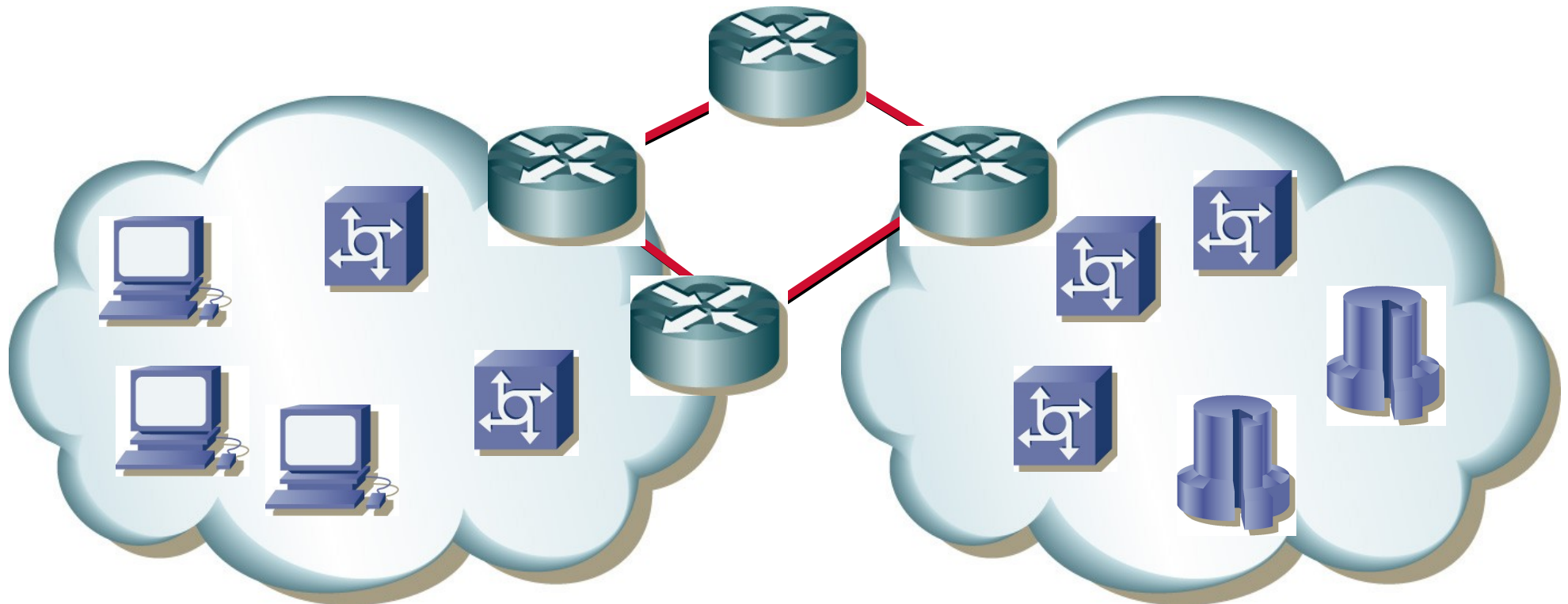


# Počítačové sítě I

## 5. Ethernet

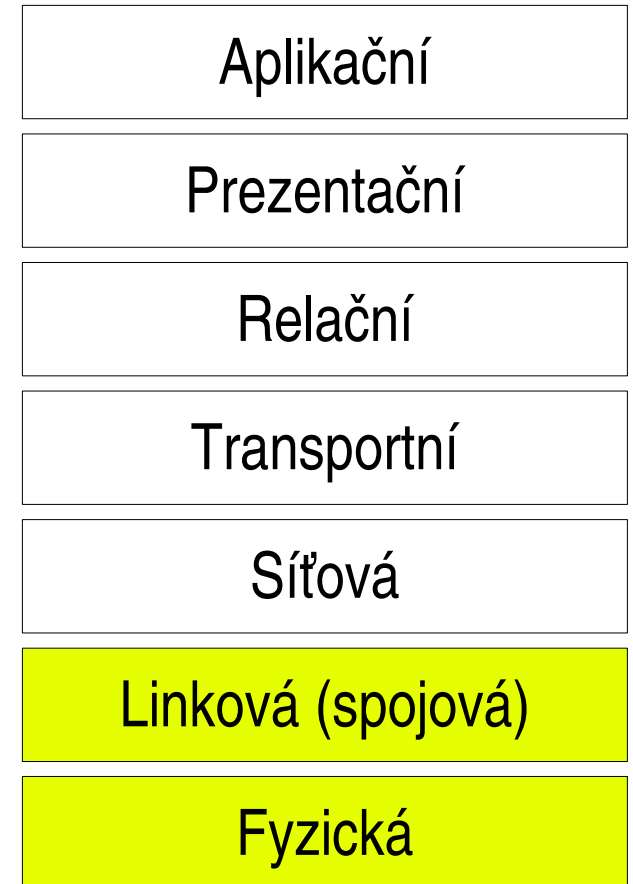
*Miroslav Spousta, 2005*

<qiq@ucw.cz>, <http://ww.ucw.cz/~qiq/vsfs/>



# Síťové technologie – vrstvy

- technologie (opravdu přenáší data)
- zahrnují (většinou) dvě nejnižší vrstvy
  - fyzickou: kabeláž, kódování, přístupové metody
  - linkovou: řízení, přenos rámců
- standardy (příp. firemní technologie):
  - Ethernet, Fast Ethernet, Gb Ethernet, 10 Gb Ethernet
  - 100VG-AnyLan, Token Ring, FDDI
  - ATM, WiFi, PPP



# Normy LAN

- původně většinou firemní standardy
  - např. Ethernet: XEROX, Token Ring: IBM
  - ARCnet (Attached Resource Computer)
- později normalizované:
  - IEEE (International Electrical Electronics Engineers)
    - IT, elektrické sítě, telekomunikace
    - počítačové sítě: skupina 802 (různé podskupiny, např. Ethernet 802.3)
  - ANSI (American National Standards Institute)
    - např. FDDI, Fibre Channel

# IEEE 802

- světově uznávané standardy
- IEEE 802: pracovní skupina pro lokální počítačové sítě
- podskupiny – pro konkrétní technologie
  - 802.2: linková vrstva (LLC – Logical Link Control)
  - 802.3: Ethernet (všechny verze)
  - 802.5: Token Ring (neaktivní)
  - 802.11: Wireless LAN (bezdrátové sítě)
  - 802.12: 100VG-AnyLan (neaktivní)
  - 802.16: Wireless MAN (bezdrátové metropolitní sítě)
- zdarma (po půl roce): <http://standards.ieee.org/getieee802/>

# IEEE 802

logické řízení spoje  
IEEE 802.2 LLC

**Ethernet**  
CSMA/CD

**IEEE 802.3**

koax, UTP, optical  
10, 100 Mbps  
1, 10 Gbps

**Token Ring**  
token

**IEEE 802.5**

STP, UTP  
4, 16, 100 Mbps  
1 Gbps

**WLAN**  
CSMA/CA

**IEEE 802.11**

rádiové vlny  
11, 54 Mbps

**FDDI**  
token

**ANSI X3T9.5**

optika, UTP  
100 Mbps

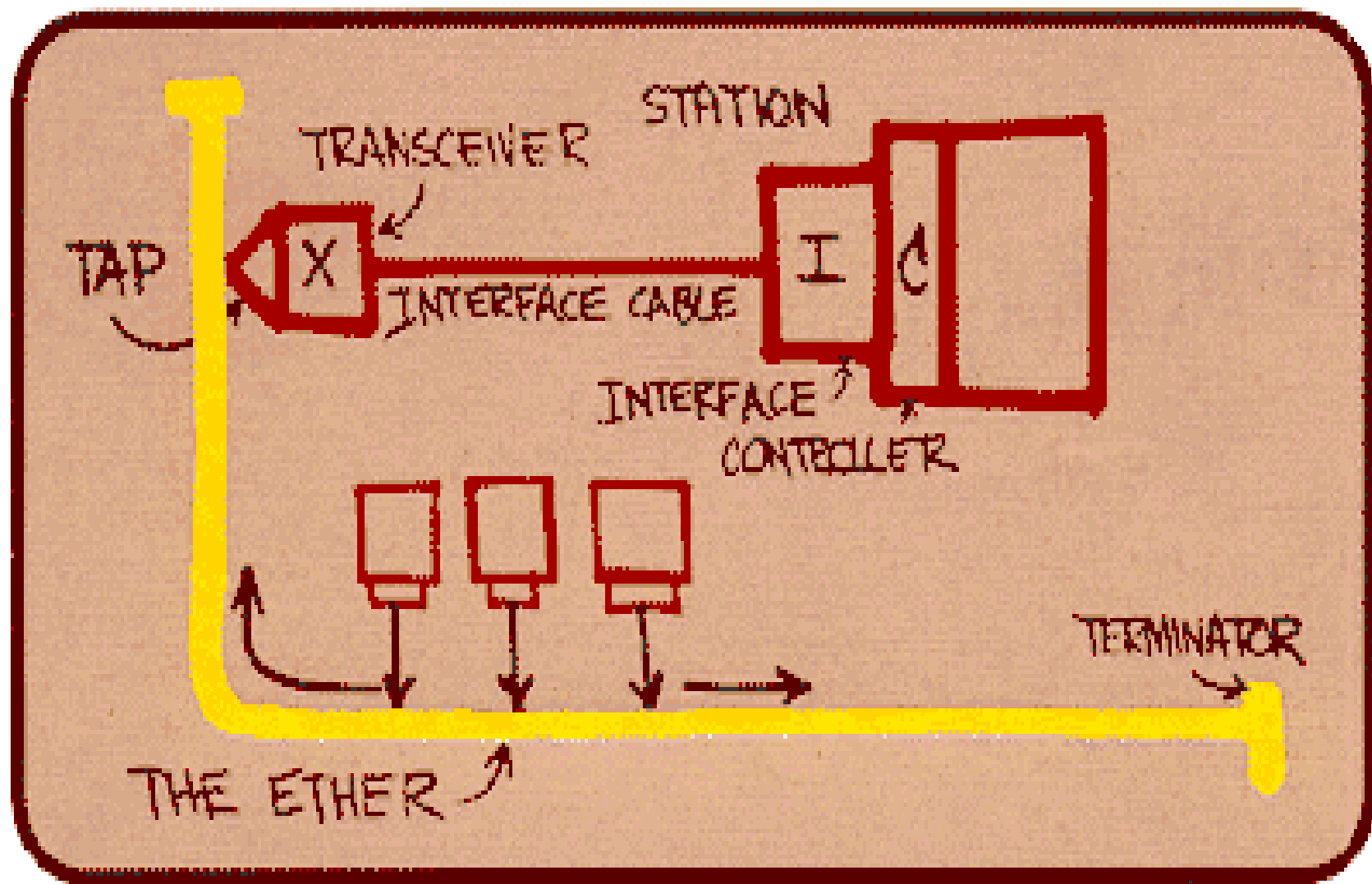
# Ethernet

- nejrozšířenější počítačová síť
- podporuje různá přenosová média
- v původní verzi používá sdílené médium, všesměrové vysílání
- chová se statisticky (nedeterministicky)
  - s rozumnou pravděpodobností funguje „dobře“
- aktivně se vyvíjí
  - zrychluje se (10 => 100 => 1000 => 10000 Mbps)
  - nová média (koax. kabel, UTP, optické kabely)
  - přístupové metody: sdílené médium => dvoubodové spoje

# Historie Ethernetu

- vznikl v letech 1974 -1976 v Xerox PARC (Palo Alto Research Center)
- autoři: Robert Metcalfe, David Boggs
- propojení pracovních stanic
- původně pracovala s rychlostí 2.94 Mbps
- první oficiální verze: 10 Mbps
  - DEC, Intel, Xerox: DIX Ethernet
- Ether: zastaralá fyzikální představa, že vlnění se šíří éterem
  - podobnost s všesměrovým vysíláním Ethernetu
- Ethernet: reg. ochranná známka, patent firmy Xerox, vzdala se jich

# Ethernet





# DIX a IEEE

- Digital, Intel, Xerox (1980): DIX Ethernet, 10 Mbps
  - Dnes jako Ethernet II
  - dále se nevyvíjí
- předložen IEEE ke standardizaci
  - přijat, ale pozměněn (formát rámců)
  - aktivně vyvíjen
  - nejmenuje se Ethernet, ale „řešení na bázi CSMA/CD“
- dnes: Ethernet tvoří 80% podnikových sítí

# CSMA/CD

- nedeterministická, distribuovaná metoda přístupu k médiu
  - jednoduchá a levná
- charakteristická pro Ethernet („dělá Ethernet Ethernetem“)
  - dnes už nemusí platit
- nezaručuje žádnému uzlu, že vyšle data
- nedá se použít, pokud je potřeba zaručená doba odezvy
  - např. řízení procesů v továrně
- malá rezie při malé zátěži
- při stoupající zátěži může propustnost sítě klesat
  - vlivem opětovného přenášení rámců, které se poškodily při kolizi

# Ethernet: CSMA/CD

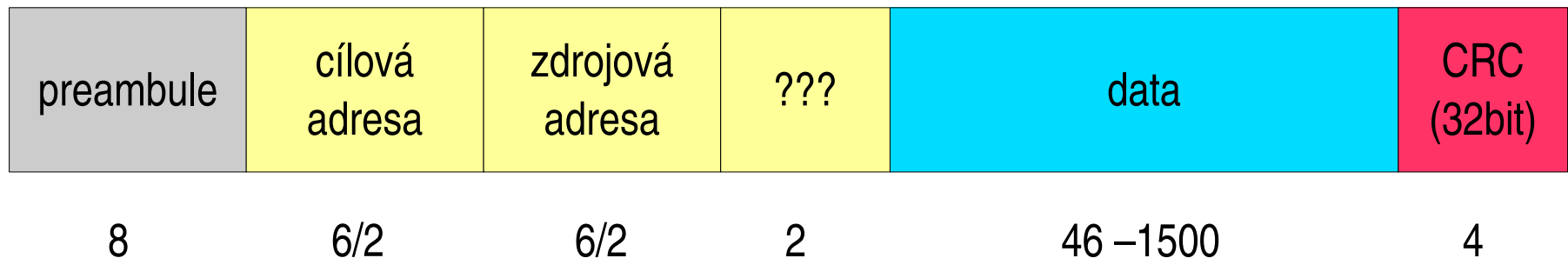
- 1-persistentní CSMA metoda
  - je-li obsazen kanál, pokusí se vyslat rámeček hned po jeho uvolnění
  - umožňuje využít médium na 80 – 95%
  - malé zpoždění
- dojde-li ke kolizi, vysílající uzel to pozná (Collision Detection)
  - zvýší se střední hodnota napětí na médiu
  - vysílající uzel vyšle jam signál (32bitů), kterým umožňuje detekovat kolizi i ostatním
- střední doba prodlevy po kolizi zpočátku exponenciálně narůstá
  - po deseti pokusech už zůstává konstantní, maximálně 16 pokusů
  - n-tý pokus:  $0 < r < 2^k$ ,  $k = \min(n, 10)$ , vyberu r-tý kolizní slot
  - Exponential Back-off: zajišťuje stabilitu pro max. 1024 stanic

# Rámce Ethernetu

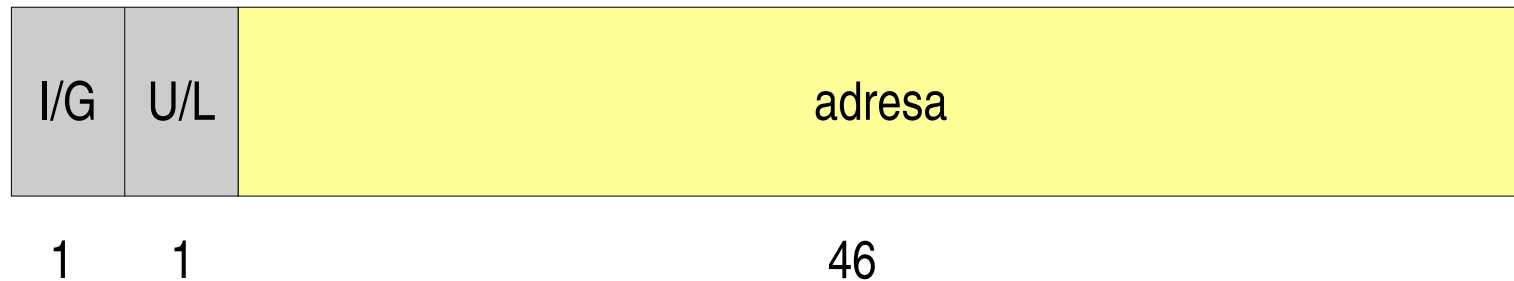
- kolize je způsobena přenosovým zpožděním, které musí být konečné
  - je definována maximální velikost segmentu
  - také minimální délka vysílaného rámce: 64B (512b)
  - neboli 51.2  $\mu$ s na přenos minimálního rámce médiem tam a zpět (kolizní slot)
  - uzel, který do vyslání 64 bajtů nezaznamená kolizi ví, že už ho nikdo nepřeruší
- velikost rámce (datové části): 46 – 1500 bajtů
  - minimální velikost je kvůli detekci kolice

# Rámce Ethernetu

- původní Ethernet II obsahuje ve čtvrtém poli typ dat
  - tzv. ethertype, číslo větší než 1500, vyjadřuje, jaká data rámec obsahuje
  - např. 0x0800 pro TCP/IP, 0x0806 pro ARP, ...
  - přiděluje IEEE
- rámce 802.3 obsahují délku dat (menší než 1500)
- další typy: raw (ve čtvrtém poli 0xFFFF), SNAP (0xAAAA)
- různé typy lze odlišit, v síti koexistují



# MAC adresy

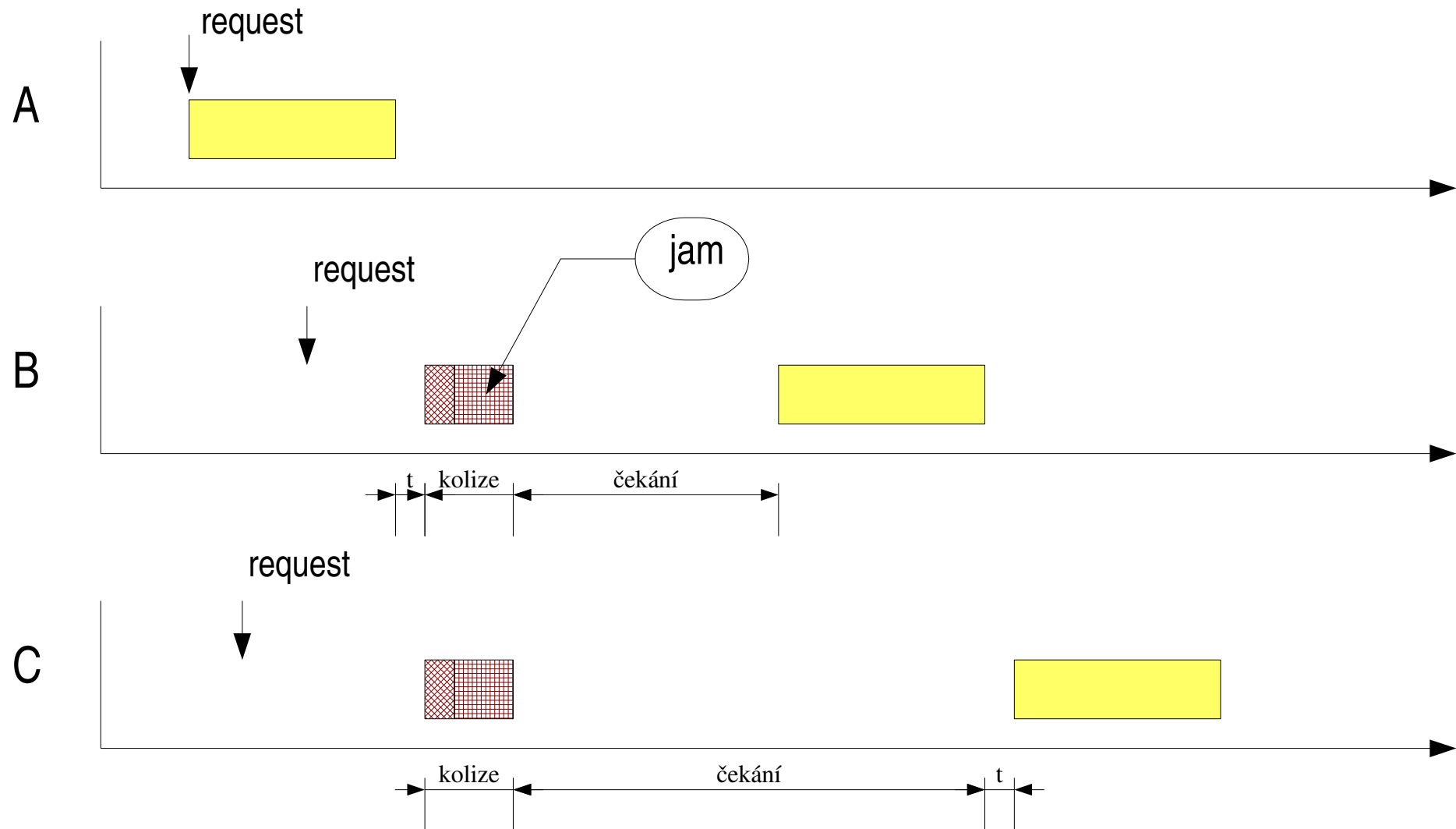


- 48 bitů (6 bytů), udává se jako posloupnost šesti hexadecimálních čísel
- např.: 00:10:A4:E1:9E:5D
- podle IEEE označované jako EUI-48
- speciální bity:
  - I/G: individuální (0)/skupinová (1) adresa
  - U/L: univerzální (0)/lokální (1) adresa
- lokální adresu přiděluje správce, univerzální výrobce karty

# MAC adresy

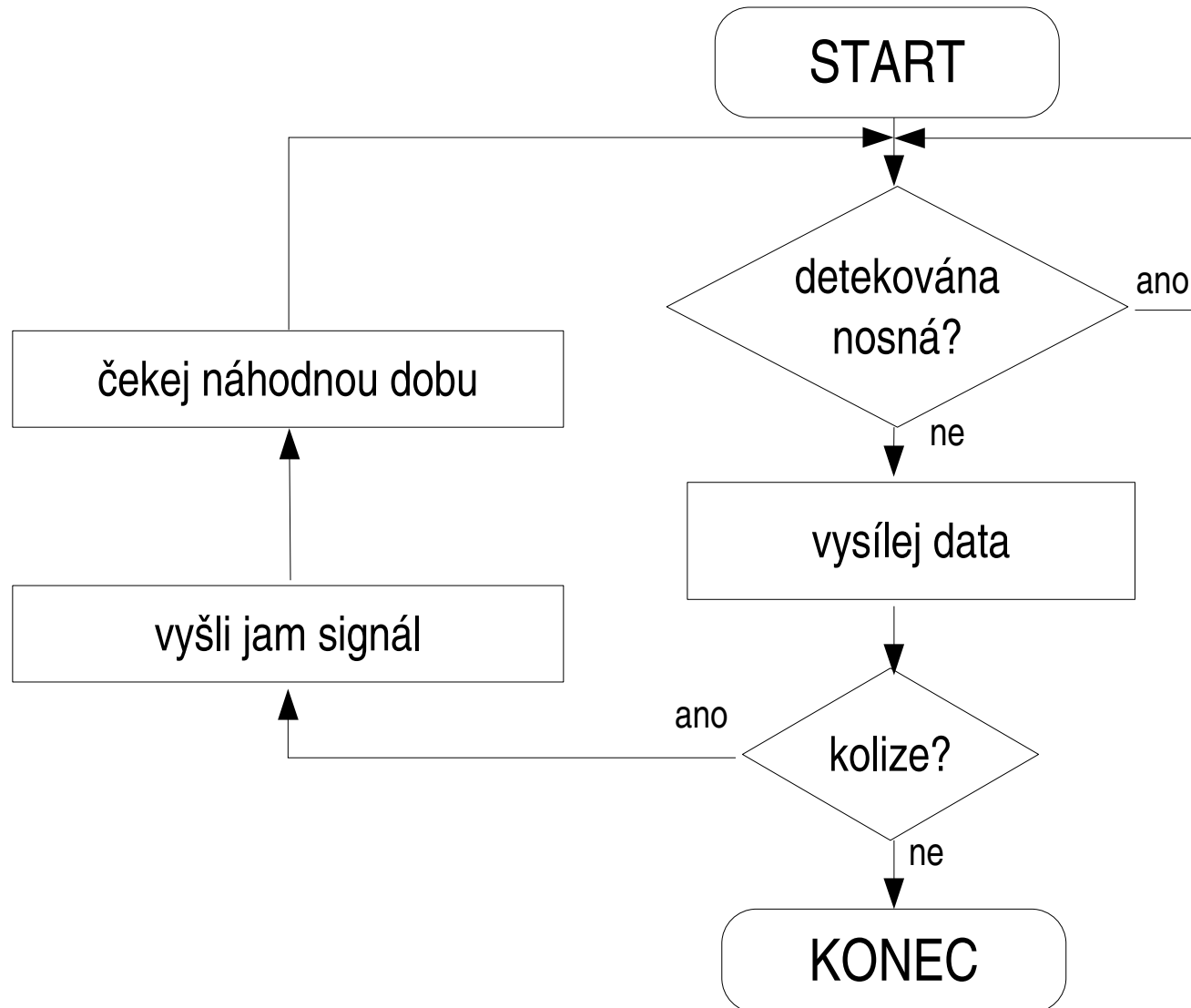
- univerzální adresy: nejvyšší 3 bajty určují výrobce
  - zbylé přidělí výrobce (pokud možno jednoznačně)
  - často lze adresu změnit pomocí speciálního SW
- přiděluje je IEEE, OUI (Organisational Unique Identifier)
- např.:
  - Novell: 00-00-1B
  - 3Com: 00-20-AF
  - Sun: 00-00-7D
- [http://www.coffer.com/mac\\_find/](http://www.coffer.com/mac_find/) (vyhledávání)
- <http://standards.ieee.org/regauth/oui/oui.txt> (seznam OUI)
- používají se i v IPv6 adresách (jako EUI-64)

# Připomenutí: CSMA/CD



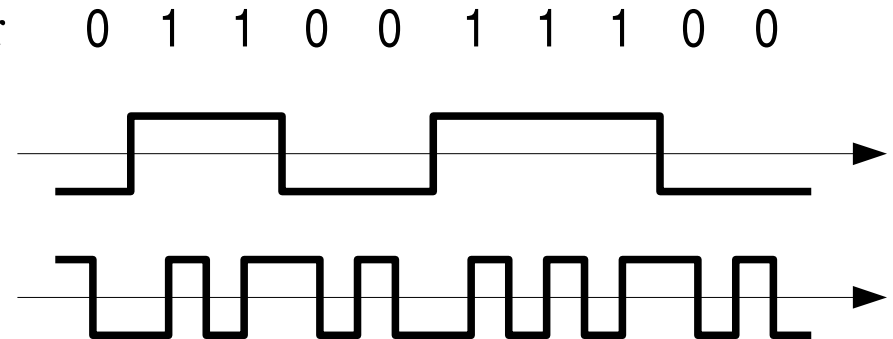


# CSMA/CD



# 10BASE-5

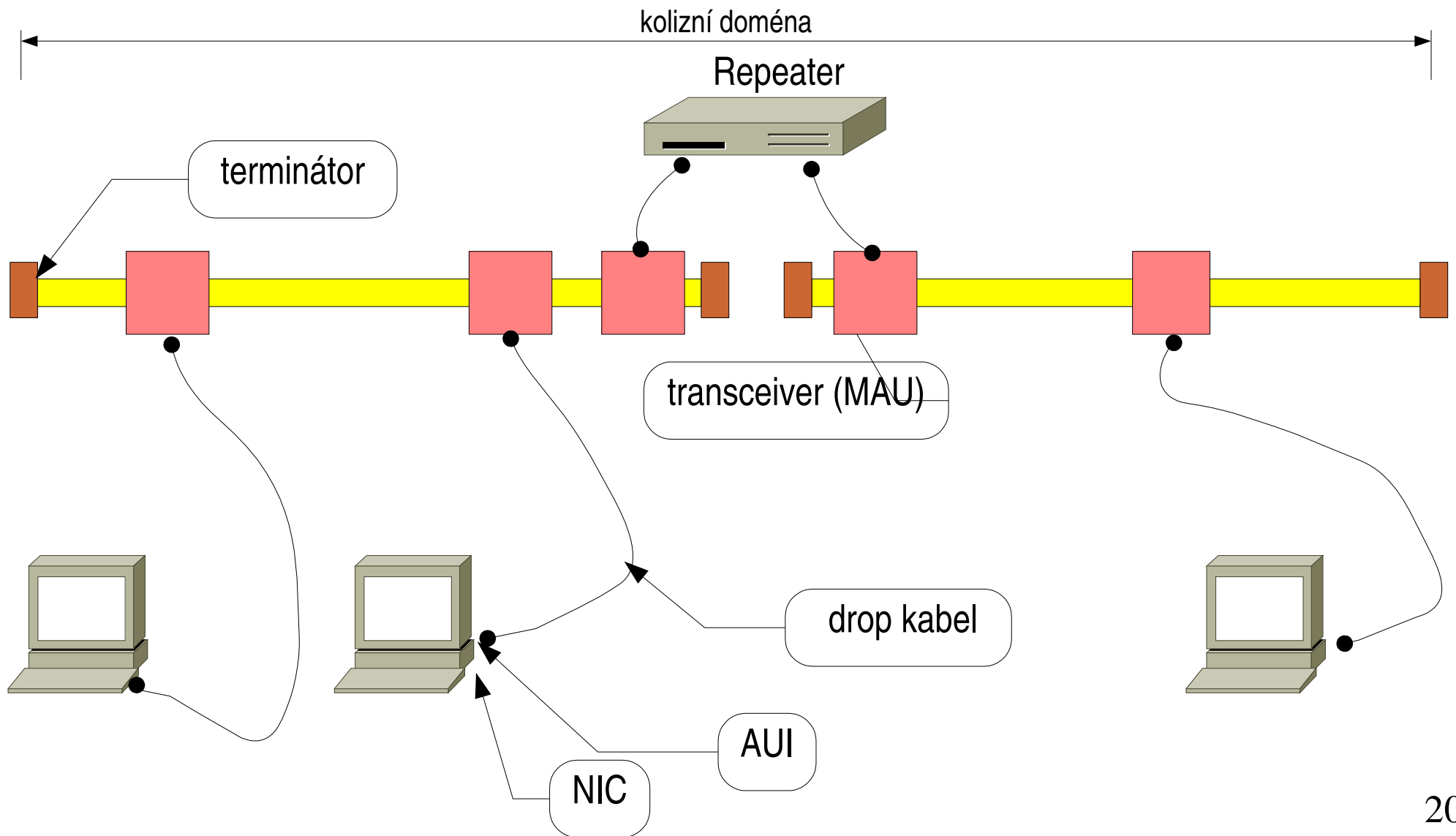
- původní Ethernet (DIX), jako IEEE 802.3 (1983)
- tlustý (thick) koaxiální kabel (1 cm),
  - většinou žlutý, 50  $\Omega$
  - max. 500 m na jeden (nepřerušný) segment, max. 100 stanic na segmentu
- kabel je zakončený pomocí terminátorů (50  $\Omega$ )
  - impedanční přizpůsobení, aby nedocházelo k odrazům signálu na koncích kabelu
  - ke kabelu je připojen transceiver
- kódování Manchester (PSK):



# Transceiver

- transceiver: zařízení které vysílá a přijímá signál
  - neboli MAU (Medium Access Unit)
  - kabel přerušen nebo „napíchnut“ speciálním konektorem (vampire tap)
  - min. 2.5m od sebe
- transceiver je spojen se stanicí speciálním kabelem
  - max. 50 metrů dlouhým
  - na koncích kabelu rozhraní AUI (Attachment Unit Interface)
    - konektor Canon, 15 pinů
  - umožňuje připojit různé typy MAU (koax, TP, optika)
- ve stanici je síťová karta (NIC, Network Interface Card)

# 10BASE-5

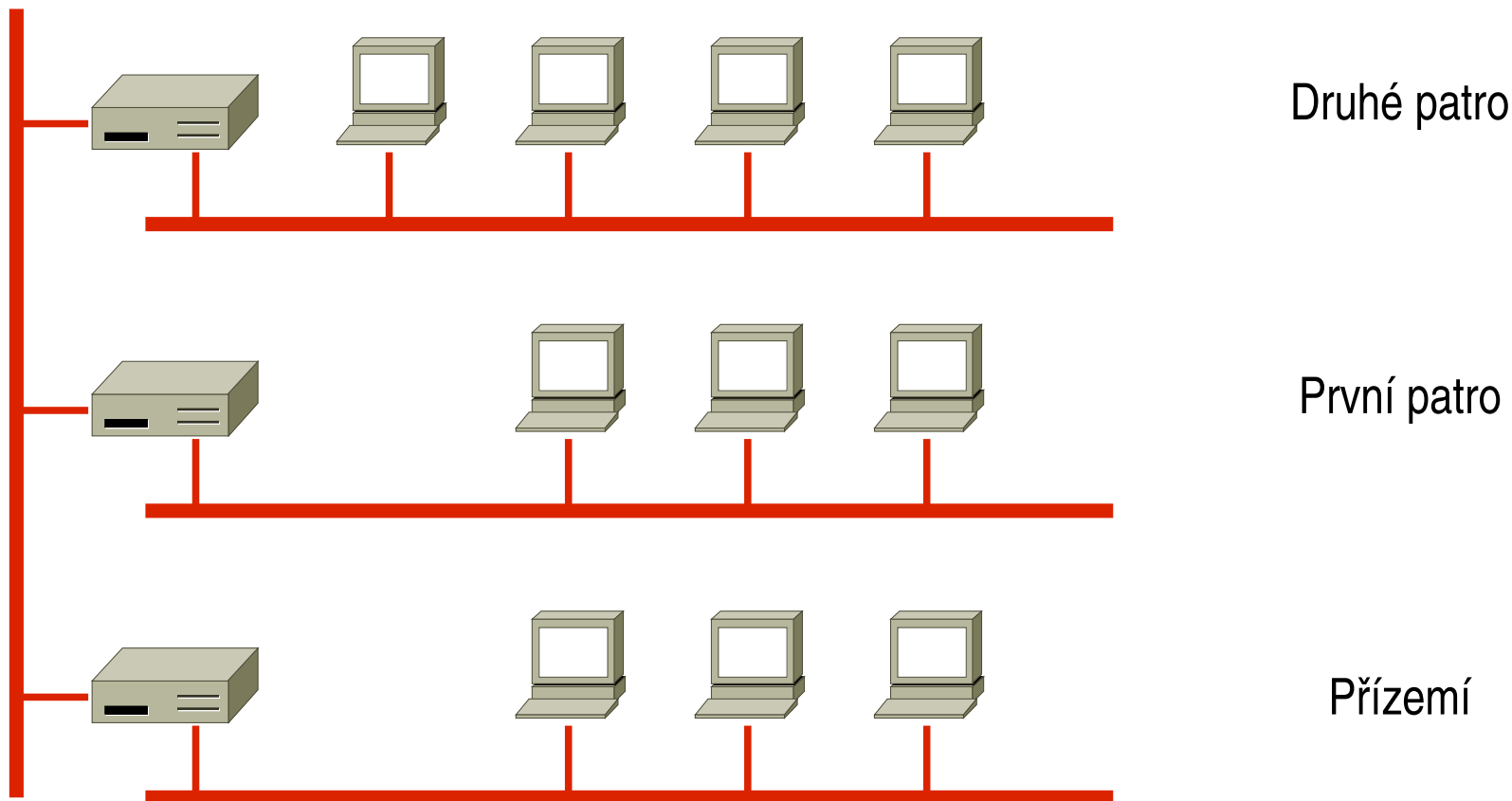


# Repeater

- Ethernet 10BASE-5 umožňuje připojit na segment max. 100 stanic
  - min. 2.5m od sebe, na kabelu vyznačeno značkami
- spojíme segmenty pomocí aktivního prvku: *repeater* (opakovač)
  - přijímá signál z jednoho segmentu, opraví ho a znovu vyšle do dalšího
  - rekonstrukce preamble, šíří collision jam
  - segmenty propojené opakovačem se chovají jako segment jediný (jedna kolizní doména)
- stromová topologie, pravidlo 5-4-3:
  - max. 5 segmentů, 4 opakovače a pouze 3 segmenty pro připojení stanic
  - síť nesmí obsahovat kružnici

# Pravidlo 5-4-3

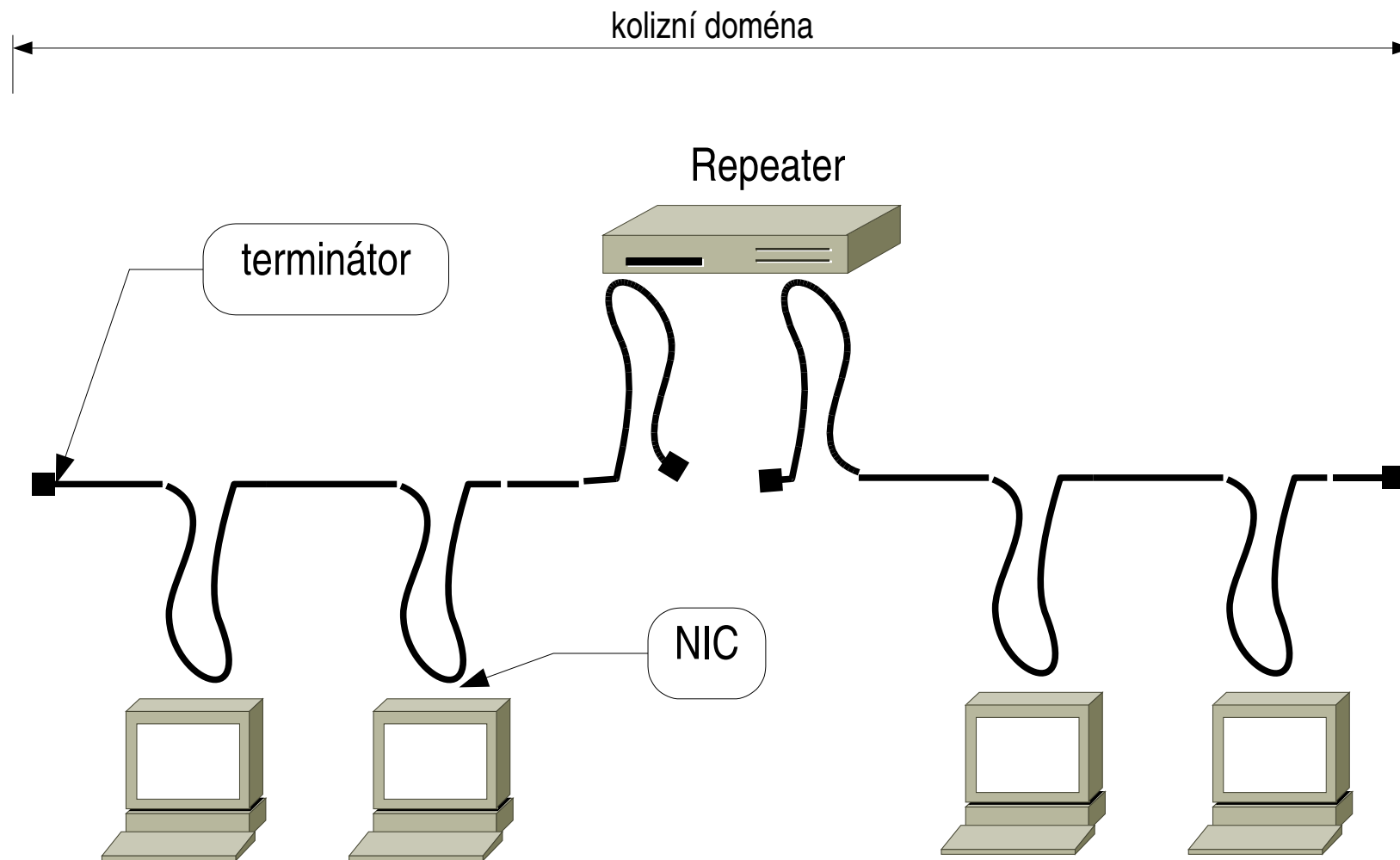
- 5 segmentů, 4 opakovače, max. 3 segmenty se stanicemi
  - zbylé dva segmenty mohou být použity pouze na propojení repeaterů



# 10BASE-2

- tenký (thin) koaxiální kabel (0.5 cm)
  - většinou černý, cheapernet, stejně jako u 10BASE-5 má impedanci  $50 \Omega$
  - levnější, lépe ohýbatelný, opět zakončený terminátorem
- max. velikost segmentu: 185m
- max. počet stanic na segmentu: 30, mezi stanicemi min. 0.5m
- připojuje se přímo ke stanici (síťové kartě)
  - pomocí BNC konektorů (T)
- MAU je součástí karty, ale může být vyvedeno i AUI
- speciální EAD zásuvky (Ethernet Attached Device), případně oddělený transceiver

# 10BASE-2





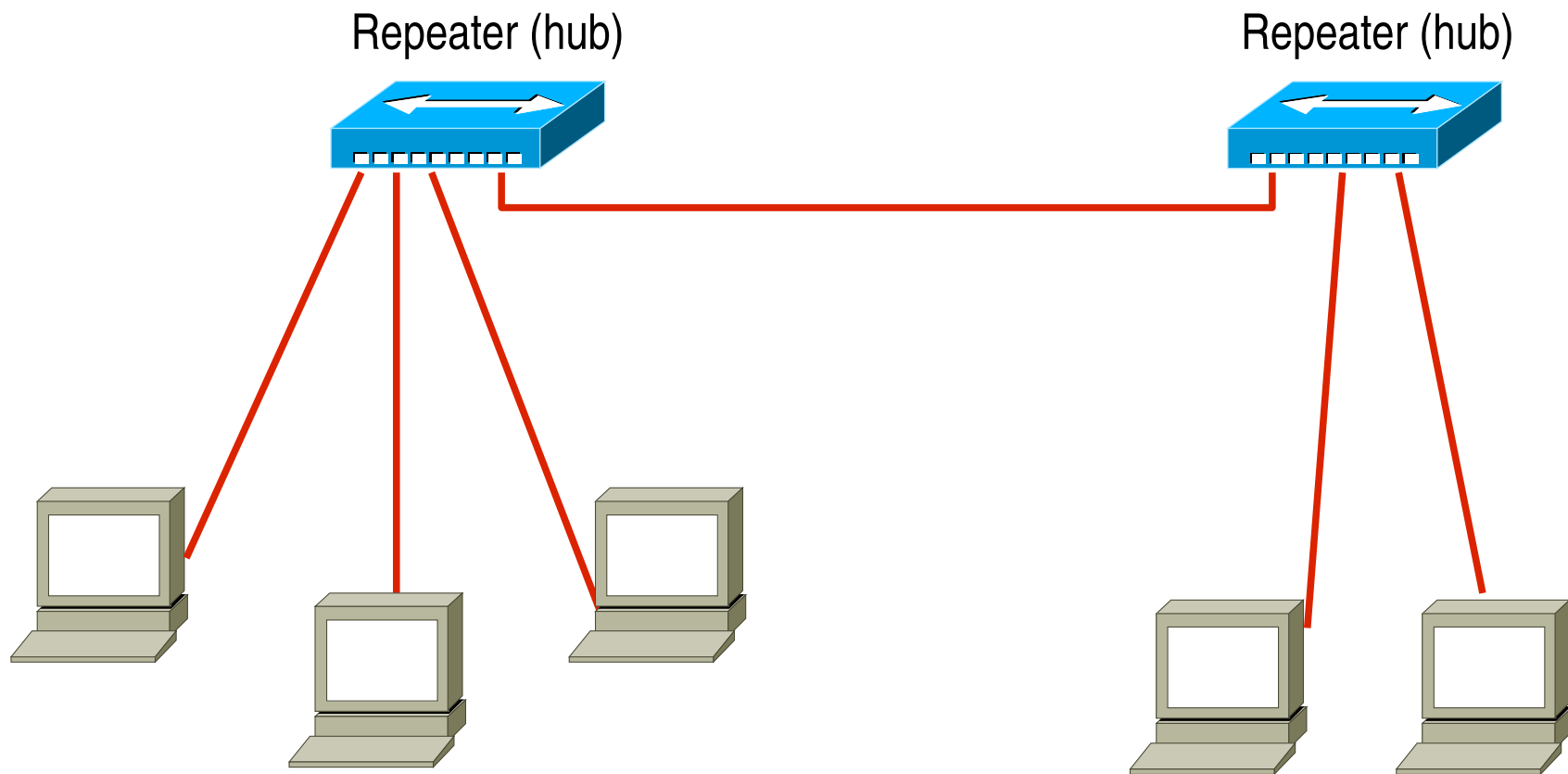
# Označení: XA-Y

- X – přenosová rychlost v Mbps (10, 100, 1000)
- Y – maximální velikost segmentu v stovkách metrů
  - 5: 500 metrů, 2: 200 metrů
  - nebo použité médium (T: UTP, FX: optika)
- A – použitá přenosová technologie
  - BASE: přenos v základním pásmu
  - BROAD: v přeloženém pásmu
- např.: 10BASE-2, 100BASE-T
  - 10BROAD-36 – dnes se nepoužívá (v kabelových sítích DOCSIS)

# 10BASE-T

- 802.3i, z roku 1990
- původně standard 1BASE-5 (1Mbps, 500m)
- pomalé => 10BASE-T, po kabelech Cat. 3
- TP, použity dva páry: jeden pro vysílání, druhý pro příjem
  - oba kabely použity => kolize
- RJ45 konektory (zásuvky)
- max. 100 m, dvoubodové spoje (nelze dělat odbočky)
  - 90 m pevný kabel (ve zdi), 2x5m přípojka
- multiport repeater (hub)
  - huby vzájemně propojeny do stromové struktury, stále je zde omezení 5-4-3

# 10BASE-T: topologie



# 10BASE-T: kabely

- TP: 4 páry, používají se 2 páry
  - jeden pro vysílání, druhý pro přijímání
  - páry jsou barevně označeny (zelená, modrá, oranžová, hnědá)
- konektory: RJ45, 8 pinů
  - piny č. 1 a 2: Transmit (TX) (zelená)
  - piny č. 3 a 6: Receive (RX) (oranžová)
  - ostatní: nezapojeny
- propojení repeater-stanice: patch kabel: propojeny stejné piny
- propojení dvou stanic: křížený kabel: prohozeny páry TX a RX

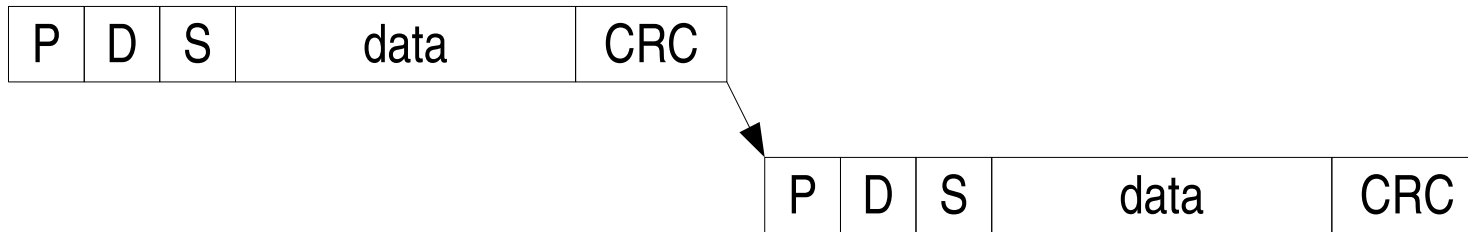
# 10BASE-Fx

- potřeba překlenout větší vzdálenosti než 500m
  - nutno použít optická vlákna
  - FOIRL – Fiber Optics Inter Repeater Link – propojení repeaterů
  - používá se pár optických vláken
- 10BASE-FL (fibre link)
  - spojení opakovačů, max. 2000 m, připojení stanice, max. 400 m
- 10BASE-FB (fibre backbone)
  - synchronní dvoubodový spoj
  - nepočítá se do 5-4-3 pravidla
- 10BASE-FP (fibre passive system)
  - pasivní optická hvězdice

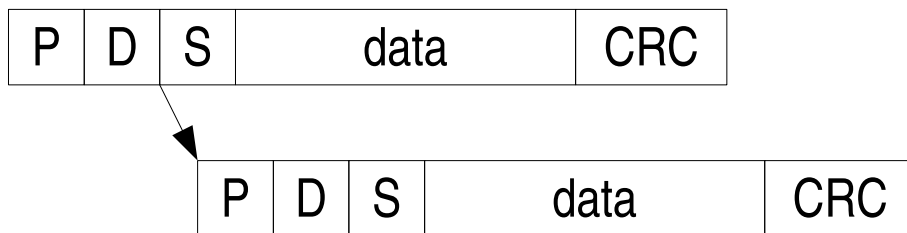
# Přepínaný Ethernet

- spojením pomocí repeaterů (hubů) stále zvětšujeme kolizní doménu
- celková velikost je omezena (huby zpomalují šíření signálu)
- přepínání na linkové vrstvě: most (více portů: switch)
  - segmentace sítě na více kolizních domén
- metoda Store-and-Forward
  - přepínač rámec přijme, rozhodne kam s ním a pak vyšle, zpoždění 58-1220 s
- metoda Cut-Through
  - přepínač přijme hlavičku, hned se rozhodne a začne vysílat, zpoždění 12 s
- mikrosegmentace: segment vždy tvoří jen 2 uzly
  - vlastně přepínání paketů

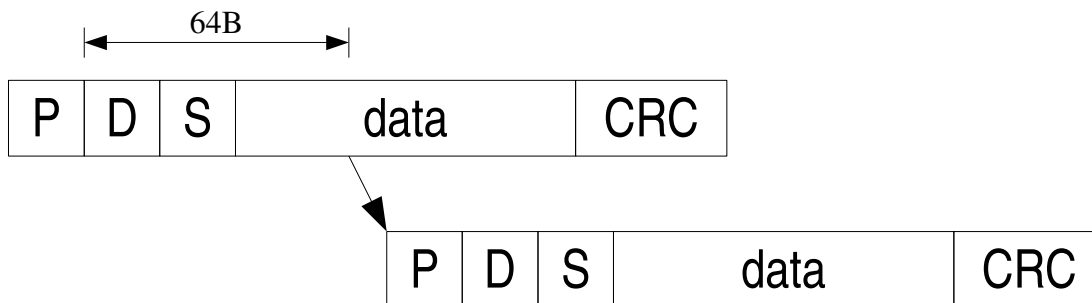
# Metody přepínání



Store-and-Forward



Cut-through



Segment-Free

# Zvyšování rychlosti Ethernetu

- vývoj nástupce 10BASE-x technologií, v první polovině 90. let
  - byla tu pouze drahá FDDI (vhodná pro páteřní síť)
- Fast Ethernet Alliance (1993), dva směry:
  - pouze zvýšit rychlost na 100 Mbps. zachovat CSMA/CD (100BASE-x, IEEE 802.3), (3Com, ...)
  - současně se zrychlením i změnit přístupovou metodu (100VG-AnyLan, IEEE 802.12) (HP, IBM, ...)
  - oba směry byly vyvíjeny, v roce 1995 standardizovány
- požadavek
  - použití stávající kabeláže, zpětná kompatibilita
  - vysoká rychlost
- nakonec zvítězila 100BASE-x a byla prohlášena za „nový Ethernet“



# Vývoj Ethernetu

Standard	Rok	Popis
DIX	1982	10 Mbps, tlustý koaxiální kabel
802.3	1983	10BASE-5 (tlustý koaxiální kabel)
802.3a	1985	10BASE-2 (tenký koaxiální kabel)
802.3c	1985	10 Mbps repeater
802.3d	1987	FOIRL (spojení repeaterů pomocí optického vlákna)
802.3i	1990	10BASE-T (TP)
802.3j	1993	10BASE-F (optické vlákno)
802.3u	1995	100BASE-T (Cat. 5)
802.3x	1997	Full duplex
802.3z	1998	1000BASE-X (optické vlákno)
802.3ab	1999	1000BASE-X (TP)
802.3ac	1998	Podpora VLAN (virtuální sítě)
802.3ad	2000	Agregace (spojování) linek
802.3ae	2003	10 Gbps (optické vlákno)
802.3af	2003	Napájení po ethernetu

# 100BASE-T

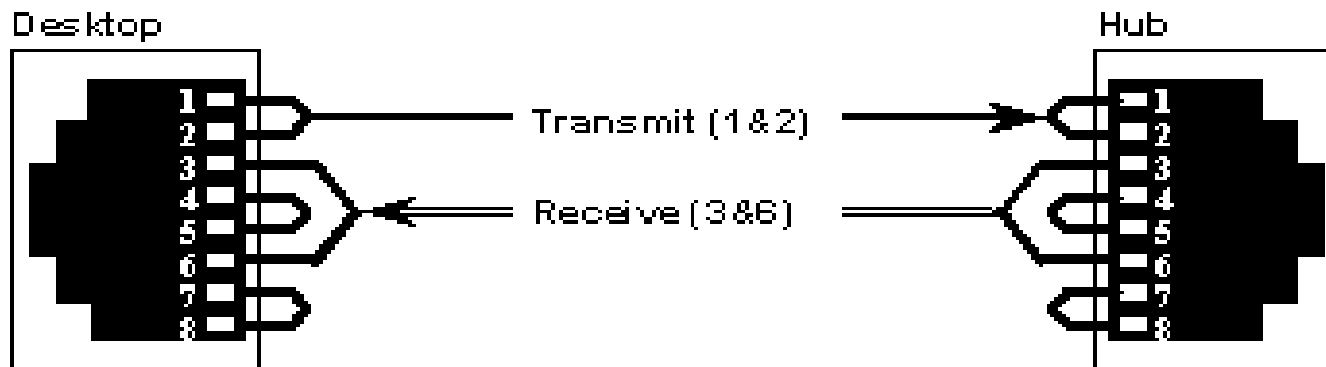
- IEEE 802.3u, 1995
- desetinásobné zrychlení, různá média
  - UTP, STP, optika
- formát rámců, adresy, přístupová metoda: beze změn
- fyzická vrstva se rozdělila na MII a PHY
  - MII: (Medium Independent Interface) – něco jako AUI
  - PHY (PHYsical layer device) – liší se podle použité kabeláže
- mechanismus pro detekci možných rychlostí (a módu přenosu)
  - autonegociace, umožňuje automatickou spolupráci rychlých a pomalých prvků
  - není povinný (starší zařízení ho nepodporují)

# 100BASE-x

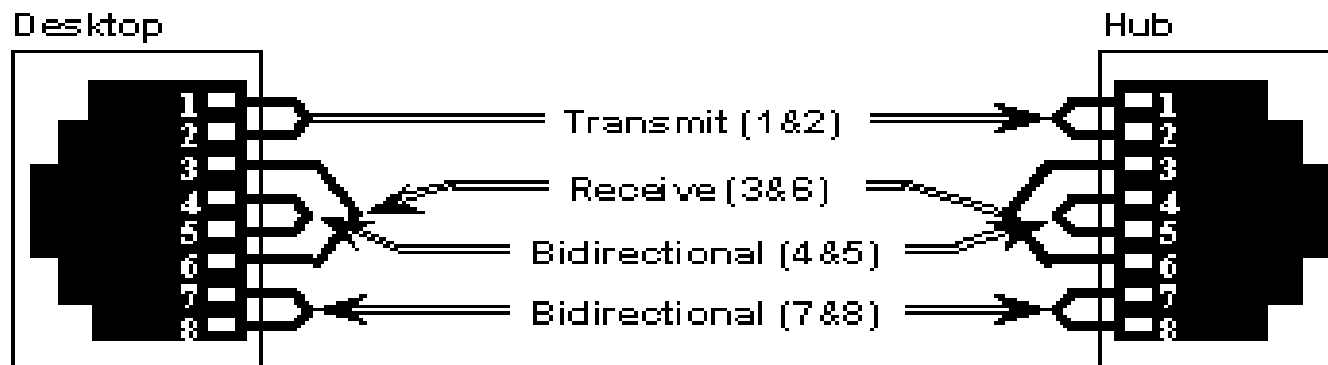
- desetinásobné zrychlení 100BASE-TX:
  - dva páry kabelu kategorie 5 (modulační rychlost: 125 Mbaudů)
  - místo Manchesteru je použito MLT-3 (3 úrovně signálu, zastavená sin.)
  - kódování 4B5B (4 bity se zakódují do 5 bitů) => 100 Mbps
  - vychází ze standardu FDDI
- 100BASE-T4:
  - kategorie 3, 3 páry kabelu pro přenos dat (half-duplex)
  - 1 pár pro detekci kolizí
  - data: 3 x 25MHz, kódování 8B6T [ $3 * (25 * 8/6 = 100/3) = 100$  Mbps]
- 100BASE-FX
  - dvojice optických vláken, kódování 4B5B, NRZI
- maximální vzdálenost: UTP – 100 m, optika – 400m (2000m)

# Kabeláž 100BASE-Tx

**100BASE-T X**    **100Mbps = 1-pár x 125MHz x (80% pro 4B5B kódování)**



**100BASE-T4**    **100Mbps = 3-pár x 25MHz x (133% pro 8B6T kódování)**



# Opakovače

Pro 100BASE-x existují dva druhy opakovačů (repeaterů):

- Class I

- dekóduje jednotlivé bity (umí překládat mezi jednotlivými druhy kódování 4B5B, 8B6T)
- umožňuje propojit např. 100BASE-TX a 100BASE-T4
- smí být v kolizní doméně jen 1 (zdržuje)

- Class II

- nedekóduje bity, jen vyhlazuje signál
- všechny porty musí používat stejné kódování (např. 4B5B)
- mohou být dva v kolizní doméně

# Velikost kolizní domény

Opakovač	UTP	Optika	T4-FX	TX-FX
Žádný	100m	412m	N/A	N/A
1 x Class I	200m	272m	231m	260m
1 x Class II	200m	320m	N/A	308m
2 x Class II	205m	228m	N/A	216m

- při plně duplexním provozu (ne 100BASE-T4!) nedochází ke kolizím
- neplatí max. vzdálenosti kvůli detekci kolizí (např. jednovidové optické vlákno můžeme použít až na vzdálenost desítek kilometrů)

# Plně duplexní Ethernet

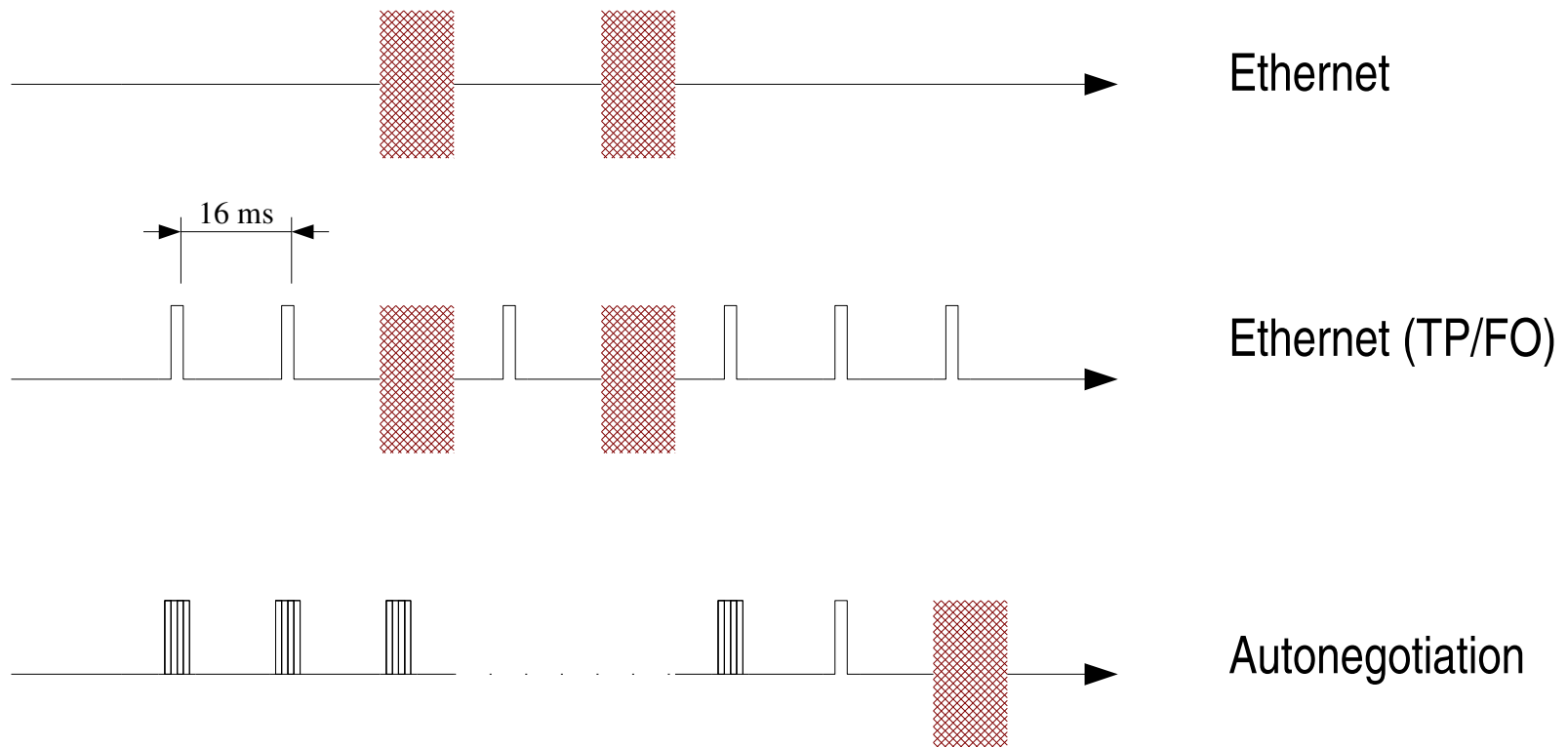
- pokud vyloučíme opakovače a použijeme plně duplexní spoje
- nemůže nastat kolize (vždy je možné vysílat i přijímat současně)
- odpadá nutnost CSMA/CD
  - a také minimální velikost rámce kvůli detekci kolizí
    - zachovává se i u plně duplexního Ethernetu kvůli kompatibilitě
  - maximální dosah – není nutné šířit kolizi do celé sítě do určitého času
- zvětšení dosahu umožňuje pronikání Ethernetu do MAN/WAN
- zvýšení propustnosti
- někdy je nutné řízení toku
  - pomocí speciálních rámců PAUSE

# Autonegociace

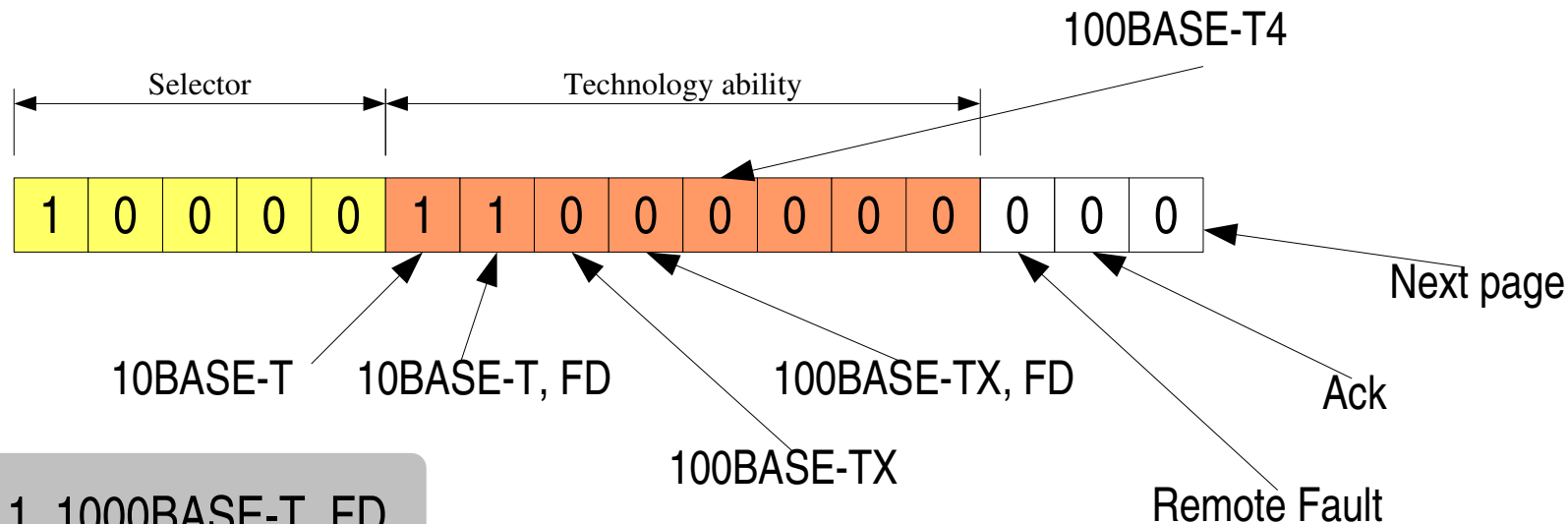
- domluva na rychlosti, a typu komunikace dvou přímo propojených uzlů
- 10BASE-T vysílá pravidelně pulsy, které slouží ke zjištění, zda je linka funkční
  - NLP: Normal Link Pulse: vysílají se, pokud je linka nečinná (nepřenáší se data)
  - vysílají se každých 16 ms
- Zobecnění: nevysílá se jeden impuls, ale 16 impulsů za sebou
  - 33 pozic, každá druhá časování: 16 bitů, umožňuje přenášet informaci
  - prvních 5 bitů: Selector (IEEE 802.3: 10000B)
  - dalších 8 bitů: Technology Ability – specifikuje, které rychlosti/módy jsou podporovány
  - 1 bit Remote Fault – nastala chyba. 1 bit Acknowledge – potvrzení od protistrany
  - 1 bit Next Page (rozšíření)



# Autonegociace



# Autonegociace



1. 1000BASE-T, FD
2. 1000BASE-T, HD
3. 100BASE-TX, FD
4. 100BASE-T4
5. 100BASE-TX, HD
6. 10BASE-T, FD
7. 10BASE-T, HD

- vyšší rychlosti jsou domluveny pomocí next page
  - ta se přenáší, pokud oba nastaví bit Next page na 1
- umožňuje detekovat i zařízení, která autonegociaci nepodporují (např. vysílají jen NLP)

# Migrace 10 => 100

- Migrace na rychlejší síť znamená:
  - výměnu NIC (síťových karet)
  - výměnu aktivních síťových prvků (přepínačů, hubů)
  - kabeláž zůstává stejná (Cat. 5 nebo Cat. 3)
- k propojení prvků s různou rychlostí je nutný switch (nikoliv hub)
- používaly se kombinované switche, např. 24x10 + 2x100 Mbps
  - stanice na 10 Mbps, servery (a/nebo uplink a páteřní síť) na 100 Mbps
  - stejné je do dnes pro 100Mbps+1Gbps
- dnešní kabeláž se provádí v Cat. 5 (Cat. 5e)

# 1 Gbps Ethernet

- standard IEEE 802.3z z roku 1998
- použité kódování: 8B10B
- prodloužen kolizní slot (z 64B na 512B)
  - jinak by maximální velikost sítě byla 25 m (kvůli detekci kolize)
  - krátké rámce doplněny („vycpávkou“) na 512B (Carrier Extension), ale je možné vyslat více krátkých rámců po sobě jako jeden rámec (Packet Bursting)
  - běžně využito kolem 400 Mbps
- na místě MII je GMII (Gigabit Media Independent Interface)
- max. 1 opakovač v kolizní doméně
- povinná podpora autonegociace (Next Page)
- optická kabeláž vychází z technologie Fiber Channel

# Média 1000BASE-x

- 1000BASE-CX
  - STP, max. 25 m
  - k propojení switchů, serverů
- 1000BASE-SX
  - optický kabel, laser 850nm, max. 300 m/62.5 m (550 m/50 m)
  - pro horizontální rozvod (levnější)
- 1000BASE-LX
  - optický kabel, laser 1300nm
  - 550m mnohavidové, 3km jednovidové vlákno
  - pro propojení na větší vzdálenosti, např. mezi budovami

# 1000BASE-T

- standard IEEE 802.3ab z roku 1999
- pro fyzickou vrstvu nové standardy
- 1000BASE-T
  - max. 100 m, Cat. 5e, používají se 4 páry
  - full duplex (páry se používají současně)
  - modulace PAM-5, 125 MBd/pár
- 1000BASE-TX
  - max. 100 m, Cat. 6, 2 páry tam, 2 páry zpět
  - levnější aktivní prvky (poloviční počet vysílačů/přijímačů)

# 1 Gbps Ethernet

- sdílené médium: omezení velikosti sítě:
  - => používají se přepínače

	1000BASE-SX/LX	1000BASE-T	1000BASE-CX
Vzdálenost	111 m	100 m	25 m

- GBIC (GigaBit Interface Converter)
  - standard pro připojení různých médií k aktivním prvkům (např. switchům)
  - např. UTP, SM/MM optické kabely
  - hot swappable



# 10Gbps

- standard IEEE 802.3ad z roku 2002
- pouze full duplex mód, původně pouze pro optiku, dnes i UTP
  - dosah podle média: 65 m – 40 km
- používá se nejen pro LAN, ale i WAN (vytlačila např. ATM)
- XGMII (10 Gigabit Media Independent Interface)
- WIS (WAN Interface Sublayer)
  - zapouzdření Ethernet rámců do SONET/SDH kanálu
- S: 850 nm, L: 1310 nm, E: 1550 nm
- X: 8B10B, R: 64B66B, W: WIS interface
- použití i pro barvy získané pomocí WDM



# 10GBASE-x

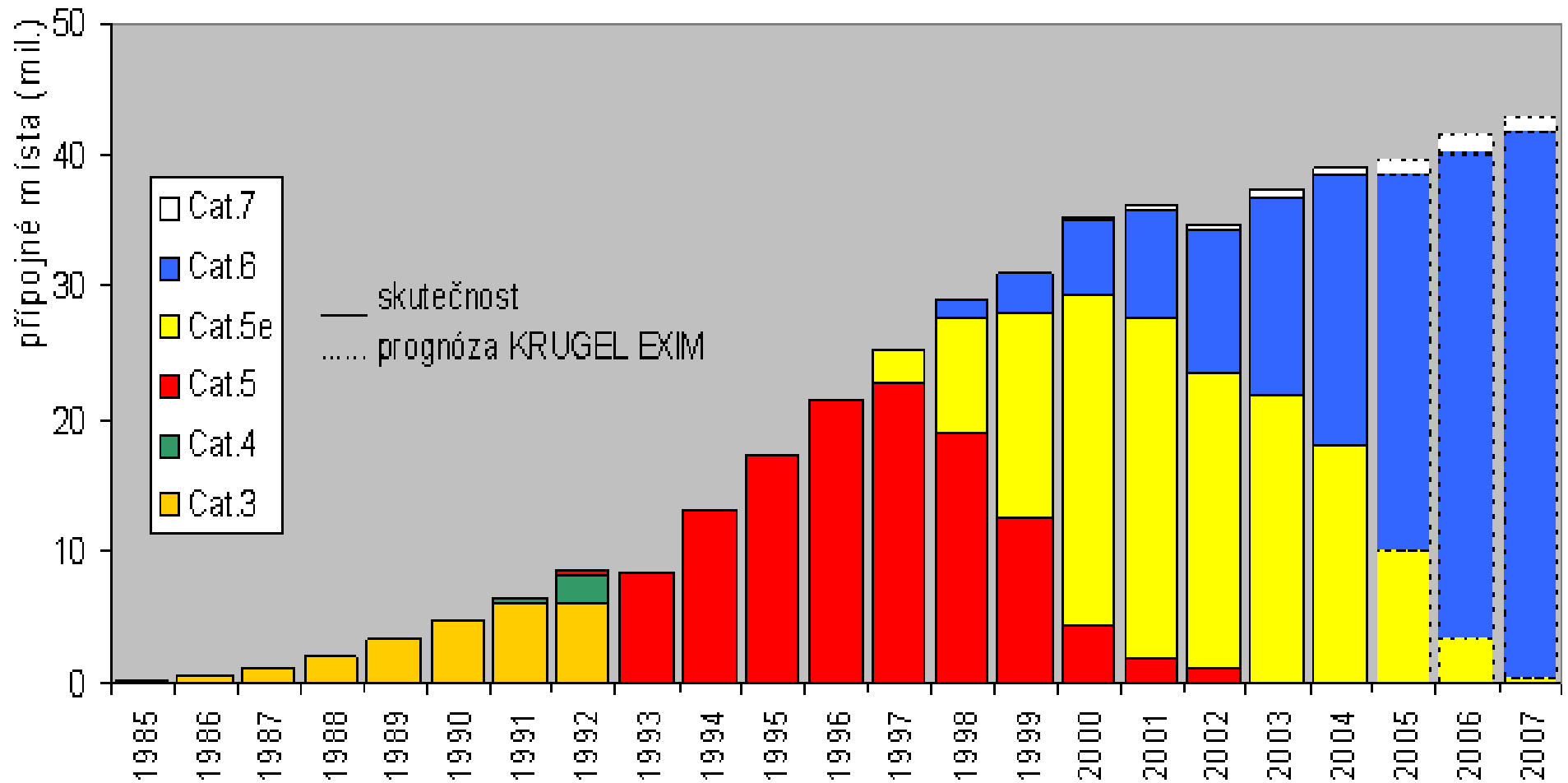
- 10GBASE-SR/SW
  - multimode vlákno, laser 850 nm, 2 – 300 m
- 10GBASE-LR/LW
  - single mode vlákno, laser 1310 nm, 2 – 10 km (i více, podle kvality kabelu)
- 10GBASE-LX4
  - používá 4 barvy CWDM (Coarse WDM)
  - dark fiber (pronajatá vlákna bez konc. prvků)
  - 1310 nm, single mode/multimode vlákno (max. 300 m/10 km)
- 10GBASE-CX4 (IEEE 802.3ak)
  - twinaxiální kabel, max. 15 m, propojení switchů

# 10GBASE-T

- IEEE 802.3an, plánován na červen 2006
- stíněná dvojlinka Cat 6, Cat 7
  - prognóza: od roku 2007 bude většina kabeláže provedena v Cat 6
  - nestíněná Cat 6: max. 55 m, stíněná: 100 m, Cat 7: OK
  - přeslechy mezi páry se mají rušit vzájemným posunutím v akt. prvcích
  - každý pár jinak zkroucen, zkroucení se bude měnit

# TP kabeláž

Západní Evropa



Zdroj: Krugel Exim

# Napájení po Ethernetu

- PoE (Power over Ethernet), IEEE 802.3af
- přenos napájení po UTP vodičích
  - umožněn nízkou spotřebou moderních síťových prvků
  - např. bezdrátové přístupové body, IP telefony
    - běžné telefony také nepotřebují zvláštní napájení
  - buď po datových nebo po volných vodičích
- použije se při určitém vnitřním odporu zařízení (25 k $\Omega$ )
  - aby nedošlo k poškození stávajících zařízení
- elektrické parametry: ss 48V, max. 15W
- bývá zapojeno jako speciální hub u ethernetového switchu

# Wake on LAN

- standard, který umožňuje zapnout počítač speciálním rámcem
  - od Intel a IBM
  - vyžaduje PC s ATX zdrojem
- vypnutý počítač má aktivní síťovou kartu, která monitoruje provoz
  - napájená je i část MB, obdobně modem, timer, ...
- formát rámce (libovolný paket, např. UDP), v něm:
  - FF:FF:FF:FF:FF:FF následované 16x MAC adresou spáče
  - případně s heslem 4-6 bajtů
- síťová karta zapne PC
- např. program ether-wake

ETH	IP	UDP	magic	CRC
-----	----	-----	-------	-----

# Další vývoj Ethernetu

- zrychlení (100Gbps)
  - umožněno ústupem od CSMA/CD
  - zatím jen proprietární technologie pro 40Gbps
  - WDM umožňuje multiplex v jednom vlákně
- Ethernet po běžné telefonní lince
  - kategorie 1 až 3
  - rychlost 10 Mbps, dosah až několik km
  - tzv. Ethernet in the Last Mile
- možná nástupnická technologie po ADSL?
  - zatím není na obzoru
  - 802.3ah, schváleno v červnu 2004
- Ethernet po ostatních drátech (Cisco) 