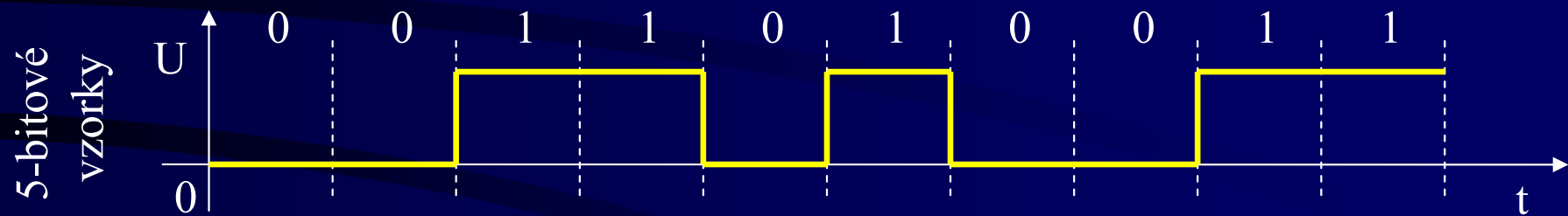


Spread Spectrum (10)

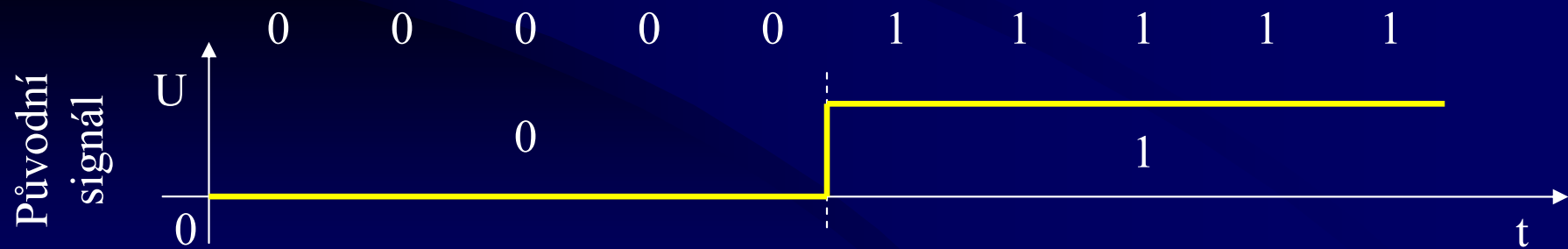
- strana přijímače - bezchybný přenos:



XOR

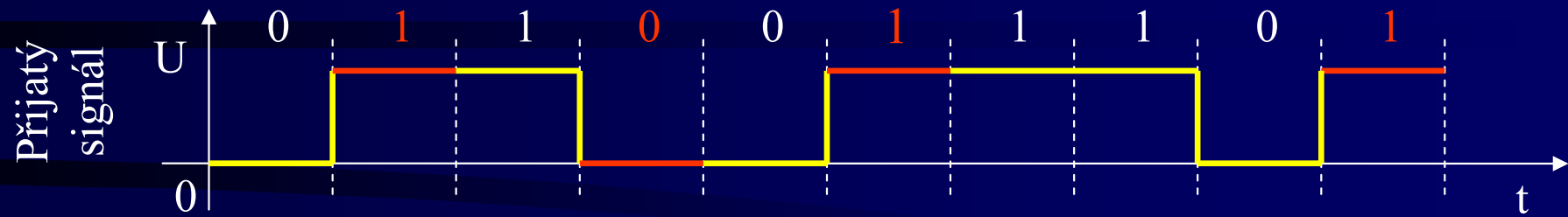


=

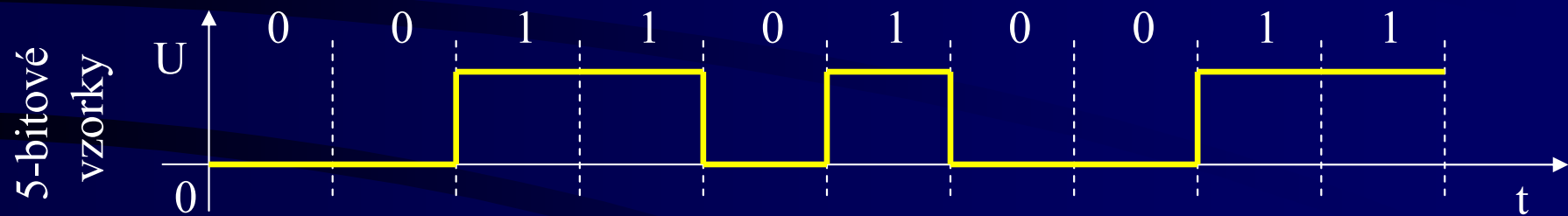


Spread Spectrum (11)

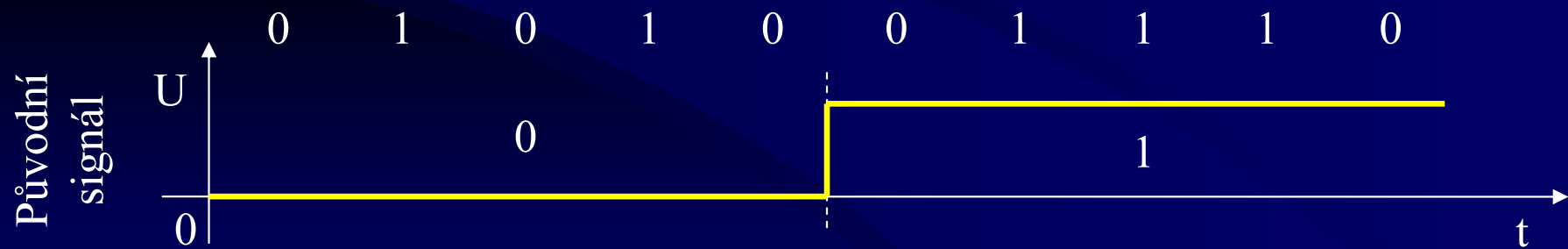
- strana přijímače (rušení) - přenos s chybami:



XOR



=



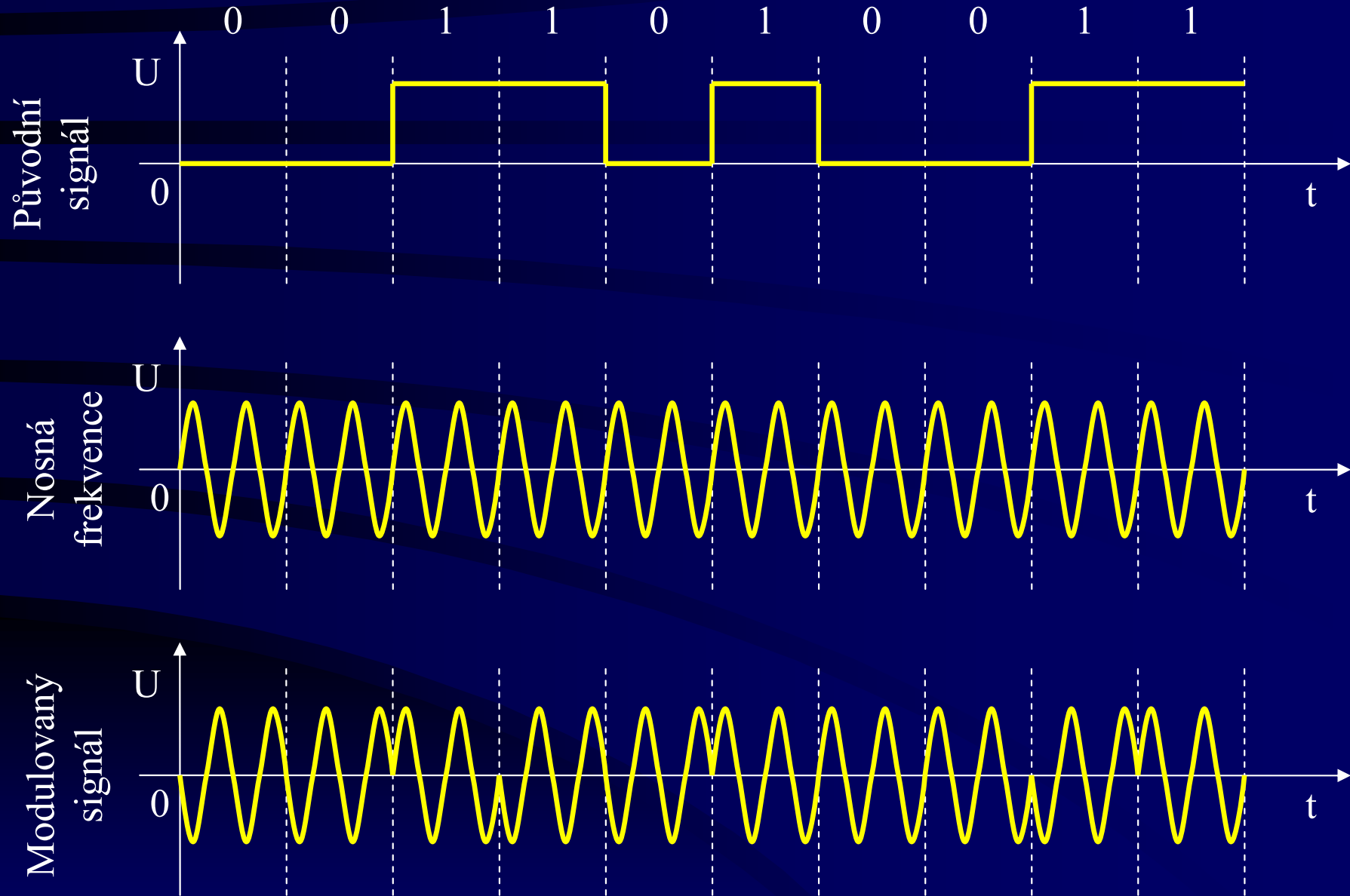
Spread Spectrum (12)

- vysílaný signál je přenášen v relativně širokém pásmu, které je závislé na počtu bitů použitých pro vytvoření chip sequency
- Pro 11 bitů je nutné pásmo o šířce 22 MHz – 25 MHz
- Při použití nelicencovaného pásma 2,4 – 2,4835 GHz je možné používat maximálně 3 nezávislé systémy pracující s DSSS, které se nebudou vzájemně rušit
- výskyt rušení (kolize) není pro techniku přímé sekvence kritický, protože poškozené informace lze dopočítat z informací redundantních
- kódování na straně vysílače komplikuje možnosti nežádoucího odposlechu

Spread Spectrum (13)

- direct spectrum je vhodná technologie pro přenosové rychlosti 2 - 20 Mb/s
- pro konečnou modulaci je používána metoda **PSK** - Phase-Shift Keying (popř. **QPSK** – Quadrature PSK):
 - metoda PSK používá pro modulaci binárních hodnot rozličné fáze nosné frekvence
 - **bit 0**: je přenášen jako signál se stejnou fází, která byla použita u předešlého bitu (nedochází ke změně fáze)
 - **bit 1**: je přenášen s fázovým posunem 180° oproti předcházejícímu signálu (bitu)
 - Pozn.: metoda QPSK používá 4 různé fázové posuny (0° , 90° , 180° a 270°) odpovídající bitovým vzorkům 00, 01, 10 a 11

Spread Spectrum (14)



Bezdrátový Ethernet (1)

- Síťová architektura (standardizovaná dokumenty **IEEE 802.11x**) umožňující bezdrátové připojení počítačů ke stávajícím LAN (Ethernet)
- Původní specifikace **IEEE 802.11** (z r. 1997) umožňovala přenosové rychlosti 1 – 2 Mb/s a byla určena zejména pro přenos informací v pásmu 2,4 – 2,4835 GHz
- Tato specifikace definovala práci s technologií FHSS, DSSS a umožňovala i přenos informací prostřednictvím infračervených vlnových délek

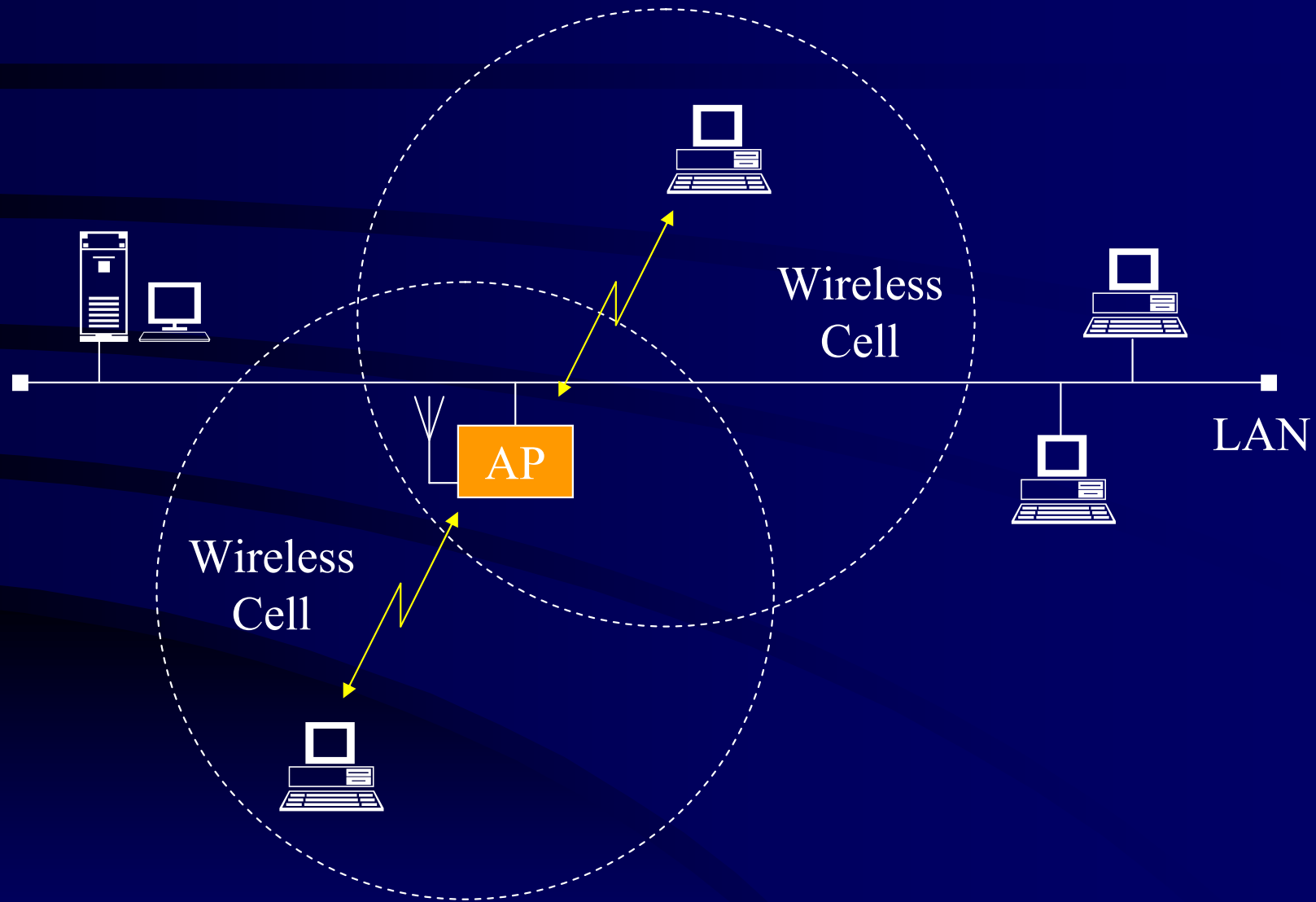
Bezdrátový Ethernet (2)

- Vzhledem k nízké přenosové rychlosti byl vytvořen (v r. 1999) standard **IEEE 802.11b**
- Tento nový standard, který pracuje s technologií HR/DSSS, je určen výhradně pro přenos informací v pásmu 2,4 – 2,4835 GHz a umožňuje maximální přenosovou rychlost 11 Mb/s
- Existuje i standard **IEEE 802.11a**, který definuje práci v pásmu 5,725 – 5,85 GHz a dovozuje maximální přenosovou rychlost 25 Mb/s. Tento standard zatím není příliš rozšířen

Bezdrátový Ethernet (3)

- Jako přístupová metoda je použita metoda **CSMA/CA** (s pozitivním potvrzováním)
- Přístupovou metodu CSMA/CD není možné použít, protože:
 - stanice by musely být schopny zároveň vysílat i přijímat signál (nárůst cenových nákladů)
 - problém „**skrytého uzlu**“ („**hidden node**“). Jedná se o problém, kdy dvě stanice jsou v dosahu přístupového bodu (access pointu), ale nenacházejí se ve vzájemném dosahu

Bezdrátový Ethernet (4)



Bezdrátový Ethernet (5)

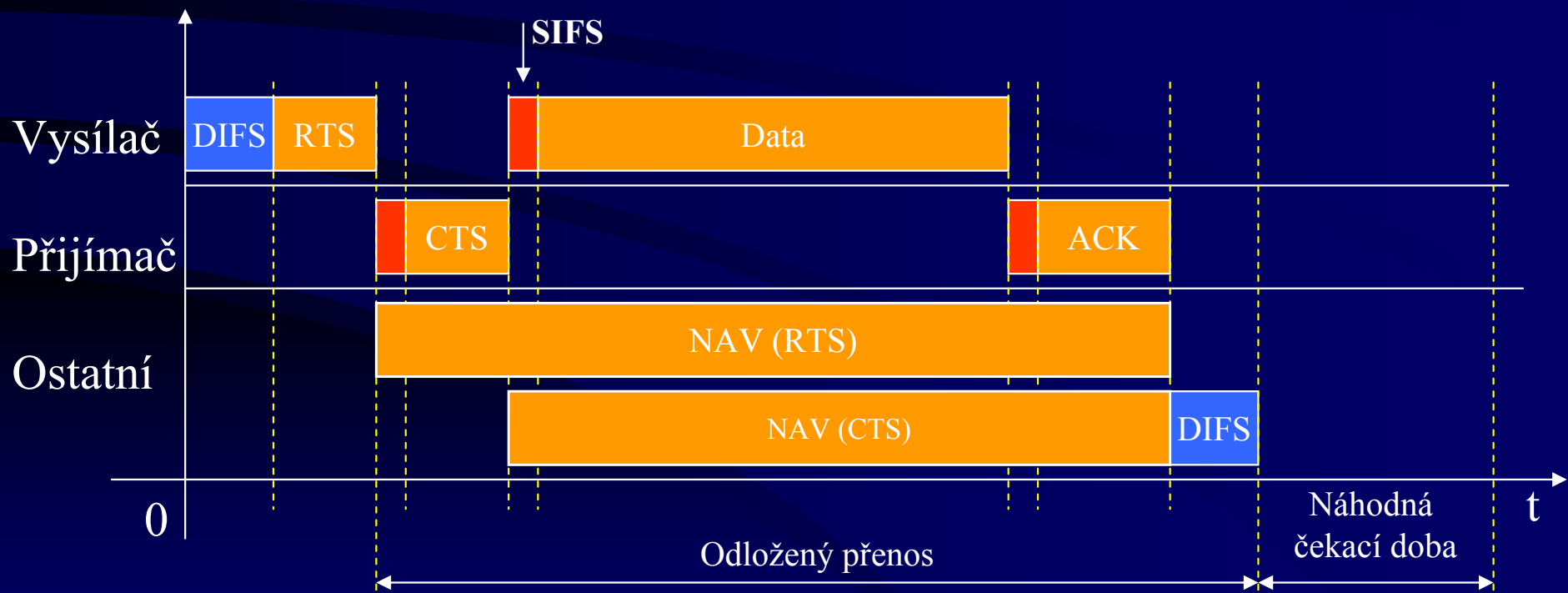
- Metoda CSMA/CA použitá v bezdrátových sítích IEEE 802.11:
 - stanice, která chce vysílat si ověří, zda-li je síť po určité době (**DIFS** – Distributed Inter Frame Space) volná
 - jestliže síť je (stane se) v průběhu DIFS obsazená, tak se přenos dat odloží
 - v opačném případě je vyslán krátký packet **RTS** – Request To Send, který mimo jiné obsahuje informaci o době, kterou bude následující přenos trvat

Bezdrátový Ethernet (6)

- cílová stanice odpovídá (po krátkém okamžiku - **SIFS**) packetem **CTS** – Clear To Send, který opět mimo jiné obsahuje dobu, po kterou bude následující přenos trvat
- všechny stanice, které slyší RTS nebo CTS si nastaví vlastní indikátor **NAV** – Network Allocation Vector na dobu přenášenou v těchto packetech a nebudou se v jejím průběhu snažit přistupovat k síti
- CTS a RTS jsou krátké packety a výše uvedený mechanismus dovoluje podstatným způsobem snížit pravděpodobnost kolize

Bezdrátový Ethernet (7)

- celá transakce je (v případě úspěšného přenosu dat) ukončena zasláním packetu **ACK** – Acknowledge
- jestliže přenos není potvrzen packetem ACK, pak je situace vyhodnocena jako kolize a přenos se opakuje



Bezdrátový Ethernet (8)

- Standard IEEE 802.11 definuje dvě zařízení odpovídající topologii Peer-to-Peer a AP-based:
 - **bezdrátová stanice**: obvykle počítač vybavený bezdrátovou síťovou kartou
 - **přístupový bod (Access Point)**: zařízení umožňující komunikaci bezdrátovými stanicemi LAN realizovanými pomocí kabelových rozvodů
- Vzájemně kompatibilní výrobky pracující podle specifikace IEEE 802.11b jsou označovány rovněž termínem Wi-Fi (Wireless Fidelity)

Sítě ISDN (1)

- **ISDN** – Integrated Service Digital Network je digitální telefonní síť
- Jedná se o množinu standardů pro přístup k plně digitálním veřejným telefonním sítím
- Prostřednictvím existujících telefonních linek umožňují přenos:
 - **hlasu:**
 - postačuje přenosová rychlost 64 kb/s
 - hlasový signál je vzorkován s frekvencí 8 kHz a hloubkou vzorkování 8 bitů

Sítě ISDN (2)

- nesmí docházet ke zpožděním
- bitové chyby při přenosu jsou tolerovatelné (nejsou kritické)
 - **dat** (texty, grafika, teletext, fax):
 - přenosová rychlost je řádově kb/s až Mb/s
 - může docházet ke zpoždění
 - nesmí docházet k bitovým chybám (jsou kritické)
- Kanály ISDN (ISDN channels):
 - **B-channel (basic/bearer channel)**
 - základní doručitelský kanál
 - přenosová rychlost 64 kb/s

Sítě ISDN (3)

- používaný pro přenos např. digitalizovaného hlasu, dat a videa
- mohou být spojovány dohromady za účelem dosažení větší šířky pásma
- **D-channel (delta channel):**
 - slouží pro přenos řídicích signálů, např.
 - správa sítě
 - účtovací data
 - přenosová rychlost je závislá na rozhraní uživatele:
 - **BRI** (Basic Rate Interface): 16 kb/s
 - **PRI** (Prietary Rate Interface): 64 kb/s
 - vymezení kanálu pro řídicí signály dovoluje efektivnější využití kanálů B

Sítě ISDN (4)

– H-channel (High-speed channel):

- vysokorychlostní kanál
- dostupný pouze na rozhraní PRI
- určený primárně pro přenos videa
- používaný pro implementaci ATM
- existují tři typy:
 - H0: 384 kb/s
 - H11: 1,536 Mb/s
 - H12: 1,920 Mb/s
- Rozhraní uživatele (typy přístupu):
 - BRI (Basic Rate Interface), BRA:
 - rozhraní se základní sazbou

Sítě ISDN (5)

- slouží zejména pro individuální uživatele a pro menší organizace
- poskytuje dva kanály B a jeden kanál D (**2B+D**)
- jeden kanál B slouží pro hlasovou komunikaci a druhý pro přenos dat
- celková šířka pásma je 144 Kb/s (144 000 b/s)
- **PRI** (Primary Rate Interface), **PRA**:
 - rozhraní s primární sazbou
 - existují dva typy:
 - **23B+D**:
 - max. přenosová rychlost je 1,544 Mb/s (USA, Japonsko)
 - využívá 23 kanálů B a jednoho kanálu D, popř. čtyřech kanálů H0 nebo jednoho kanálu H11

Sítě ISDN (6)

– 30B+D:

- max. přenosová rychlost je 2,048 Mb/s (Evropa)
 - využívá 30 kanálů B a jednoho kanálu D, popř. pěti kanálů H0 nebo jednoho kanálu H12
- Zařízení pro ISDN (**ISDN devices**):
 - v terminologii ISDN se pojem **standardní zařízení** nevztahuje přímo k hardwaru, ale k funkcím, které mohou být prováděny samostatnými hardwarovými jednotkami
 - V sítích ISDN se rozlišují následující standardní zařízení (**ISDN standard devices**)

Sítě ISDN (7)

– TE1 – Terminal Equipment 1:

- česky označováno jako koncové zařízení
- součást komunikačního vybavení, která je přizpůsobena standardu ISDN
- např.: digitální telefon, datový terminál pro ISDN, počítač vybavený adaptérem pro ISDN
- většinou umožňuje plný přístup k BRI

– TE2 – Terminal Equipment 2:

- koncové zařízení, které není určeno pro komunikaci v rámci sítě ISDN
- pro jeho připojení se musí použít zařízení TA
- např. analogový telefon

Sítě ISDN (8)

– TA – Terminal Adapter:

- speciální rozhraní, které umožňuje připojit k síti ISDN i zařízení, která pro ISDN původně nebyla určena
- většinou umožňuje plný přístup k BRI

– NT – Network Termination:

- jednotka sloužící k připojování koncových zařízení
- bývá vybavena konektorem, ke kterému lze připojit kabel pasivní sběrnice (S bus, S0 bus)
- k pasivní sběrnici je možné připojit až 8 koncových zařízení
- pasivní sběrnici je nutno na jednom konci zakončit terminátorem (100Ω)
- bývá rozdělováno na NT1, NT2, popř. NT12

Sítě ISDN (9)

– NT1:

- poskytuje fyzické připojení
- převádí signály TE1 (TA) na signály ISDN sítě a naopak
- zabezpečuje administrativu sítě a zpětnovazebné testování
- umožňuje údržbu a sledování výkonu
- provozovatel spojů umístí toto zařízení u uživatele a připojí jej ke své ISDN ústředně

– NT2:

- vytváří vlastní rozhraní pro zařízení ISDN v rámci organizace
- realizováno většinou místní ústřednou
- umožňuje např. přímé propojení telefonního hovoru v rámci jedné organizace

– NT12:

- spojení zařízení NT1 a NT2 do jednoho celku

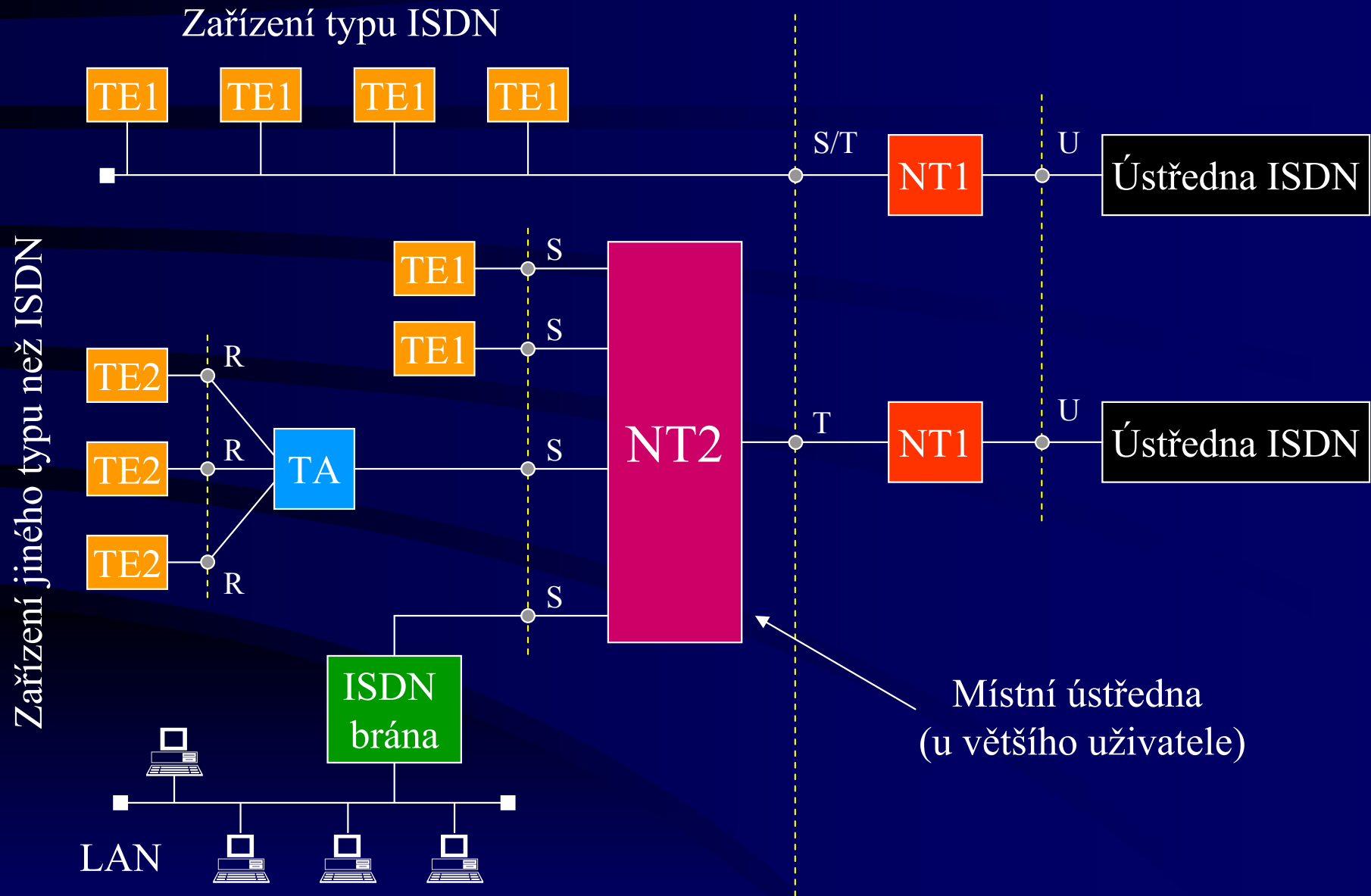
Sítě ISDN (10)

- Standard ISDN definuje čtyři referenční body (rozhraní), tzv. **Standard Reference Points**, které slouží pro připojení jednotlivých zařízení
- Referenční bod:
 - **R**:
 - rozhraní mezi zařízením, které není určeno pro ISDN (TE2) a mezi zařízením TA
 - **S**:
 - rozhraní mezi zařízením TE1 (TA) a zařízením NT2
 - používá 4 vodiče

Sítě ISDN (11)

- umožňuje konfiguraci, pomocí níž může až osm zařízení (TE1, TA) sdílet jeden kanál D
- jestliže není použito zařízení NT2 (tzv. nulové NT2), tak dojde ke ztotožnění rozhraní T s rozhraním S \Rightarrow rozhraní S/T (S bus, S0 bus)
 - T:
 - rozhraní mezi zařízeními NT2 a NT1 (není-li použito zařízení NT12)
 - U:
 - rozhraní mezi zařízením NT1 a ústřednou ISDN
 - realizováno pomocí dvou vodičů

Sítě ISDN (12)



DSL (1)

- **DSL** (Digital Subscriber Line) je technologie, která umožňuje přenos informací (data, hlas, video) prostřednictvím existujících telefonních linek
- Využívá běžnou telefonní linku, k níž je uživatel neustále připojen pomocí modemu ⇒ odpadá nutnost vytáčení telefonního čísla
- V rámci technologie DSL existuje celá řada různých variant, které jsou souhrnně označovány jako **xDSL**

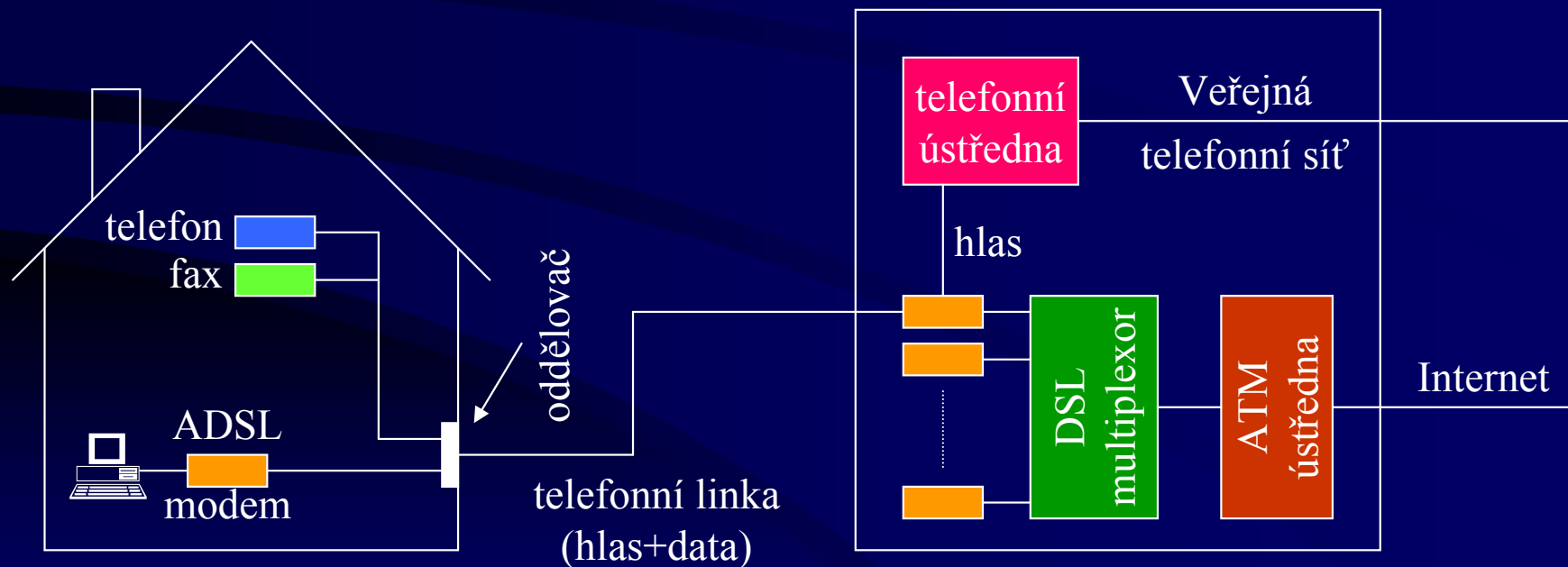
DSL (2)

- Tyto varianty se liší:
 - přenosovými rychlostmi
 - použitou modulací
 - maximální vzdáleností účastníka od ústředny
- DSL technologie lze obecně rozdělit na:
 - **asymetrické:**
 - poskytují vyšší přenosovou rychlost pro přenos informací směrem k uživateli (download) a nižší pro přenos směrem od uživatele (upload)
 - založeny na skutečnosti, že uživatel obvykle větší množství informací přijímá a menší odesílá
 - ADSL, ADSL-Lite, R-ADSL, VDSL

DSL (3)

– symetrické:

- pro download i upload poskytují stejnou přenosovou rychlost
- IDSL, SDSL, HDSL, HDSL-2, VDSL
- Typické uspořádání xDSL systému:

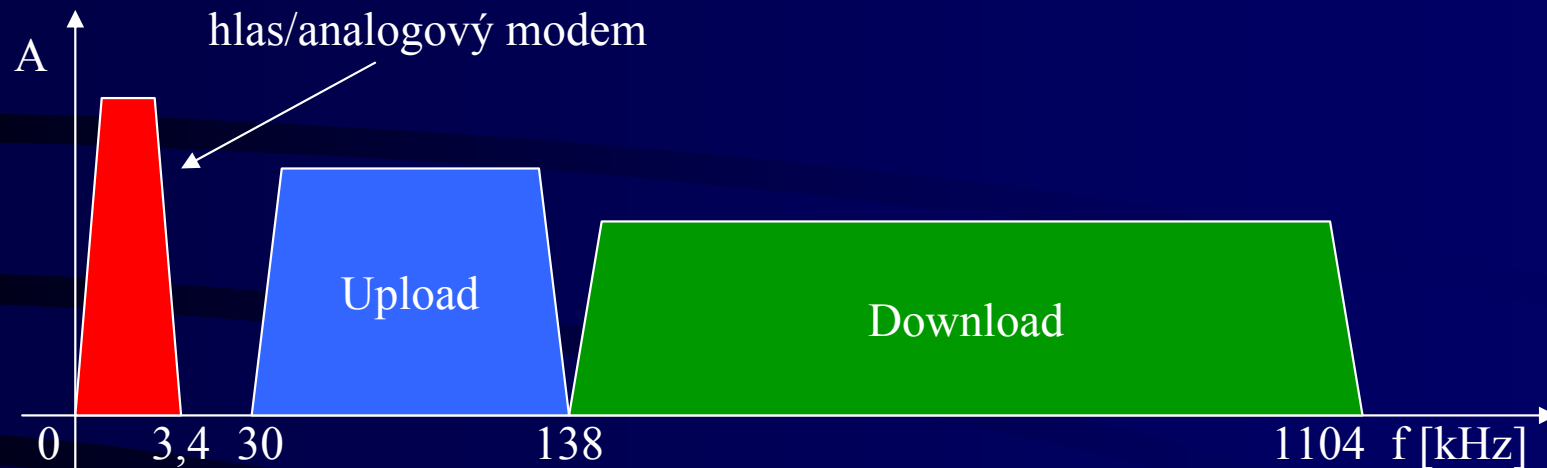


DSL (4)

- **ADSL** (Asymetric DSL):
 - dnes asi nejrozšířenější z xDSL technologií
 - rychlost pro přenos dat k uživateli (download) a od uživatele (upload) je různá:
 - **download**: max. 8 Mb/s
 - **upload**: max. 1 Mb/s
 - maximální přenosové rychlosti však bývají operátory omezovány (64, 128, 256 kb/s)
 - využívá vyšší frekvenční pásmo než klasický telefonní hovor \Rightarrow stejnou telefonní linku lze používat pro telefonní hovory i pro ADSL

DSL (5)

- frekvenční oddělení pásem v ADSL:



- připojení koncového uživatele je realizováno pomocí jednoho páru vodičů
- maximální vzdálenost uživatele od ústředny je 5 km

DSL (6)

- **ADSL Lite (G.Lite):**
 - odlehčená varianta technologie ADSL
 - data k uživateli jsou přenášena s maximální rychlostí 1,5 Mb/s
 - jedná se o levnější a pro „méně náročné“ uživatele dostačující řešení
- **R-ADSL (Rate-Adaptive DSL):**
 - podobná technologie jako ADSL
 - je schopna analyzovat stav komunikační linky a jejímu momentálnímu stavu přizpůsobit přenosovou rychlost

DSL (7)

- kvalita přenosu závisí na délce a kvalitě telefonní linky vedoucí k ústředně
- přenosová rychlost se mění buď podle stavu linky v době navázání spojení nebo během přenosu na základě signálu z ústředny
- **IDSL (ISDN DSL):**
 - neumožňuje přenášet zároveň hlas i data (data jsou přenášena ve stejném frekvenčním pásmu jako hlas)
 - max. přenosová rychlost je 144 kb/s (2B+D)
 - je využíván jeden kanál s rozhraním ISDN BRI
 - maximální délka připojení je 10,7 km

DSL (8)

- **HDSL** (High Bit-rate DSL):
 - poskytuje symetrické rozdělení přenosového pásma \Rightarrow přenosová rychlost pro download i upload je stejná
 - používaná telekomunikačními firmami ke vzájemnému propojení jejich ústředí
 - nabízena s přenosovou rychlostí:
 - 1,544 Mb/s – odpovídá lince T1 (USA)
 - 2,048 Mb/s – odpovídá lince E1 (Evropa)
 - vyžaduje použití dvou (popř. tří) párů vodičů, jejichž maximální délka je 4 km

DSL (9)

- **HDSL-2** (High Bit-rate DSL-2):
 - modifikace technologie HDSL
 - poskytuje stejné parametry jako HDSL, ale využívá pouze jednoho páru vodičů o maximální délce 3,5 km
- **SDSL** (Symetric DSL):
 - symetrická varianta ADSL
 - pro přenos informací využívá jednoho páru vodičů s maximální délkou 6 km
 - přenosové rychlosti pro download i upload jsou stejné a pohybují se v rozmezí 144 kb/s až 2320 kb/s

DSL (10)

- vhodná pro rychlé datové připojení uživatelů, kde není nutné za každou cenu udržet konstantní přenosovou rychlost cca 2 Mb/s
- **VDSL** (Very High Bit-rate DSL):
 - v současnosti není ve větším měřítku používána, ale je považována za do budoucna perspektivní technologii
 - založena na asymetrickém rozložení přenosové kapacity (podobně jako ADSL)
 - přenosové rychlosti jsou:
 - download: 13 Mb/s – 52 Mb/s
 - upload: 1,5 Mb/s – 2,3 Mb/s

DSL (11)

- může být použita i pro symetrické přenosy s rychlostí až 34 Mb/s
- přenosy lze realizovat pomocí jednoho páru vodičů, avšak vzdálenost od ústředny může být maximálně 1250 m
- vhodná pro budoucí aplikace (např. přenos signálu digitální televize)

Virtuální sítě – VLAN (1)

- **VLAN** (Virtual Local Area Network) je logický segment spojující koncové uzly, které mohou být připojené k různým fyzickým segmentům a mohou spolu komunikovat jako by byly zapojeny ve společné LAN
- VLAN jsou založeny na fyzickém propojení jednotlivých uzlů pomocí přepínačů (switch)
- Technologie VLAN je specifikována dokumentem **IEEE 802.1Q**

Virtuální síť – VLAN (2)

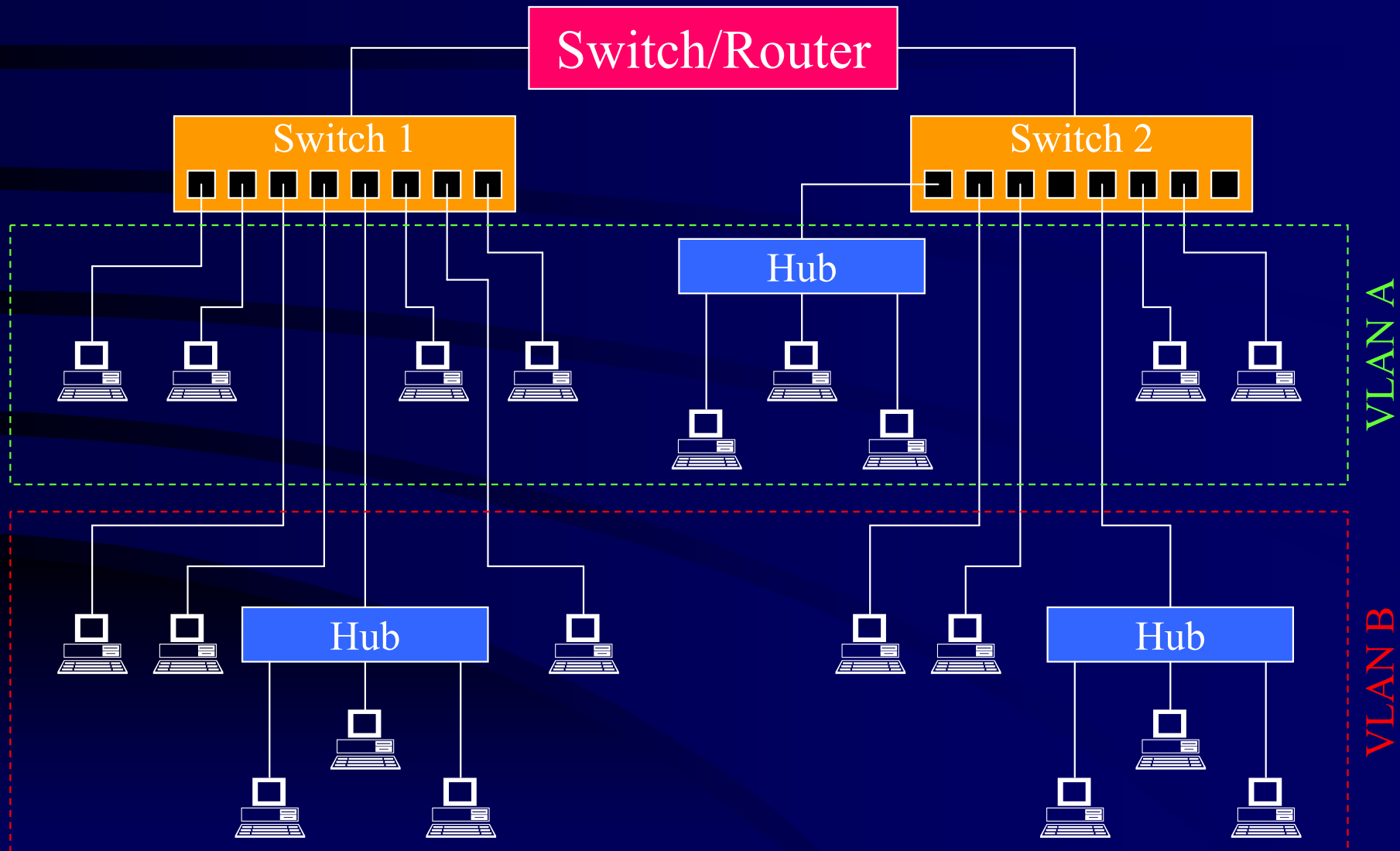
- Členství koncového uzlu ve virtuální síti lze definovat podle:
 - portů přepínačů, k nimž jsou uzly fyzicky připojeny
 - hardwarových adres jednotlivých uzlů
 - síťového protokolu (síťových adres uzlů)
 - skupinového IP vysílání
- Komunikace mezi uzly v různých VLAN je uskutečňována pomocí směrovače (router) nebo směrovacích funkcí přepínače

VLAN podle portů (1)

- Historicky první typ virtuálních sítí
- Členství uzlu ve VLAN je definováno pro jednotlivé porty přepínače (přepínačů)
- Nevýhodou je častá nutnost předefinování členství při přesunech uživatelské stanice mezi porty přepínače (v případě, že by přesunem došlo ke změně VLAN)
- Není možné, aby více VLAN (definovaných podle portů) zahrnovalo stejný fyzický segment nebo port přepínače

VLAN podle portů (2)

- Příklad VLAN podle portů:



VLAN podle HW adresy (1)

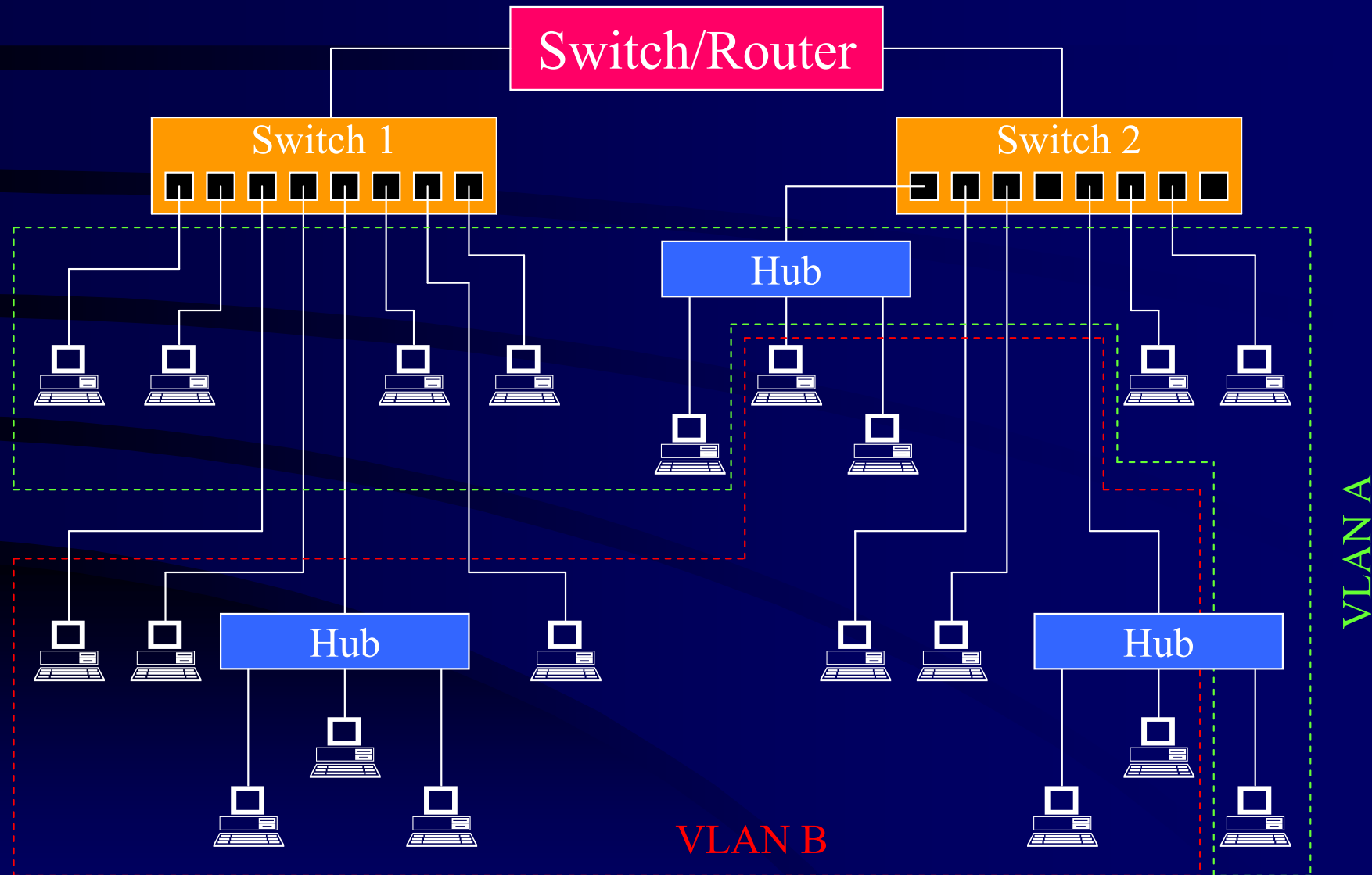
- Členství uzlu ve VLAN je dáno jeho hardwarovou adresou (např. ethernetová adresa), která je pevně uložena v obvodech síťové karty
- Jestliže dojde k přemístění stanice, tak se tím v žádném případě nemění členství ve VLAN (není nutná změna konfigurace)
- Nevýhodou je, že může dojít ke snížení výkonu v okamžiku, kdy na portu přepínače je připojen segment se stanicemi v různých VLAN

VLAN podle HW adresy (2)

- VLAN podle HW adresy vyžadují, aby každý uzel byl na začátku konfigurován jako člen nejméně jedné virtuální sítě \Rightarrow pracná konfigurace u sítí s velkým počtem stanic
- Komplikace může přinést dnes mnohdy umožňovaná uživatelská změna HW adresy síťové karty

VLAN podle HW adresy (3)

- Příklad VLAN podle HW adresy:

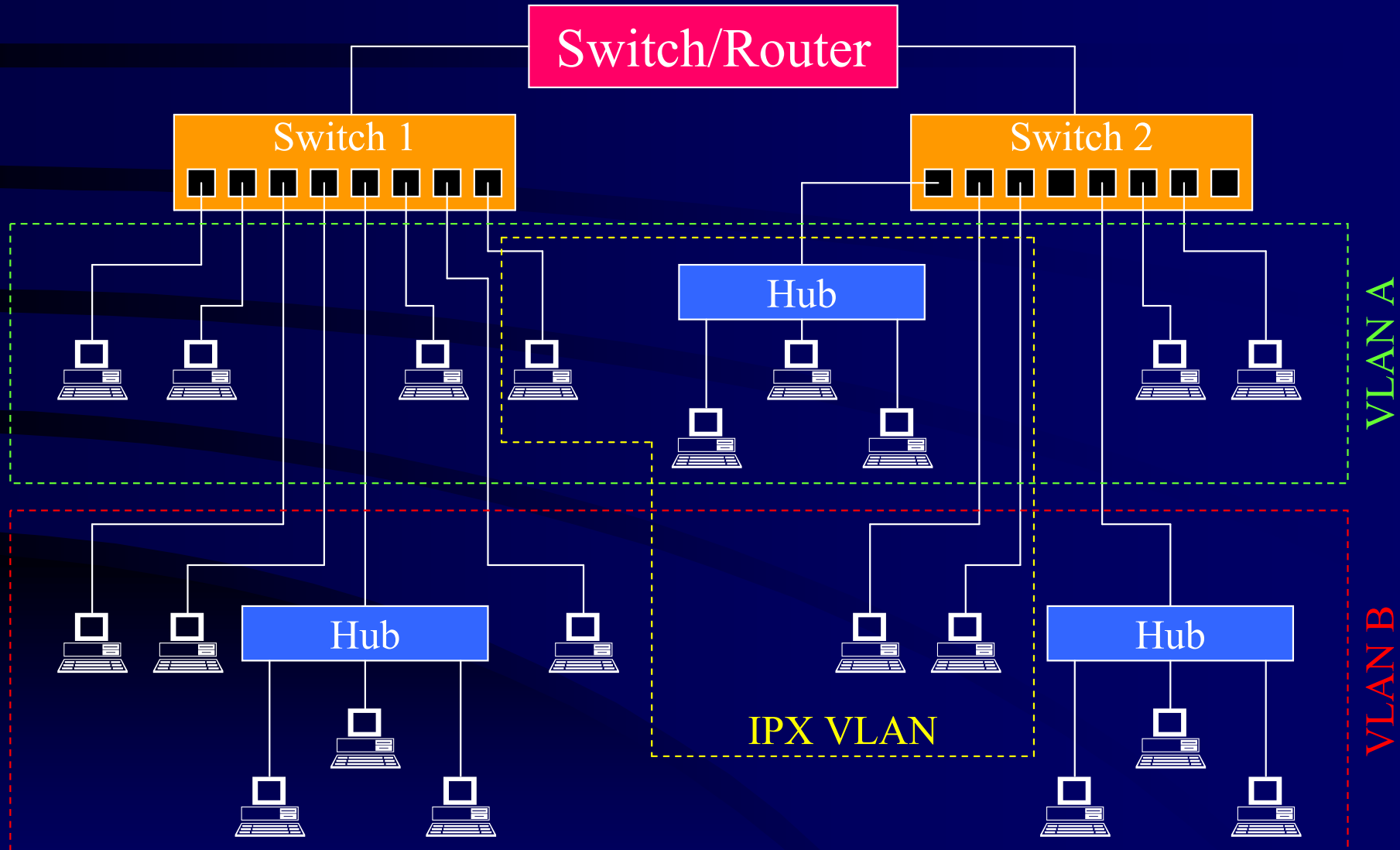


VLAN podle protokolu (1)

- Uzly jsou přiřazeny do jednotlivých VLAN podle provozovaných síťových protokolů (u TCP/IP např. podle adresy podsítě)
- Přepínač zde však neprovádí žádné směrovací výpočty, pouze podle síťové adresy (např. IP adresy) určuje příslušnost uzlu ke konkrétní VLAN
- Dovoluje vytváření skupin pro jistou službu nebo aplikaci

VLAN podle protokolu (2)

- Příklad VLAN podle protokolu:



VLAN podle protokolu (3)

- Umožňuje definovat specializovanou virtuální síť např. pro protokol IPX
- Jednotlivé uzly zůstávají členy VLAN A a VLAN B vytvořených podle portů
- Navíc některé z nich jsou i členy nové VLAN pracující s protokolem IPX
- Toto řešení dovoluje, aby všesměrová vysílání protokolu IPX byla zasílána pouze na porty, k nimž jsou připojeny uzly zařazené do IPX VLAN

VLAN podle skup. vysílání (1)

- Skupinové vysílání v IP sítích (**IP multicast**), pracuje tak, že packet určený ke skupinovému vysílání je zasílán na speciální adresu pro předem definovanou skupinu uzlů (IP adres)
- Packet je doručen všem uzlům, které jsou členy této skupiny
- Skupina se sestavuje dynamicky – uzly se do ní průběžně přihlašují, resp. se z ní odhlašují
- Na členy této skupiny lze pohlížet jako na
VLAN

VLAN podle skup. vysílání (2)

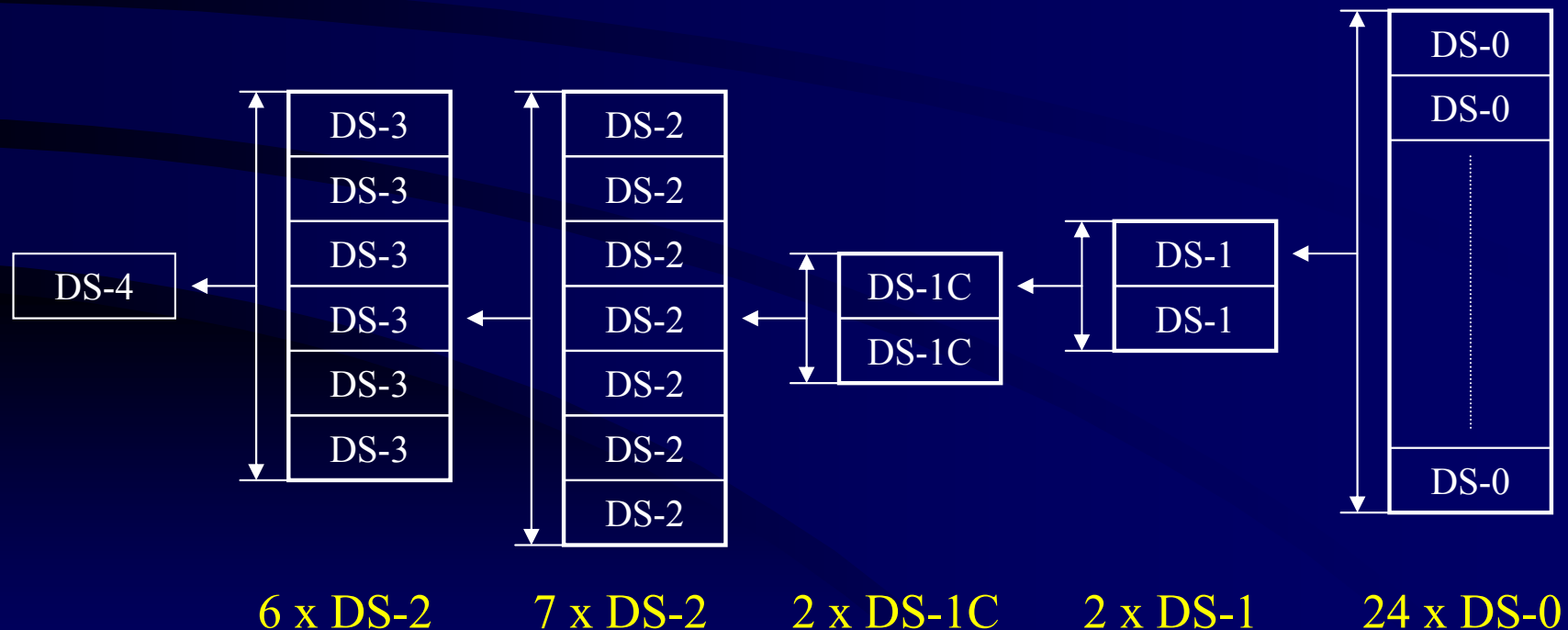
- Od předchozích realizací se liší ve dvou podstatných rysech:
 - je vytvářena dynamicky jen na určitou dobu \Rightarrow je velmi flexibilní
 - její rozsah není omezen směrovači \Rightarrow může se rozprostírat i po rozlehlé síti (WAN)

Hierarchie digitálních signálů (1)

- Termínem **digitální signál** se označuje rychlost a formát telekomunikačního okruhu
- Základním stavebním kamenem (kanálem) je digitální signál **DS-0** používaný k zakódování analogového (hlasového) signálu do digitální podoby
- Zakódování probíhá pomocí vzorkování při vzorkovací frekvenci 8 kHz a hloubkou 8 b \Rightarrow přenosová rychlost $64000 \text{ b/s} = 64 \text{ kb/s}$

Hierarchie digitálních signálů (2)

- Na základě DS-0 jsou dále prostřednictvím multiplexování a přidáním synchronizačních informací vytvářeny vyšší úrovně (**DS-1, DS-1C, DS-2, DS-3 a DS-4**)



Hierarchie digitálních signálů (3)

- Pro přenos těchto digitálních signálů jsou definovány linky **T1 – T4**, které využívají techniku TDM pro přenos většího množství hlasových signálů a datových informací

Úroveň DS-x	Linka Tx	Počet linek T1	Přenosová rychlost [Mb/s]
DS-0	FT1	1/24	0,064
DS-1	T1	1	1,544
DS-1C	T1C	2	3,152
DS-2	T2	4 (2 x T1C)	6,312
DS-3	T3	28 (7 x T2)	44,736
DS-4	T4	168 (6 x T3)	274,176

Hierarchie digitálních signálů (4)

- Poznámky:
 - linka T1 je realizována jako kabel obsahující dva páry vodičů (jeden pár pro zasílání a druhý pro příjem) \Rightarrow režim full duplex
 - linky T1 – T4 jsou používány v Severní Americe a v Austrálii
 - v Evropě, Jižní Americe a v Mexiku jsou používány linky E1 – E5. Tyto linky jsou opět tvořeny z kanálů o přenosové rychlosti 64 kb/s

Hierarchie digitálních signálů (5)

Úroveň	Linka Ex	Počet kanálů	Přenosová rychlost [Mb/s]
0	FE1	1	0,064
1	E1	30	2,048
2	E2	120 (4 x E1)	8,448
3	E3	480 (4 x E2)	34,368
4	E4	1920 (4 x E3)	139,264
5	E5	7680 (4 x E4)	565,148

- K popisu vysokorychlostních kanálů slouží standard **STS** (Synchronous Transport Signal), který definuje úrovně pro elektrické signály přenášené měděnými vodiči

Hierarchie digitálních signálů (6)

- V Evropě se místo úrovně STS používají úrovně **STM** – Synchronous Transport Mode
- Jednotlivým úrovním STS (STM) odpovídají úrovně **OC** (Optical Carrier), které mají stejnou přenosovou rychlost, ale vztahují se k optickým signálům přenášeným prostřednictvím optických kabelů
- Úrovně OC a STS tvoří hierarchii pro sítě odpovídající standardu **SONET**

Hierarchie digitálních signálů (7)

OC-x	STS-x	STM-x	Přen. rych. [Mb/s]	Poč. DS-0	Poč. DS-1	Poč. DS-3
OC-1	STS-1	-	51,84	672	28	1
OC-3	STS-3	STM-1	155,52	2016	84	3
OC-6	STS-6	-	311,04	4032	168	6
OC-9	STS-9	-	466,56	6048	252	9
OC-12	STS-12	STM-4	622,08	8064	336	12
OC-18	STS-18	-	933,12	12096	504	18
OC-24	STS-24	STM-8	1244,16	16128	672	24
OC-36	STS-36	STM-12	1866,24	24192	1008	36
OC-48	STS-48	STM-16	2488,32	32256	1344	48
OC-96	STS-96	STM-32	4976,64	64512	2688	96
OC-192	STS-192	STM-64	9953,28	129024	5376	192
OC-256	STS-256	-	13271,04	172032	7168	256
OC-384	STS-384	STM-128	19906,56	258048	10752	384
OC-768	STS-768	STM-256	39813,12	516096	21504	768

Sít' SONET (1)

- **SONET** (Synchronous Optical Network) je vysokorychlostní optický systém poskytující mechanismus pro optický přenos digitálních informací
- Původně byl vyvíjen jako technologie pro telefonní sítě, za účelem nahradit tehdejší sítě budované pomocí měděných vodičů
- Navržen společností **Bellcore** (nyní Telcordia) v roce 1984 a poté standardizován institutem **ANSI** - American National Standards Institute

Sít' SONET (2)

- **ITU** – International Telcommunication Union na základě SONETu vytvořila celosvětový telekomunikační standard označovaný jako **SDH** – Synchronous Digital Hierarchy
- SONET definuje způsob umožňující přenos mnoha různých signálů s rozličnými objemy informací
- Základním signálem používaným v SONETu je **STS-1 (OC-1)**, z něhož jsou jako celočíselné násobky odvozovány signály vyšší úrovně

Sít' SONET (3)

- Pomocí STS-1 se za jednu sekundu přenáší 8000 rámců o kapacitě 810 B \Rightarrow 51,84 Mb/s
- Dnes používané implementace dovolují práci se signály **STS-768 (OC-768)** a tím i přenosovou rychlost až cca 40 Gb/s
- Prostřednictvím SONETu je možné přenášet i signály nižší úrovně (DS-1, E1, DS-1C a DS-2)
- Tyto signály jsou přenášeny jako tzv. **VT** – Virtual Tributary, které umožňují jejich efektivnější zpracování (multiplexování)

Sít' SONET (4)

Virtual Tributary	Digitální signál	Přenosová rychlost [Mb/s]
VT-1.5	DS-1	1,728
VT-2	E1	2,304
VT-3	DS-1C	3,456
VT-6	DS-2	6,912

- Pomocí technologie **POS** - Packet Over SONET je možné přenášet i běžné IP packety
- Zařízení používaná v sítích SONET:
 - **Terminal Multiplexer**:
 - zařízení ukončující cestu (**PTE** – Path Terminating Element)
 - pracuje jako koncentrátor signálů (např. DS-1, DS-3, STS-1 atd.)

Sít' SONET (5)

– Regenerator:

- zařízení používané k obnově (regeneraci) signálů, které jsou přenášeny na velké vzdálenosti

– Add/Drop Multiplexer (ADM):

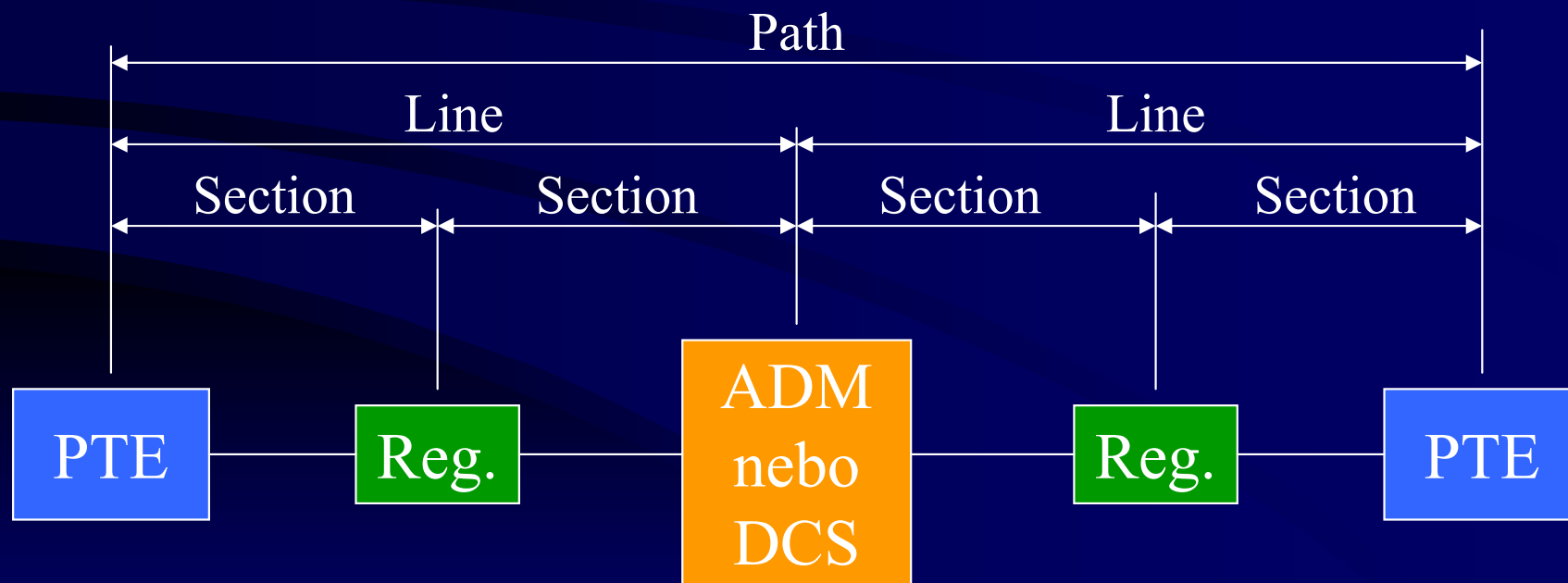
- multiplexor umožňující vyjmout (vložit) signály nižšího řádu z (do) signálu řádu vyššího, aniž by prováděl úplné demultiplexování

– Digital Cross-Connect System (DCS):

- pracují podobně jako ADM
- dovolují více STS-n připojení
- umožňují přepínat vstupní porty na zvolené porty výstupní

Sít' SONET (6)

- rozlišují se tři typy DCS:
 - **Wideband**: přepíná na úrovni signálů VT
 - **Broadband**: přepíná na úrovni signálů STS-1
 - **Narrowband**: přepínají na úrovni signálů DS-0
- Architektura spoje v síti SONET:



Sít' SONET (7)

- Konfigurace (topologie) sítě SONET:

- **Point-to-Point:**

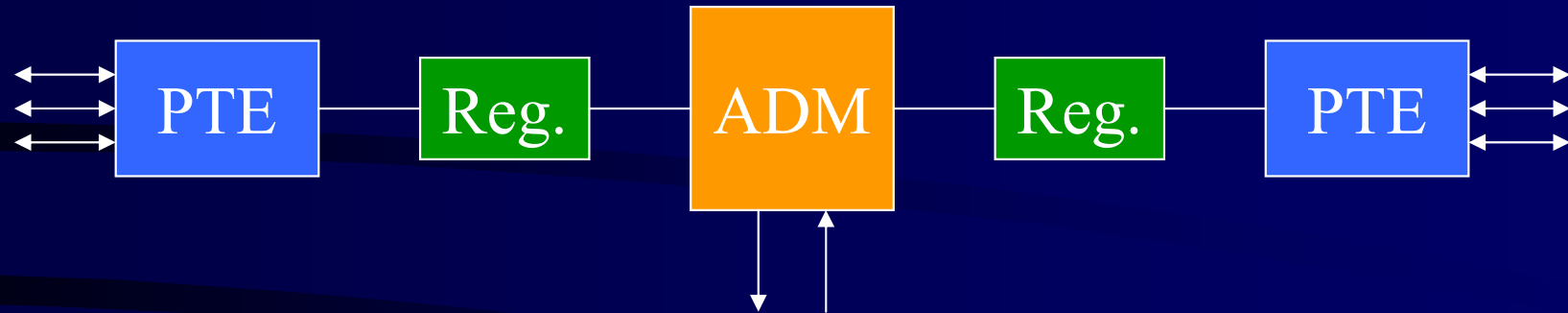
- nejjednodušší konfigurace
 - propojuje dva terminal multiplexery pomocí optické linky, která může obsahovat regenerátory



- **Point-to-Multipoint:**

- zahrnuje použití ADM, který dovoluje přidávání (odebírání) signálů

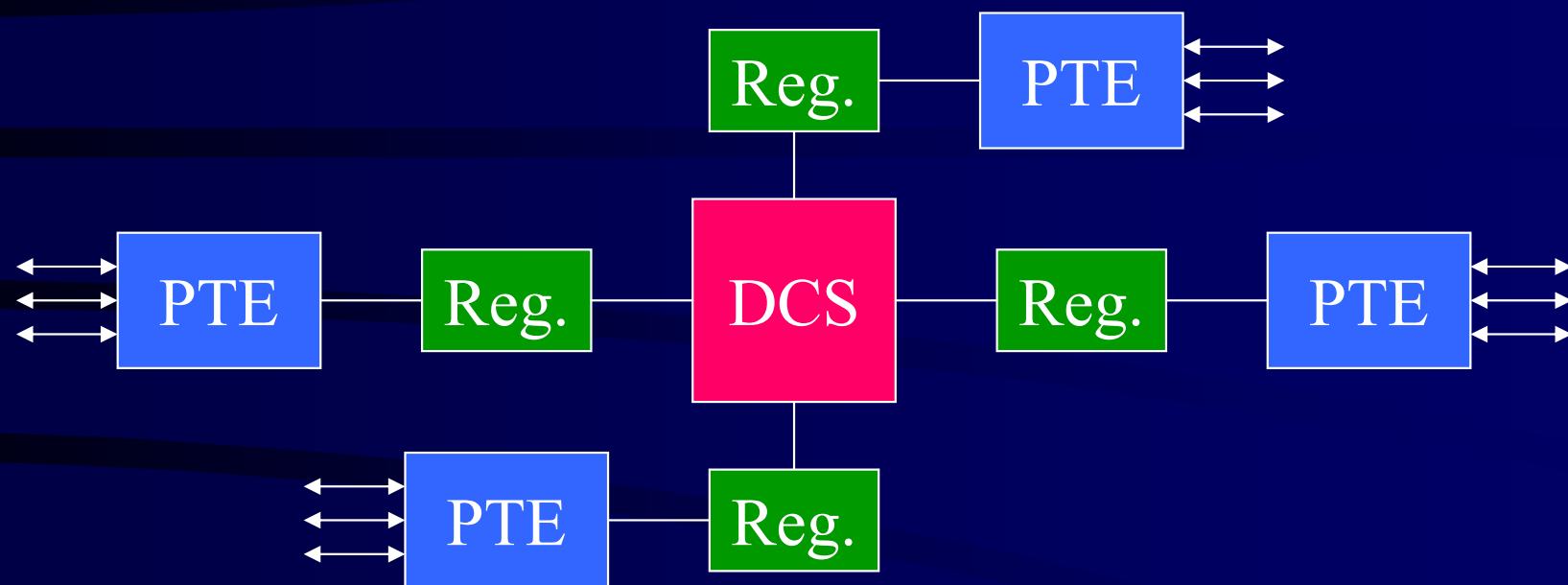
Síť SONET (8)



– Hub Network:

- dovoluje snadné rozšiřování
- jednotlivé multiplexory se připojují k centrálnímu zařízení DCS

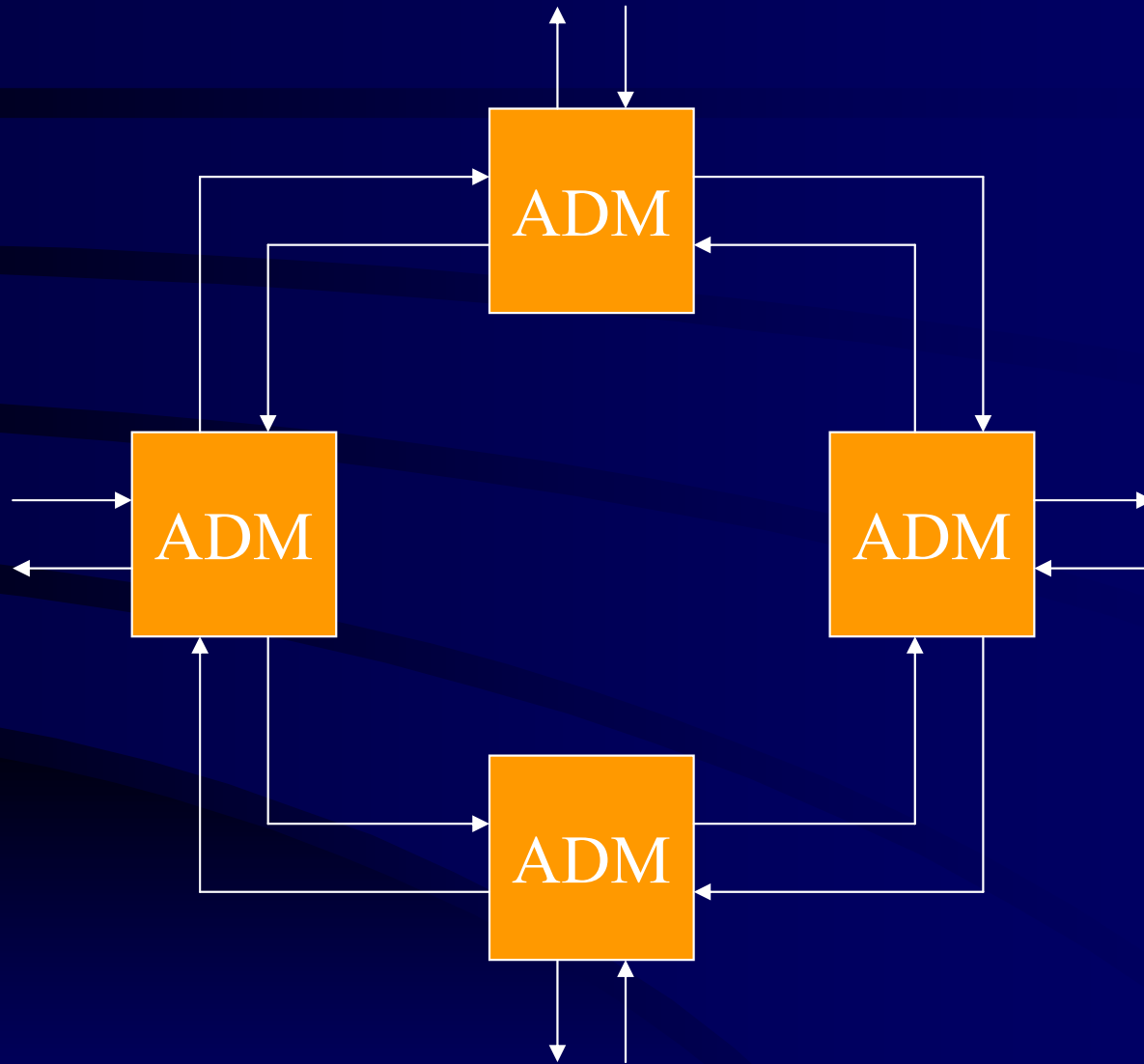
Sít' SONET (9)



– Ring:

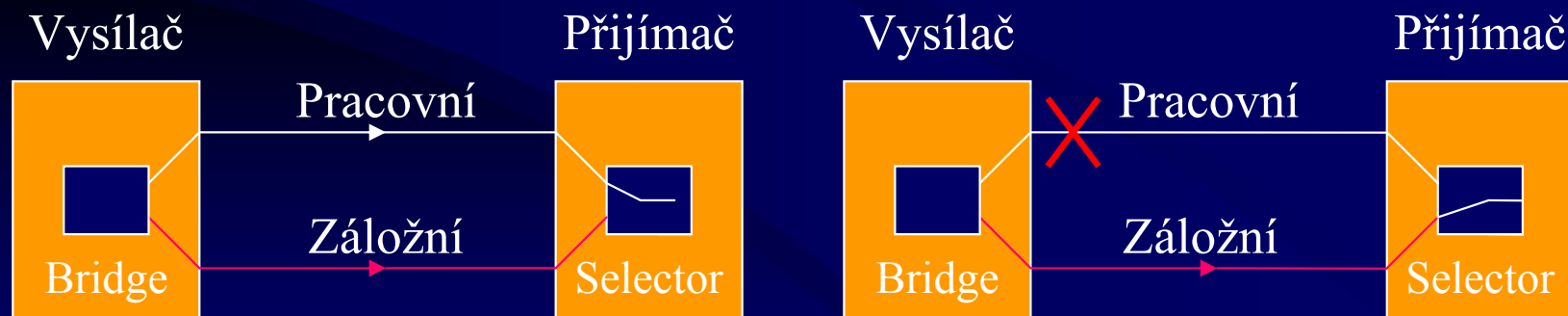
- konstruována pomocí ADM
- jestliže dojde k poruše (např. přerušení kabelu), tak jsou definovány opravné mechanismy, které dovolují automatické přesměrování toku informací

Sít' SONET (10)



Sít' SONET (11)

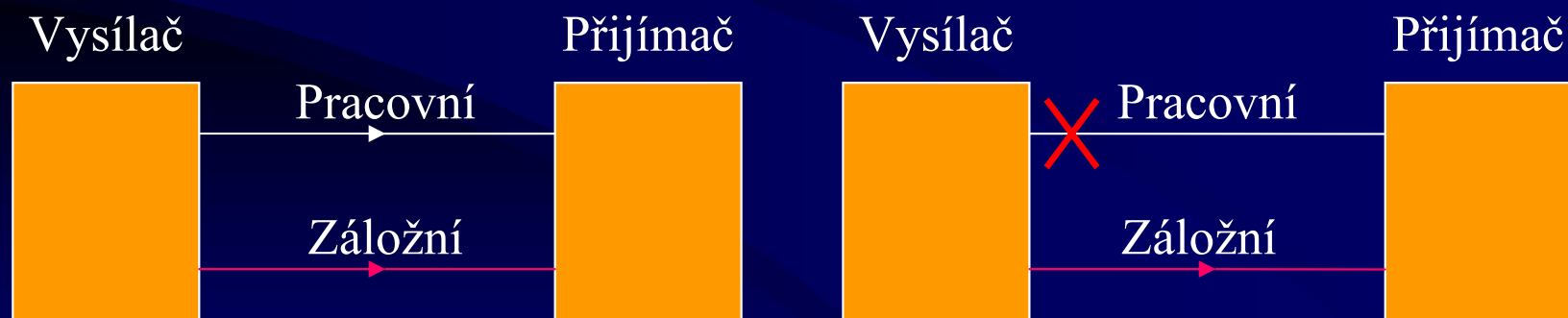
- SONET poskytuje ochranné mechanismy, které mají za úkol obnovit komunikaci i v případě, že dojde k poruše (např. přerušení kabelu):
 - 1+1:
 - informace jsou zasílány paralelně po dvou kabelech (pracovním a záložním)
 - přijímající uzel testuje kvalitu signálu na obou kabelech a vybírá si lepší z nich



Sít' SONET (12)

– 1:1:

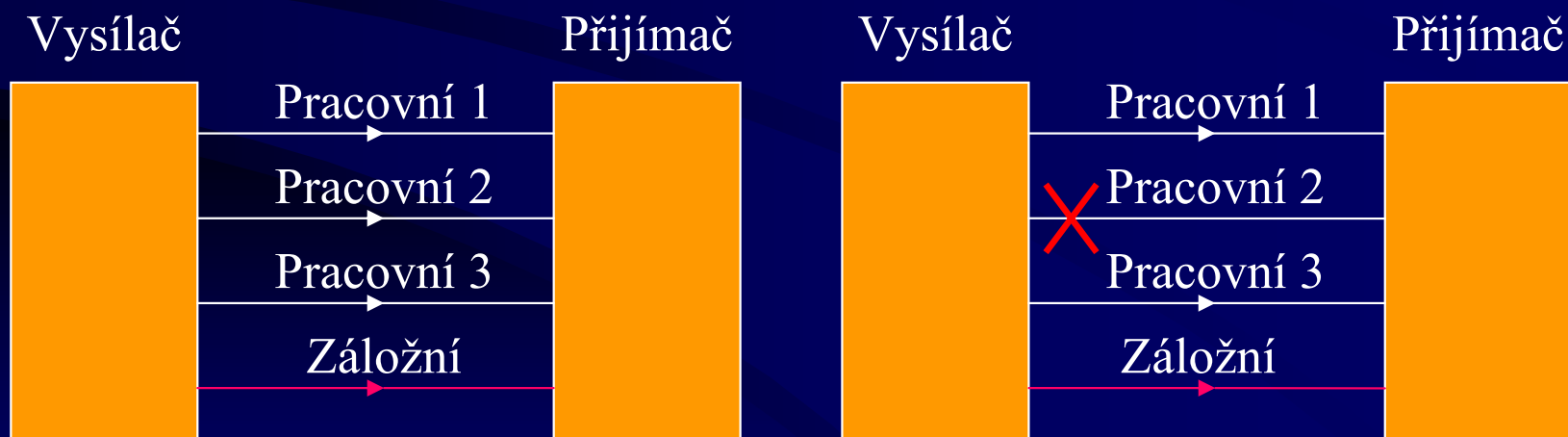
- informace jsou zasílány pouze po jednom kabelu (pracovním)
- druhý kabel (záložní) se uplatní v případě výpadku kabelu pracovního a převezme tím jeho činnost
- konfiguraci je možné provést tak, že při bezchybném chodu sítě se využívá i záložní kabel a přenášejí se po něm další informace



Sít' SONET (13)

– 1:N:

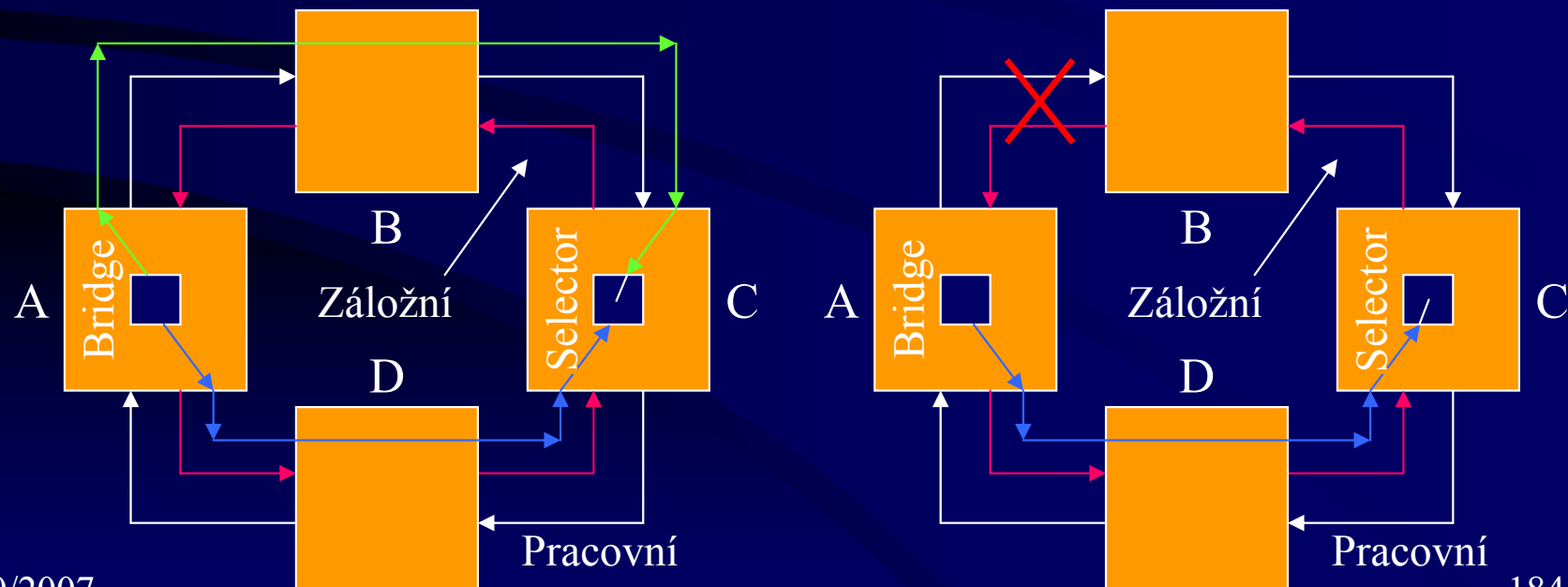
- informace jsou zasílány po N pracovních kabelech
- k těmto pracovním kabelům je veden jeden kabel záložní, který v případě poruchy převezme činnost pracovního kabelu
- záložní kabel může být v případě bezchybného chodu sítě rovněž využitý k přenosu informací



Sít' SONET (14)

– UPSR – Unidirectional Path Switched Ring:

- podobné jako 1+1
- informace jsou zasílány po dvou kabelech (pracovním a záložním) a přijímač si vybírá ten z nich, který má lepší signál
- na pracovním kabelu je informace zasílána opačným směrem než na kabelu záložním

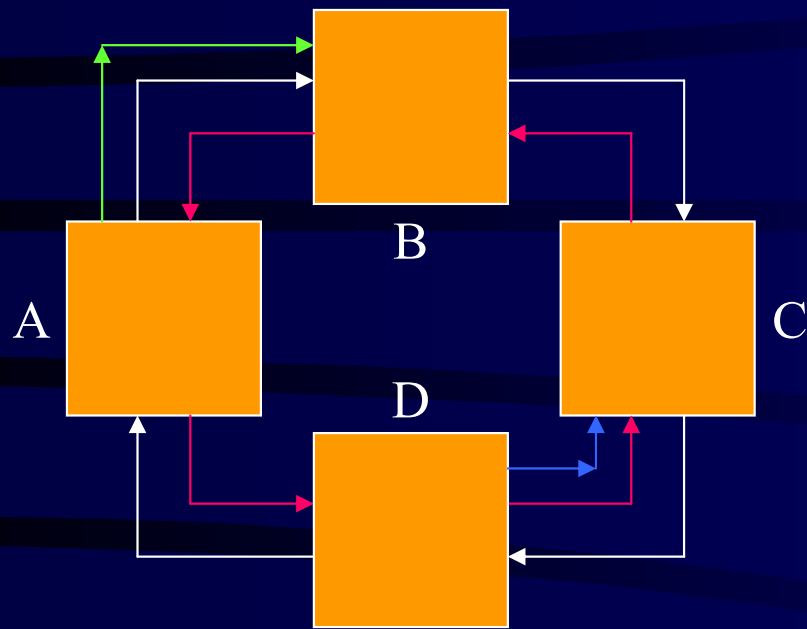


Sít' SONET (15)

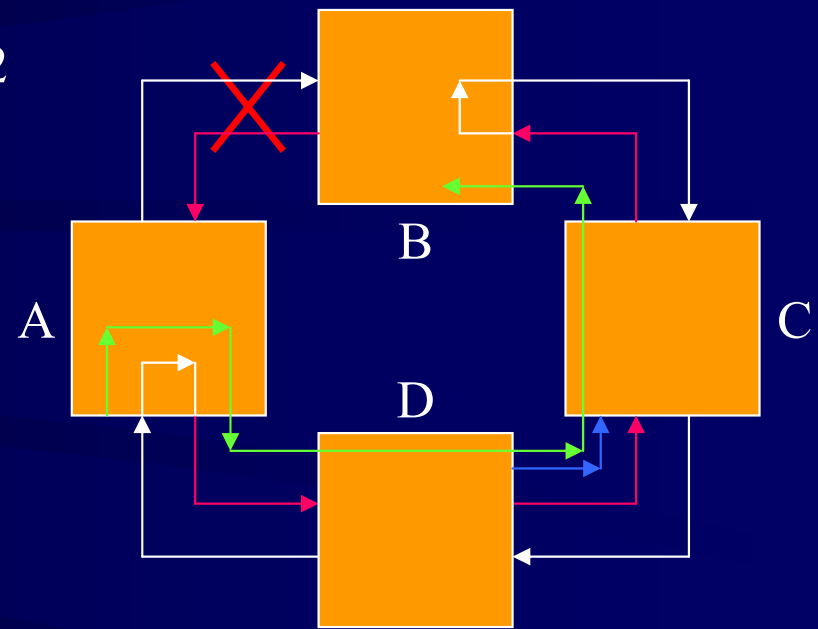
– BLSR – Bidirectional Line Switched Ring:

- dovoluje v rámci jednoho kruhu obousměrnou komunikaci
- komunikace mezi dvěma uzly nevyužívá kapacitu celého kruhu (jako u UPSR), ale pouze kapacitu spoje mezi zúčastněnými uzly
- podle počtu použitých optických kabelů se BLSR kruhy dělí na:
 - BLSR/2:
 - polovina šířky pásma je využita pro případ poruchy
 - BLSR/4:
 - vhodné pro vysokorychlostní páteřní sítě
 - maximální obvod kruhu je 1200 km

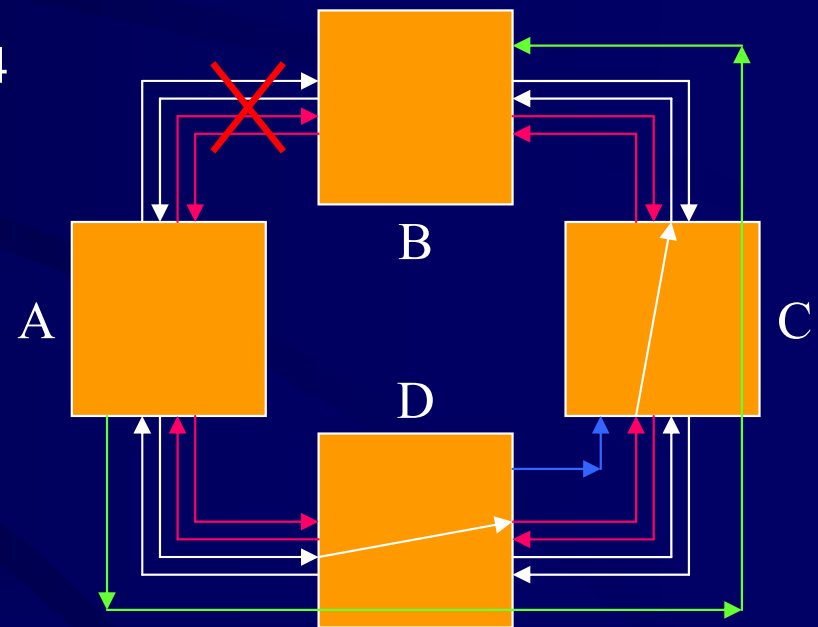
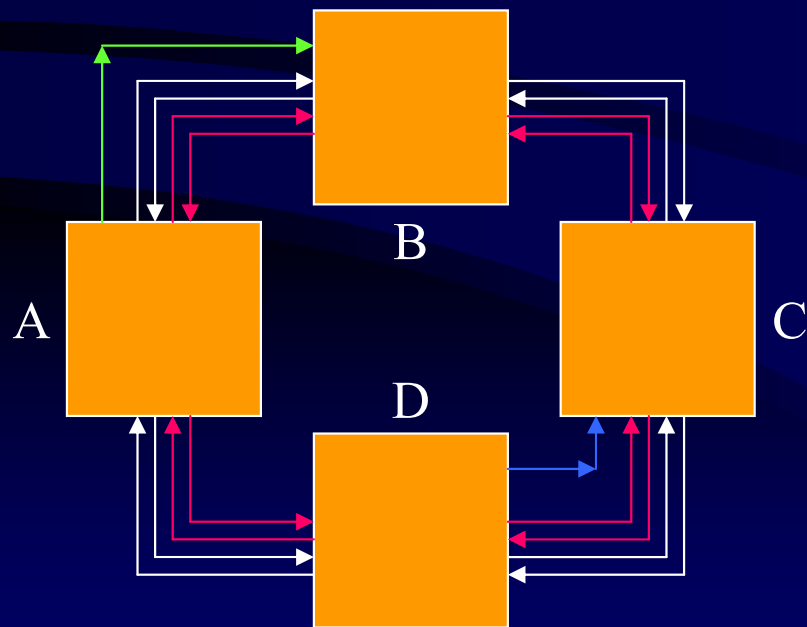
Sit' SONET (16)



BLSR/2



BLSR/4



18/10/2007

186

