

Katedra softwarového inženýrství,
Matematicko-fyzikální fakulta,
Univerzita Karlova, Praha



Lekce 3: Ethernet

J. Peterka, 2007

co je Ethernet?

- je přenosovou technologií
 - zajišťuje skutečný přenos dat
 - v RM ISO/OSI pokrývá fyzickou a linkovou vrstvu (podvrstvu MAC)
 - v rámci TCP/IP spadá do vrstvy síťového rozhraní
 - může používat různá přenosová média
 - koaxiální kabely, kroucenou dvoulinku, optická vlákna
 - předpokládá logicky sběrnicovou topologii
- měl „sdílenou“ povahu
 - teprve později se díky switchingu mění na „nesdílenou“ přenosovou technologii
 - novější verze již nepředpokládají sdílení

- chování je „statistické“
 - nezaručuje právo vysílat
 - funguje dobře s „rozumnou“ pravděpodobností
- dále se vyvíjí
 - co do rychlosti

10 Mbps	1976/80
100 Mbps	1995
1 Gbps	1998
10 Gbit/s	2002
100 Gbit/s	?? 2007 ??
1 Tbit/s	?? 2008 ??
10 Tbit/S	?? 2010 ??

- co do "možnosti nasazení"
 - dnes již i v sítích MAN a WAN
 - 2003: standard Metro Ethernetu

historie Ethernetu

- Ethernet se zrodil ve středisku PARC
 - Palo Alto Research Center firmy Xerox
 - koncepce vznikla v polovině 70. let (cca 1974 až 1976)
 - autoři: Robert Metcalfe, David Boggs
 - poprvé zveřejněno r. 1976
 - článek: "Ethernet: Distributed Packet Switching for Local Computer Networks." •
 - <http://www.acm.org/classics/apr96/>
- „nultá“ verze Ethernetu
 - měla za úkol propojit pracovní stanice Alto, vyvíjené ve středisku PARC
 - měly první WYSIWYG editor, první myš, GUI a bit-mapped display
 - pracovaly s rychlostí 2,94 Mbps
 - odvozeno od rychlosti systémových hodin stanice Alto

první verze Ethernetu (1980)

- zrychlena na 10 Mbps
- vyvinuta ve spolupráci firem DEC, Intel a Xerox (DIX, DIX Ethernet)



Bob Metcalfe



David Boggs



proč „ETHER“net?

- 19. století, Maxwell: el.mag. záření se šíří ve formě vln
 - fyzikové vyslovili domněnku: *musí existovat „všeprostupující éter“, kterým se tyto vlny šíří*
 - 1887, Michelson-Morleyův pokus: dokázal že éter nemůže existovat



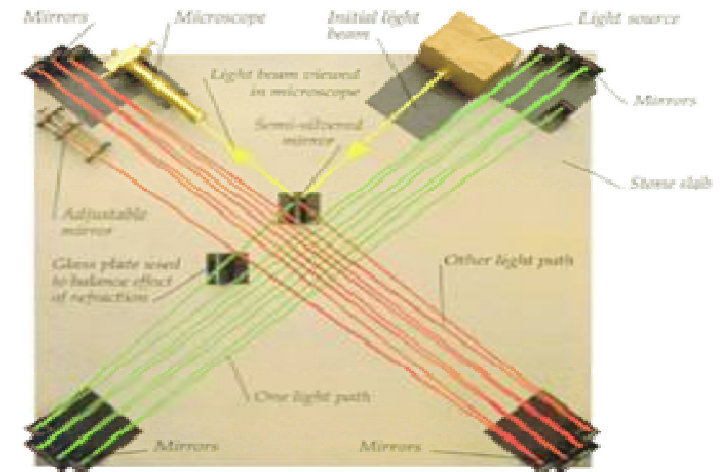
James Clerk Maxwell (1831-1879)



A.A. Michelson
1852 - 1931

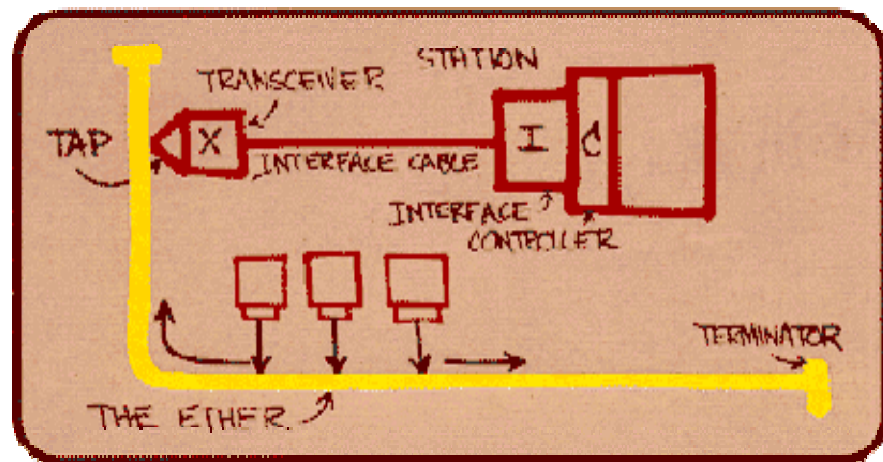


E.W. Morley
1838 - 1923



proč „ETHER“net?

- Na „éter“ si vzpomněl Robert Metcalfe, když (cca v roce 1974) potřeboval vhodně pojmenovat novou technologii
 - kvůli paralele s všesměrovým šířením v Ethernetu



původní Metcalfův náčrtek

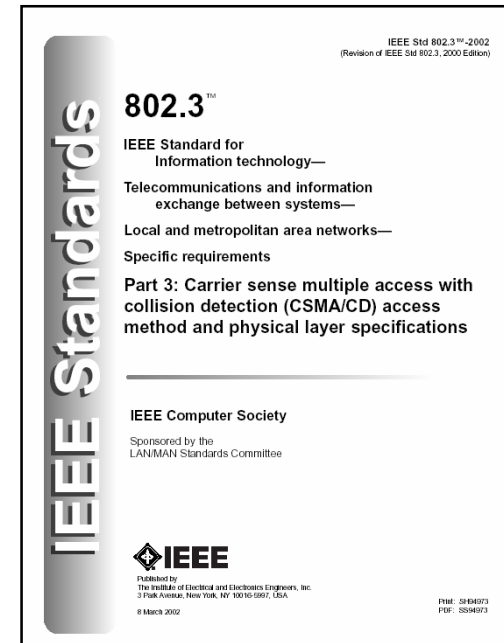
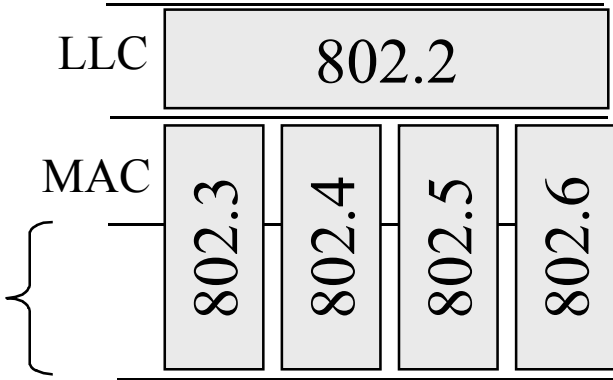
- firma Xerox si nechala Ethernet patentovat
 - US Patent #4,063,220, podán 31. března 1975, přijat 13.12.1977
 - zaregistrovala si také Ethernet jako trademark
 - později se jí vzdala ve prospěch veřejného použití
- v roce 1979 Metcalfe odchází od Xeroxu a zakládá firmu 3Com
 - firma Xerox se rozhodla sdílet svůj patent s 3Com a investovala do ní 1,1 mil. USD jako venture kapitál

DIX Ethernet, vs. IEEE 802.3

- první „definitivní“ verze vzniká v roce 1980
 - jako tzv. DIX Ethernet
 - s rychlostí 10 Mbps
- návrh specifikace byl předložen společnosti IEEE ke standardizaci
 - proto, aby nebyl proprietárním řešením, v rukou jedné (trojice) firem
- pracovní skupina IEEE 802 návrh přijala, a vydala jako svůj standard
 - ale poněkud jej pozměnila
 - např. údaj o délce a obsahu v hlavičce rámce se liší
 - je rozdíl mezi DIX Ethernetem a „IEEE 802.3 Ethernetem“
 - DIX Ethernet se dál téměř nevyvíjel (dnes jako Ethernet II)
 - „IEEE Ethernet“ se dále vyvíjí
- standardy pocházející od IEEE 802.3 nepoužívají jméno Ethernet
 - Xerox si jméno "Ethernet" zaregistroval jako svůj trademark
 - ale později se jej vzdal, ve prospěch "public domain použití"
 - místo toho jsou označovány jako standardy řešení „na bázi CSMA/CD“
 - Ethernet je to pouze neformálně
 - standard IEEE 802.3 schválen v červnu 1983
- pracovní (pod)skupina 802.3 se stará i o další vývoj Ethernetu
 - možnost využití jiných přenosových médií:
 - tenkého koaxiálního kabelu (1985)
 - optického vlákna (1987)
 - kroucené dvoulinky (1990)
 - stomegabitový Ethernet (1995)
 - plně duplexní Ethernet (1997)
 - později také gigabitový Ethernet (1998)
 - metropolitní Ethernet
 - ...

- sdružení IEEE dostalo za úkol vyvíjet standardy v oblasti LAN
 - v únoru 1980 založilo za tímto účelem pracovní skupinu
 - skupinu 802
 - pracovní skupina IEEE 802 se dále dělí na podskupiny
 - podle věcného zaměření
 - IEEE 802.3 se zabývá „hardwarovými“ aspekty Ethernetu (kabeláž, přenosy - do vrstvy MAC)
 - IEEE 802.5 - dtto, pro Token Ring
 - IEEE 802.2 se zabývá logickou strukturou rámců (podvrstvou LLC)

fyzická vrstva



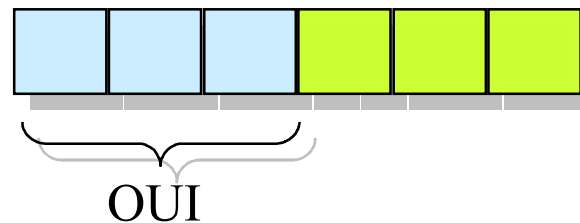
GET IEEE 802

standards IEEE jsou (6 měsíců po svém vydání) dostupné zdarma, na <http://standards.ieee.org/getieee802/>

Ethernetové adresy

- v Ethernetu se používají 48-bitové (6bytové) adresy
 - tzv. MAC adresy
 - adresy na úrovni podvrstvy Medium Access Layer
- každé ethernetové rozhraní by mělo mít celosvětově unikátní adresu
 - adresy jsou pevně zabudovávány do jednotlivých adaptérů už při jejich výrobě
 - některé produkty ale přesto umožňují adresy měnit
 - například kabelové modemy, kvůli registrovaným rozhraním
 - např. PCMCIA (PC Card) karty
- jednotliví výrobci dostávají přidělené „bloky“ adresového prostoru
 - v rámci kterých pak mohou sami přidělovat konkrétní adresy
- konkrétně:
 - každý výrobce dostane od IEEE identifikátor OUI
 - Organizationally Unique Identifier
 - OUI představuje nejvyšší 3 byty adresy
 - ostatní doplňuje sám výrobce
- příklady:
 - Novell: 00-00-1B
 - 3Com: 00-20-AF
 - SMC: 00-40-27 atd.

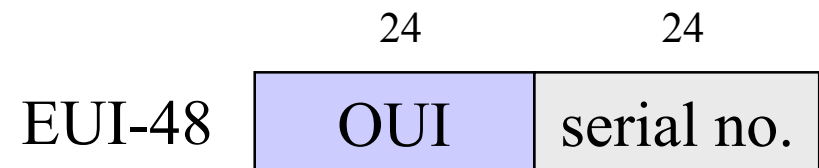
seznam lze získat na
<http://standards.ieee.org/regauth/oui/oui.txt>



EUI-48, vs. EUI-64

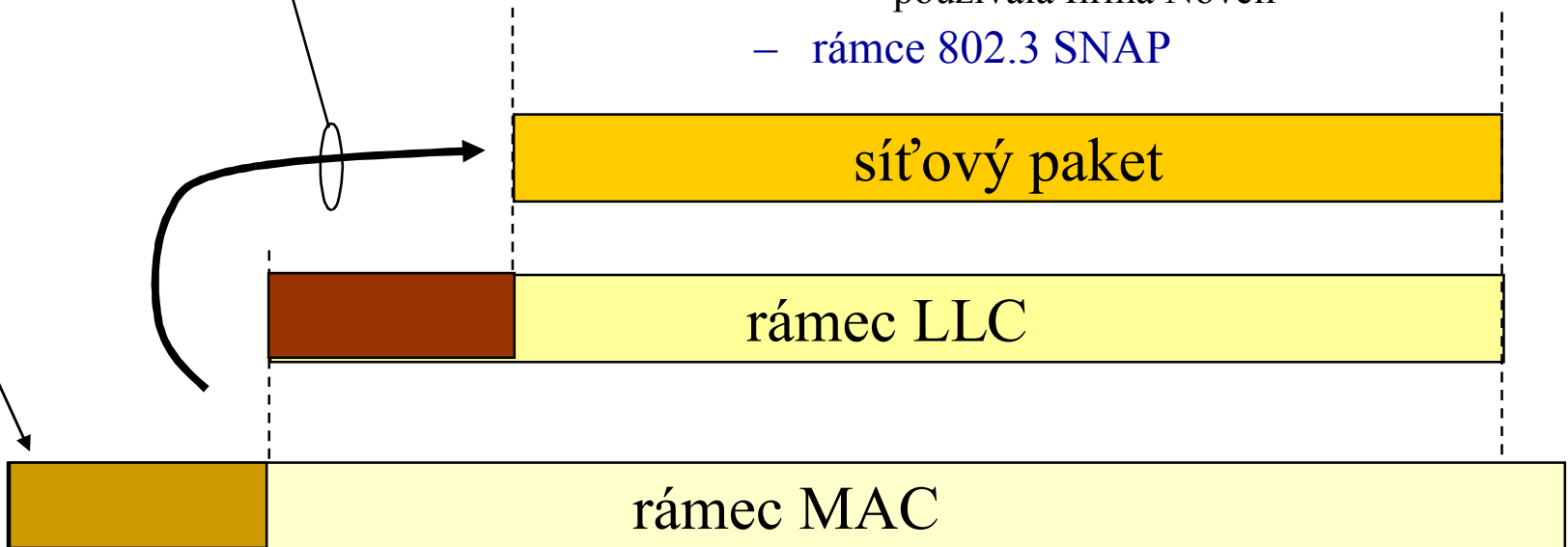
- EUI-48 (Extended Unique Identifier - 48)
 - = dosavadní 48-bitová ethernetová adresa
 - 24 bitů OUI + 24 bitů sériové číslo
 - původní označení: MAC-48
 - podle IEEE se již nemá používat
- problém: i zde hrozí potenciální vyčerpání adresového prostoru
 - správcem tohoto adresového prostoru je IEEE
 - IEEE má trademark na názvy EUI-48 i EUI-64!!

- řešení:
 - rozšíření 48-bitového adresového prostoru na 64-bitový
- výsledek:
 - EUI-64
 - 64-bitové ethernetové adresy
 - zatím se počítá s použitím "pod" IPv6



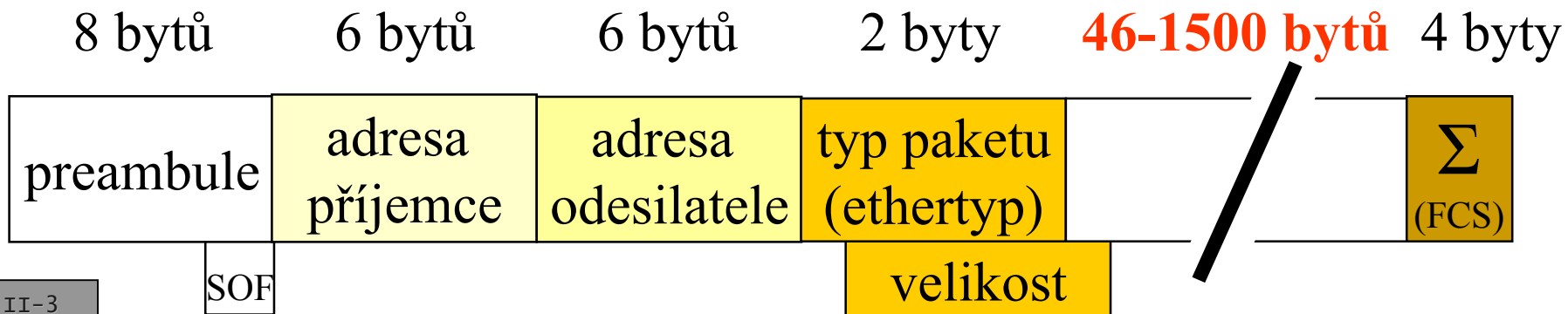
Ethernetové rámce

- je třeba rozlišovat rámce:
 - na úrovni podvrstvy MAC (nižší)
 - na úrovni podvrstvy LLC (vyšší)
- MAC rámce musí definovat:
 - adresu příjemce a odesilatele
 - typ (druh) obsahu
 -
- MAC rámců v Ethernetu je několik druhů, a liší se ve své struktuře
 - rámce Ethernet II
 - z původního DIX Ethernetu
 - rámce IEEE 802.3
 - do nich se ještě vkládají rámce IEEE 802.2 (rámce podvrstvy LLC)
 - rámce „raw“ 802.3
 - používala firma Novell
 - rámce 802.3 SNAP

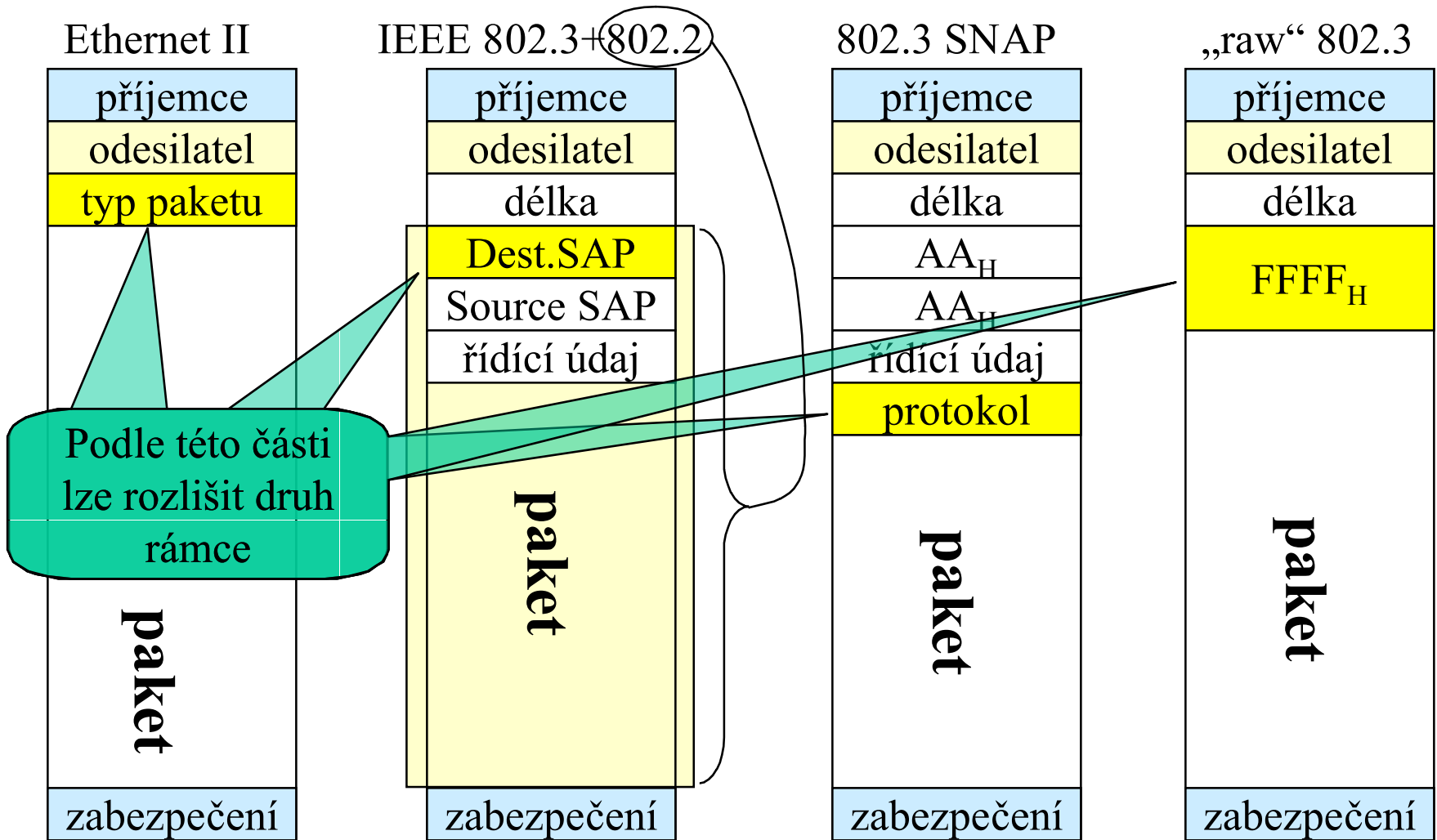


obecná struktura ethernetového rámce (MAC rámce - rámce podvrstvy MAC)

- v DIX Ethernetu:
 - **preamble má 8 bytů:**
 - 55_{16} 55_{16} 55_{16} 55_{16} 55_{16} 55_{16} 55_{16} 55_{16}
 - resp. 01010101 0101
 - slouží k "zasynchronizování" příjemce
 - **2 byty po adresách příjemce a odesilatele udávají typ nákladu**
 - tzv. ethertyp
 - hodnoty jsou vyšší než 1500
 - **v "nákladové části" může být až 1500 bytů**
 - velikost rámce se pozná až podle údajů v nákladu
 - pořadí bytů odpovídá konvenci "Big Endian"
- v IEEE 802.3:
 - **preamble má 7 bytů:**
 - 55_{16} 55_{16} 55_{16} 55_{16} 55_{16} 55_{16} 55_{16}
 - **následuje 1 byte SFD:**
 - Start-of-frame Delimiter
 - hodnota $F5_{16}$ (01010111)
 - **2 byty po adresách příjemce a odesilatele představují délku rámce**
 - přesněji: jeho nákladové části!!
 - nejvýše 1500



srovnání Ethernetových rámců



rozlišení Ethernetových rámců

- rámce Ethernet II
 - mají ve 13. a 14. bytu údaj o typu rámce
 - tzv. Ethertyp
 - velikost rámce se musí rozpoznávat podle obsahu a jeho údaje o velikosti
 - potenciálně nebezpečné !!!
 - údaj je číslem, je vždy větší než 1500
 - např.
 - IPv4 má Ethertyp 0800_{16}
 - IPv6 má $86DD_{16}$
 - ARP má 0806_{16}
 -
 - byly přiděleny i nižší hodnoty, ale nepoužívají se
 - správcem Ethertypů je IEEE
- rámce 802.3
 - mají ve 13. a 14. bytu údaj o délce rámce
 - délka je vždy menší než (nebo rovna) 1500
- další rozlišení
 - rámce „raw 802.3“
 - další dva byty jsou FFFFH
 - rámce 802.3 SNAP
 - další dva byty jsou AAAAH
 - rámce 802.3 + 802.2
 - jinak
- shrnutí:
 - různé linkové rámce Ethernetu jsou rozlišitelné
 - proto mohou "koexistovat na jednom drátě"
 - každé síťové rozhraní by mělo:
 - přijímat všechny druhy rámců
 - samo generovat jen jeden druh rámců

dnes se preferují rámce IEEE 802.3 + 802.2

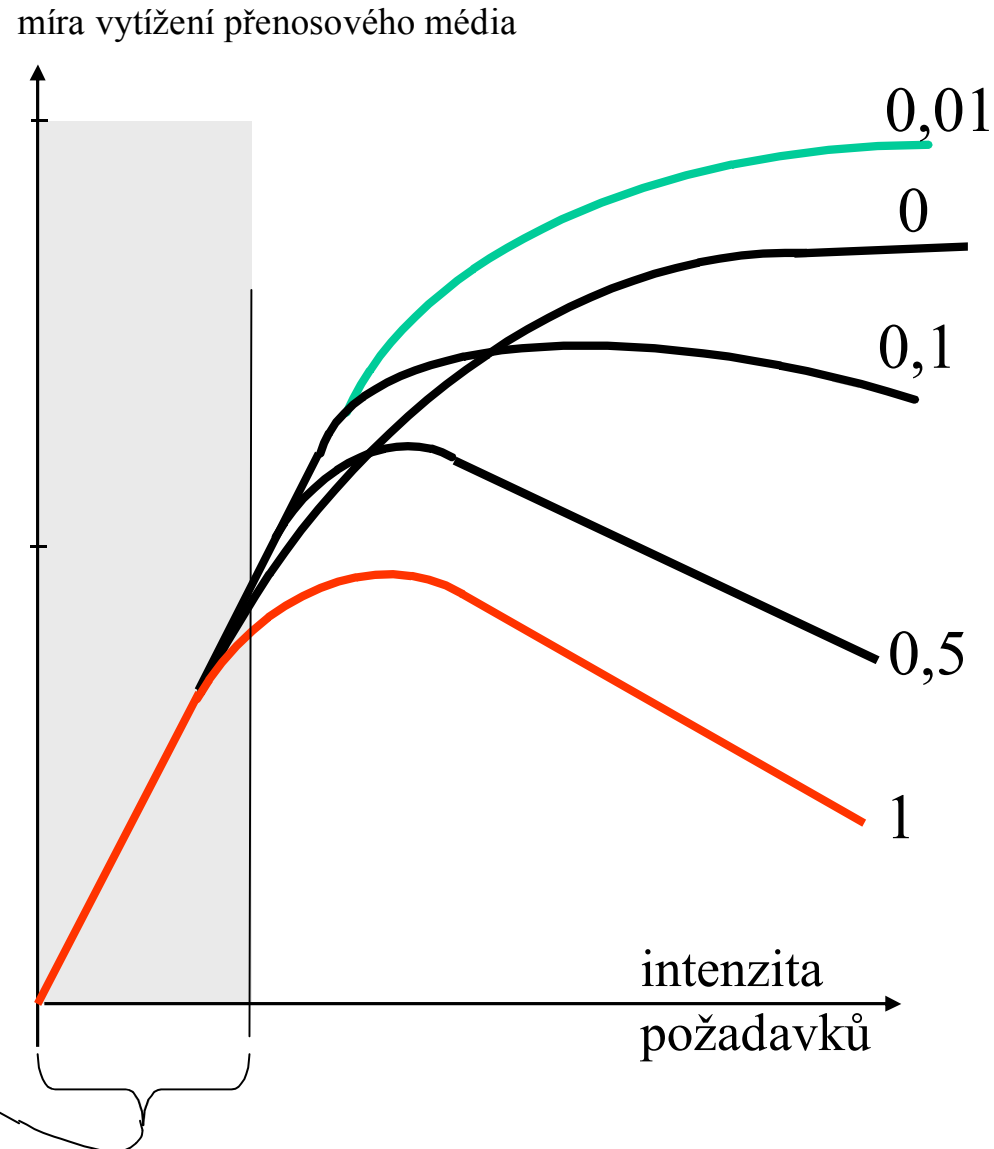
filosofie Ethernetu

- počítá s všesměrovým charakterem vysílání
 - který má např. rádiové vysílání, satelitní přenosy, přenosy po mnohobodových spojích (např. koaxiálních kabelech)
- přístupová metoda je CSMA/CD
 - ke svému fungování vyžaduje všesměrové vysílání
- metoda CSMA/CD (i celá filosofie Ethernetu) byla inspirována sítí Aloha
 - vybudované na Havajských ostrovech
 - fungující „bez příposlechu“ (bez „CS“)
- nedeterminismus Ethernetu
 - je dán nedeterministickým charakterem přístupové metody CSMA/CD
 - nezaručuje žádnému uzlu, že bude moci odvysílat to, co odvysílat chce
 - tudíž ani negarantuje právo vysílání nejpozději v čase t
 - Ethernet není použitelný tam, kde je zapotřebí odezva v určitém max. čase
 - například pro řízení výroby, technologických procesů
 - Ethernet poskytuje právo vysílat pouze s určitou pravděpodobností
 - která je velmi vysoká při malé zátěži sítě
 - ale klesá s rostoucí zátěží
 - Ethernet není „stabilní“, s rostoucí zátěží jeho celková propustnost dokonce začíná klesat (cca od 70% využití)

výhodou nedeterministického řešení je jednoduchost, snadnost implementace a také nízká cena

připomenutí: CSMA/CD je 1-persistentní

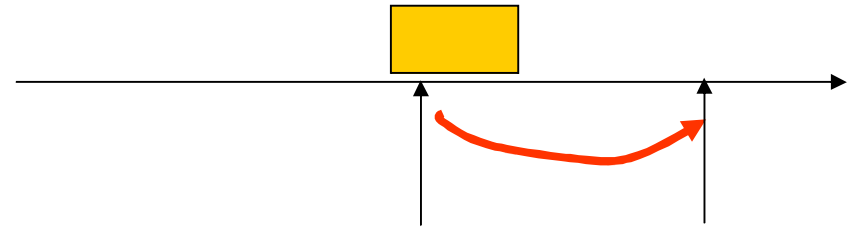
- nepersistentní (é-persistentní) CSMA:
 - podívá se, jestli někdo vysílá
 - pokud ano, ihned se odmlčí na náhodně zvolenou dobu (počká)
- p-persistentní CSMA
 -
 - s pravděpodobností p čeká na konec vysílání,
 - s pravděpodobností 1-p se odmlčí na náhodně zvolenou dobu
- 1-persistentní CSMA:
 -
 - neodmlčí se, čeká na konec vysílání
- společné přenosové médium nejlépe vytěžují metody s velmi nízkou persistencí
 - naopak 1-persistentní metoda je na tom nejhůře !!!



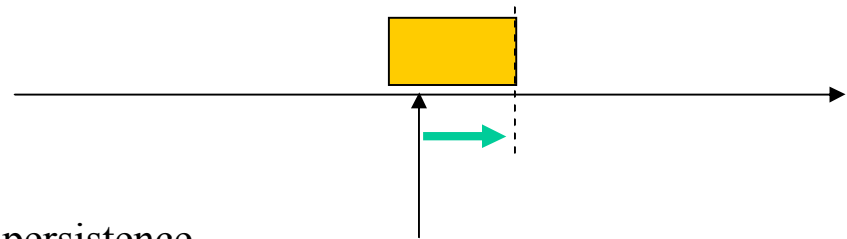
proč je Ethernet 1-persistentní?

- autoři Ethernetu znali "křivky výtěžnosti" (předchozí slide)
 - věděli, že 1-persistence nejhůře vytěžuje sdílené přenosové médium
- přesto si vybrali 1-persistentnost!!
- důvod:
 - nešlo jim tolik o vytížení přenosového média
 - předpokládali relativně slabý provoz
 - dbali také na latenci
 - za jak dlouho se uzel dostane k vysílání
 - od okamžiku, kdy o to projeví zájem
 - zde je jednoznačně výhodnější 1-persistence
 - uzel to "nevzdává zbytečně"

- příklad: 0-persistence



- uzel, který chce vysílat, ale zjistí že právě probíhá jiné vysílání, se ihned odmlčí na náhodně zvolenou dobu
 - s vysokou pravděpodobností to vzdává zbytečně !!!!
 - pravděpodobnost, že by čekal na konec vysílání společně s jiným uzlem, a pak se dostali do kolize, je relativně nízká!!
 - kdyby vytrval, mohl se dostat ke slovu dříve



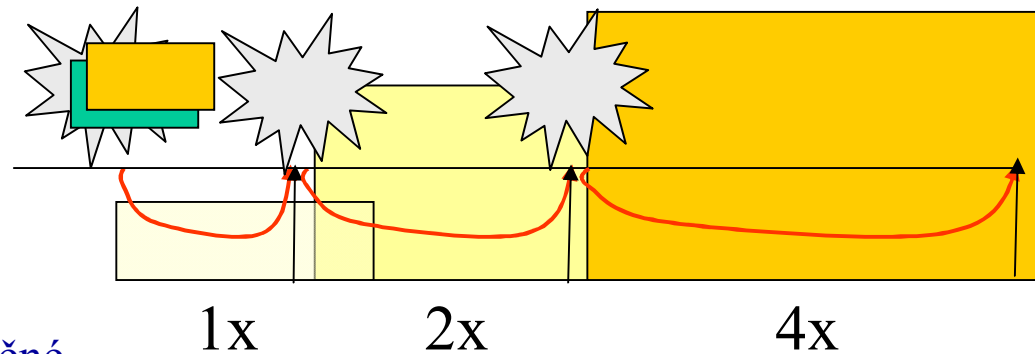
- 1-persistence

- riskuje, že se na konci právě probíhajícího vysílání dostane do kolize s jiným "čekajícím uzlem"
- ale vzhledem k předpokladu nízkého provozu je pravděpodobnost malá – a uzel se dostane ke slovu rychle

připomenutí: řešení kolizí v Ethernetu

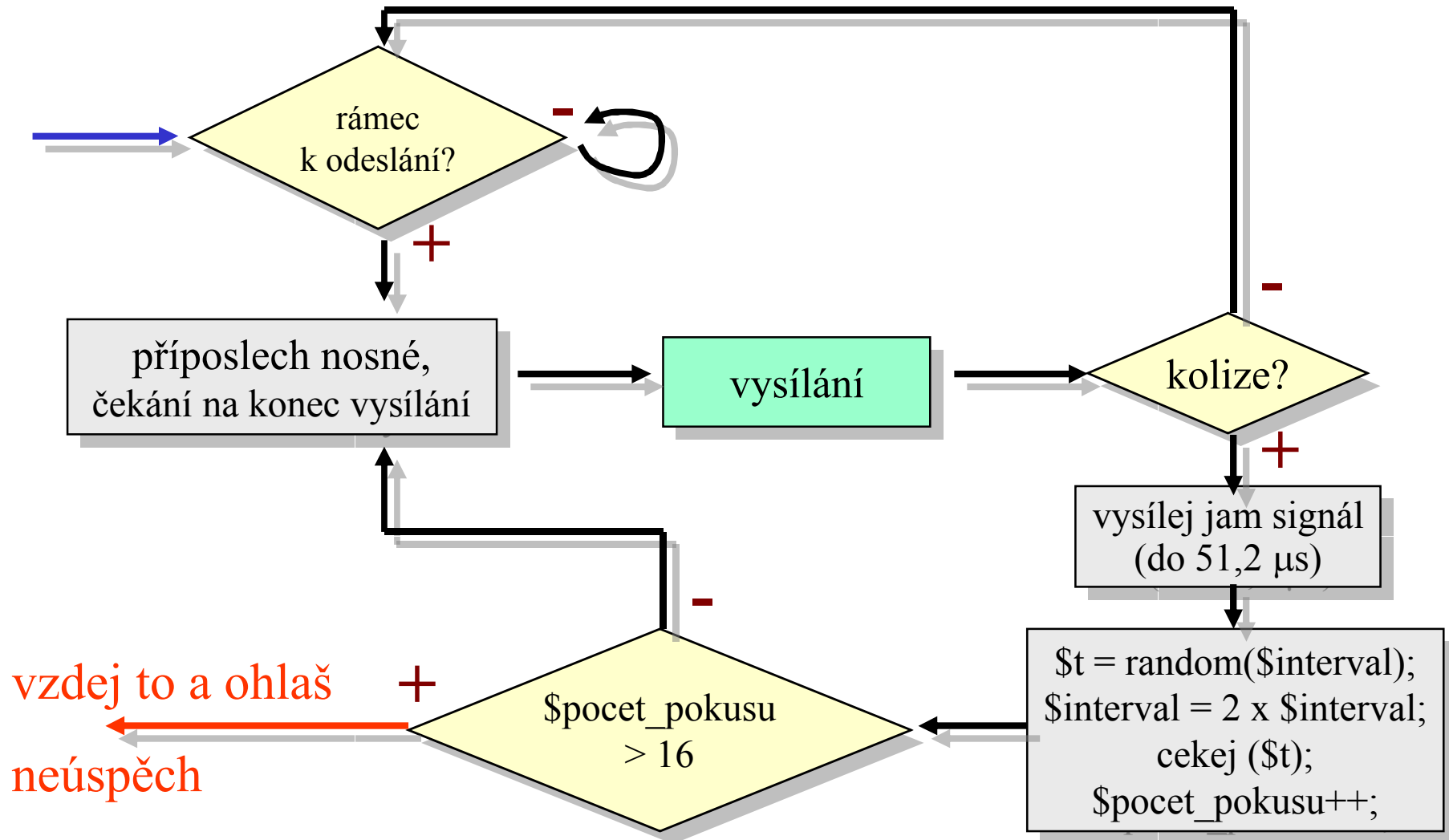
- snaha kolizím předcházet
 - pouze snižuje četnost kolizí, ale nedokáže je eliminovat
- co dělat, když už ke kolizi dojde?
 - pokud by se všechny uzly, zúčastněné v kolizi, zachovaly stejně, pak by zákonitě došlo k další (následné) kolizi
- jak se vyhnout následným kolizím?
 - uzly se mezi sebou nemohou domluvit
 - nemají jak/čím
 - proto musí nastoupit "náhodný prvek"
 - uzel se odmlčí na náhodně zvolenou dobu, a teprve pak se pokouší o vysílání znovu

kvůli tomu jde o neřízenou (nedeterministickou) metodu



- "náhodě je třeba pomoci"
 - pouhé odmlčení na náhodnou dobu nemusí stačit
 - následným kolizím stále nezabraňuje
 - používá se "zesílení náhody"
 - zvětšuje se interval, ze kterého si uzel náhodně volí délku svého odmlčení
 - při každé následné kolizi se tento interval zdvojnásobí
 - při úspěšném odvysílání se zase vrátí na původní hodnotu
 - v Ethernetu: opakuje se 16x, pak to uzel vzdá
 - tzv. **binary backoff**

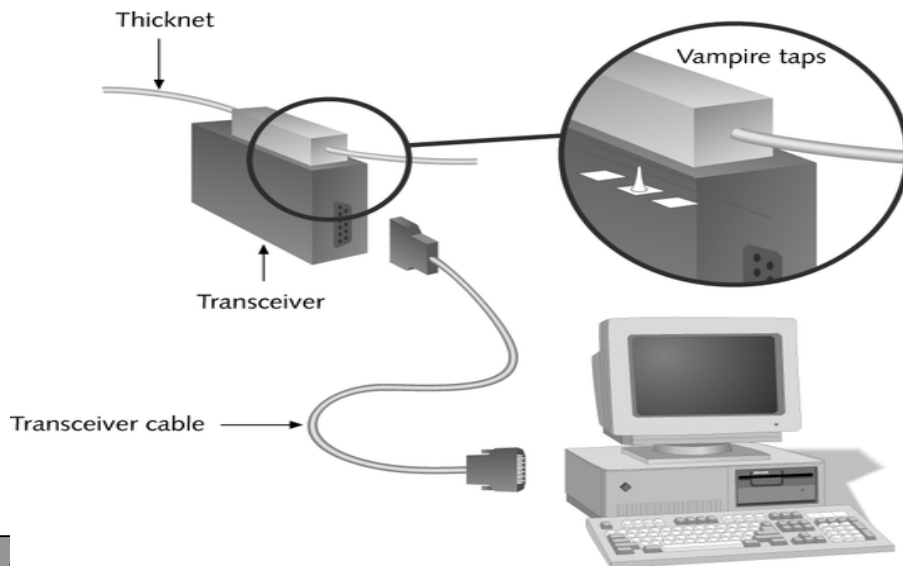
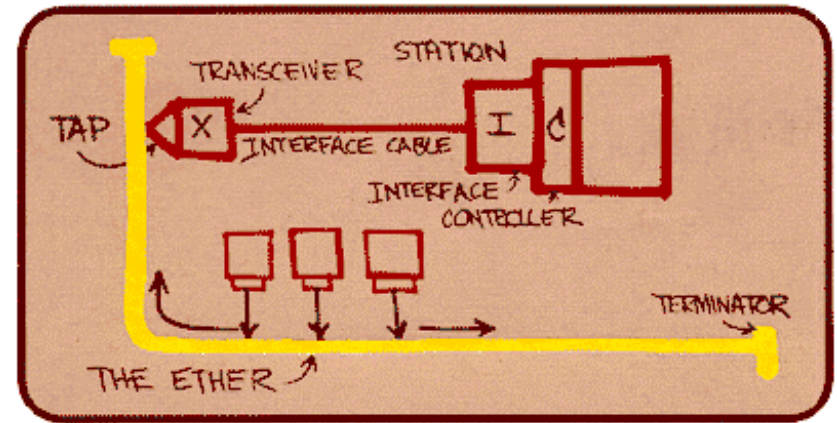
stavový diagram přístupové metody CSMA/CD v Ethernetu



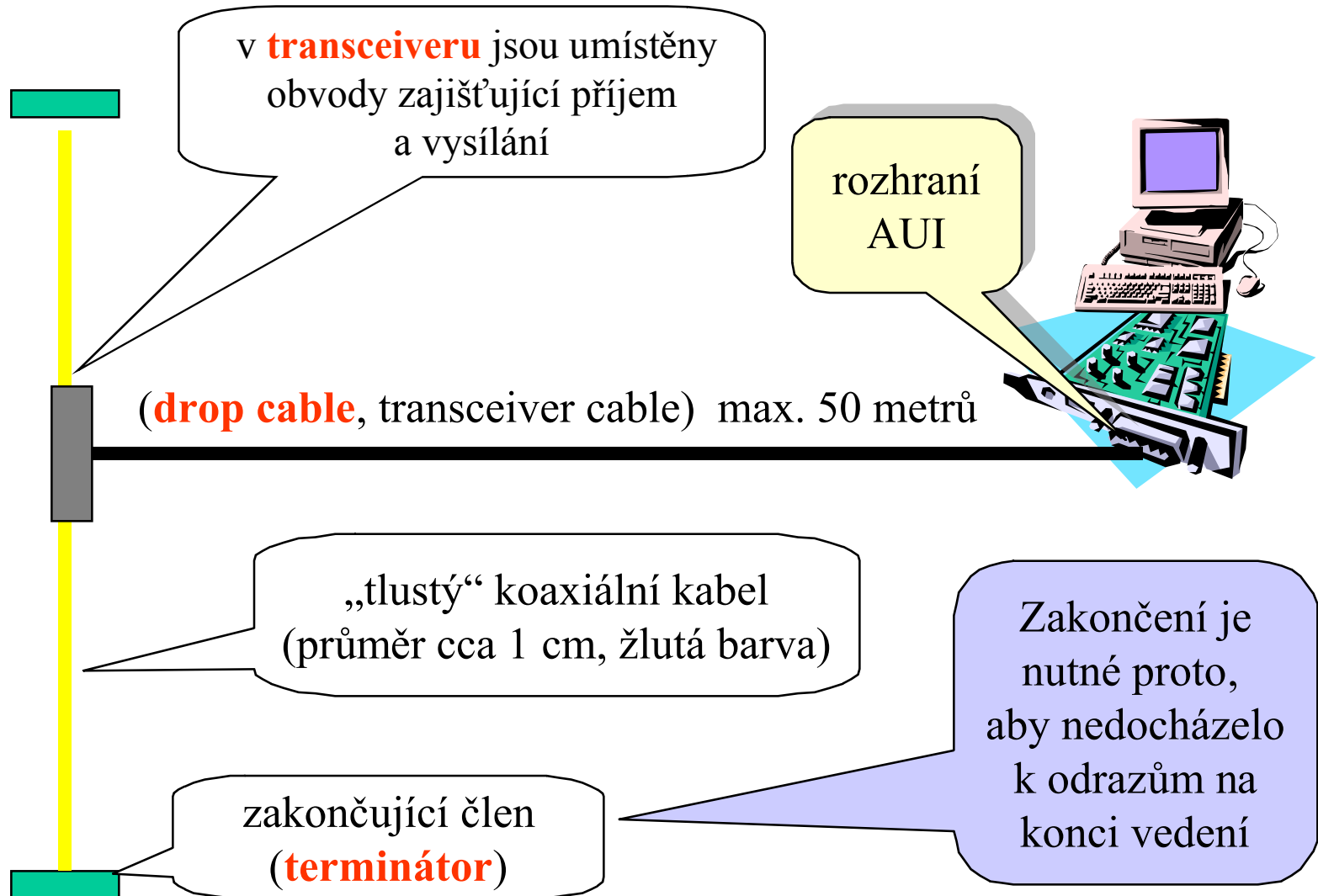
- metoda CSMA/CD počítá se sběrníkovou topologií sítě - po logické stránce
 - ve smyslu: vysílání je všesměrové, co jeden uzel vysílá, to „slyší“ všichni ostatní
 - tento předpoklad vycházel z původního charakteru kabeláže
 - koaxiálního kabelu
- logicky sběrníková topologie dává Ethernetu sdílený charakter
 - všechny uzly (v rámci stejné kolizní domény) se dělí o jednu společnou přenosovou kapacitu
 - danou přenosovou rychlostí 10 Mbps
 - sdílený charakter (i kolizní doména) „končí“ na nejbližším mostu, přepínači nebo směrovači
- sdílený charakter Ethernetu se dnes mění
 - nikoli přechodem na „ne-sběrníkovou kabeláž“
 - ale používáním Ethernetových switchů místo opakovačů
 - viz předchozí přednáška
- další vývoj:
 - Ethernet se začal používat i s kabeláží, která již není (fyzicky) sběrníková
 - např. kroucená dvoulinka, optická vlákna
 - Ethernet se tuto „fyzicky ne-sběrníkovou“ kabeláž snažil stále používat jako „logicky sběrníkovou“
 - stále používá metodu CSMA/CD
 - změna přichází až s přepínaným Ethernetem
 - switched Ethernet
 - nejnovější varianty Ethernetu
 - již opouští metodu CSMA/CD

Thick Wire (10 Base 5), 1980/1983

- Nejstarší verze Ethernetu počítala s tzv. tlustým (žlutým) koaxiálním kabelem
 - o průměru cca 1 cm
 - z něj se dělaly odbočky k jednotlivým uzlům, pomocí tzv. drop kabelů
 - koaxiální kabel se buď rozpojil a znovu spojil přes tzv. transceiver, nebo byl „nabodnut“ zvláštním nožovým konektorem (tzv. vampire tap)



představa transceiveru



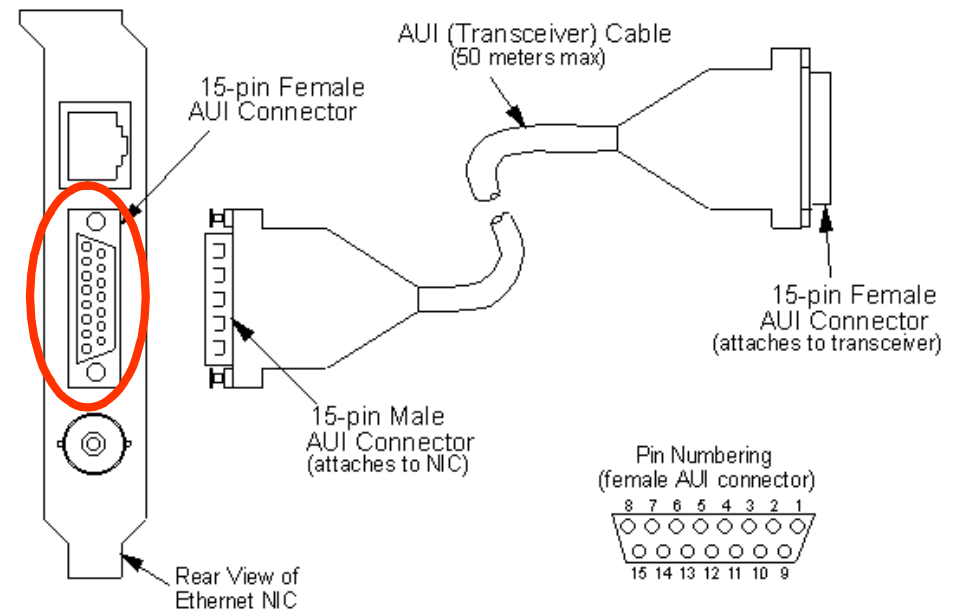
rozhraní AUI

- AUI = Attachment Unit Interface
- je rozhraním mezi transceiverem a ostatními obvody síťového adaptéru
 - jde o rozhraní „na obou koncích drop kabelu“
 - používá 15-pinový konektor (Canon)

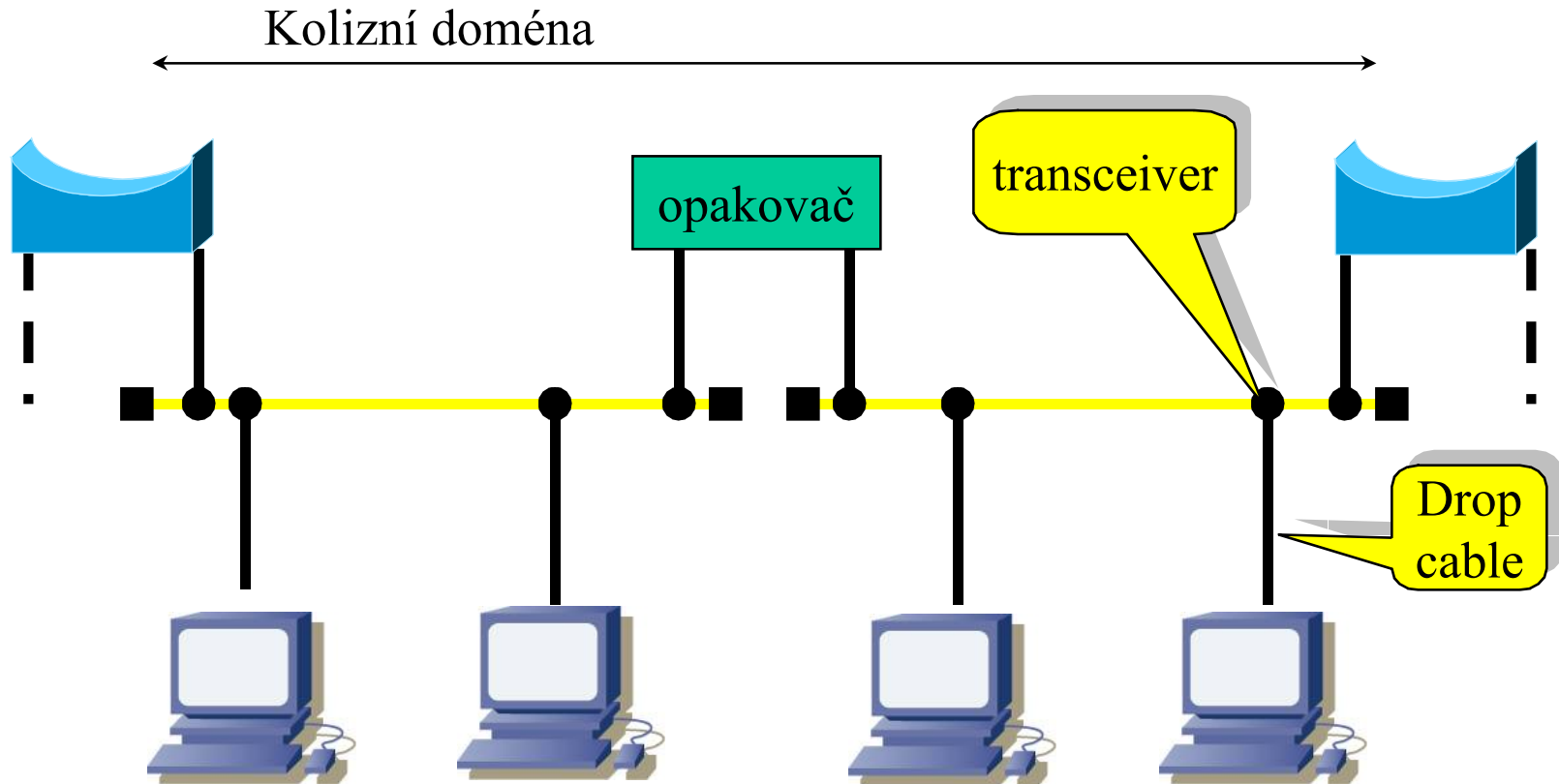


- používá se i dnes
 - jsou jím vybavovány i takové síťové karty, které mají zabudovaný transceiver např. pro tenký koaxiální kabel
 - umožňuje to připojit ke kartě i jiné druhy transceiverů, např. pro optická vlákna

AUI Cable and Connectors

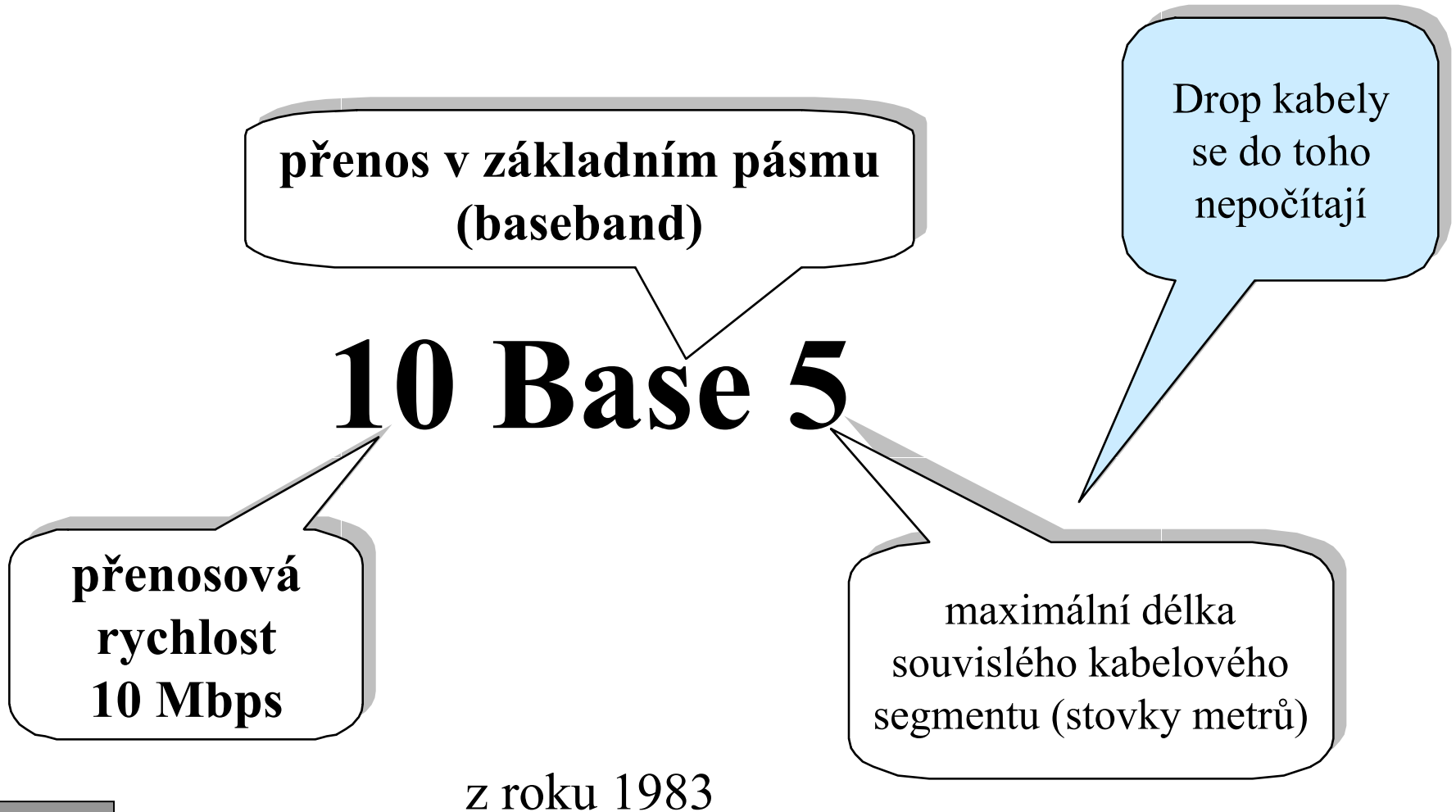


představa topologie



proč 10 Base 5?

- jde o označení standardu:

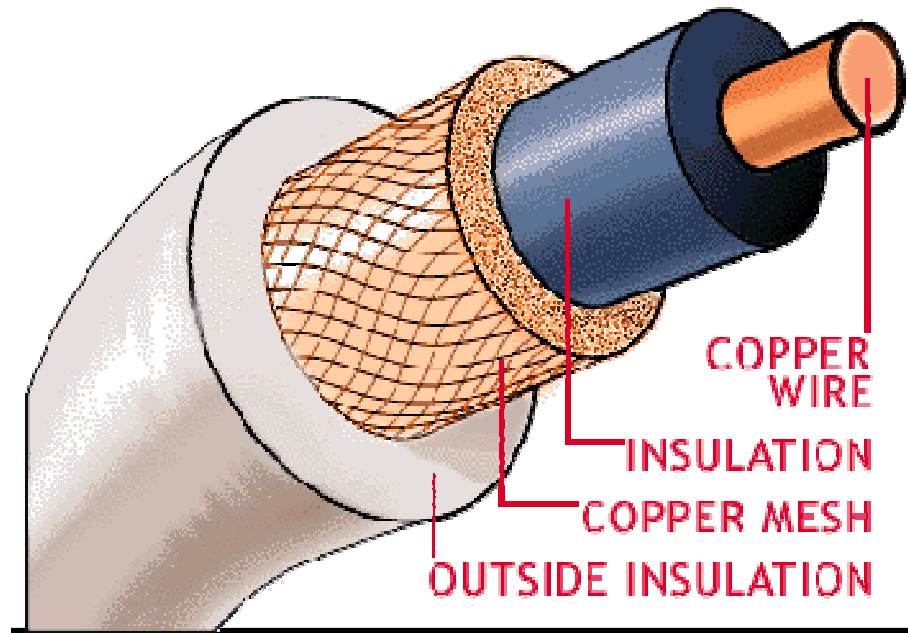
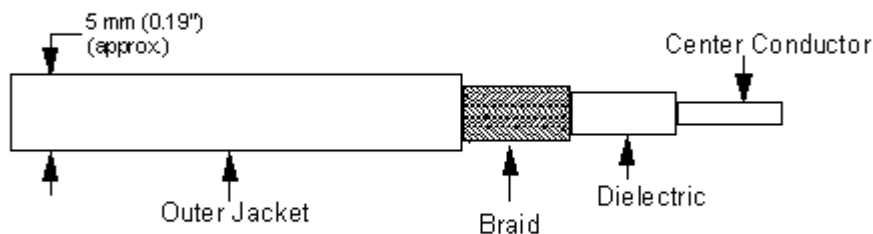


varianta 10 Broad 36 (1985)

- původně vzniklo i řešení, umožňující používat koaxiální kabely používané v televizních rozvodech
 - přenos probíhal v přeneseném pásmu
 - jako modulovaný
 - dosah jednotlivých kabelových segmentů mohl být větší, až 3,6 km
- standard 10Broad36
 - 10 Mbps, přeložené pásmo, segment max. 3600 metrů
- dnes se již nepoužívá
 - byly určité pokusy o jeho oživení pro potřeby kabelových operátorů
 - ale u kabelových operátorů zvítězil standard DOCSIS
 - pro přenos dat
 - v nových kabelových sítích se používá spíše tzv. metropolitní Ethernet
 - Metro Ethernet

tlustý vs. tenký koaxiální kabel

- tlustý koaxiální kabel byl drahý, málo ohebný, špatně se instaloval
 - topologie rozvodů na bázi tlustého koaxiálního kabelu byla vcelku vhodná pro páteřní sítě, ale méně již pro připojování
 - místo tlustého koaxiálního kabelu se přešlo na tenký koaxiální kabel (průměru cca 0,5 cm), v provedení:
 - s jednoduchým opletením
 - s dvojitým opletením
- tenký koaxiální kabel je lacinější, ohebnější, ...
- možnost jeho využití si vyžádala úpravu standardu, resp. nový standard 10Base2
 - IEEE 802.3a (1985)
 - odlišný hlavně na úrovni fyzické vrstvy
- 10Base2 předpokládá max. délku kabelového segmentu **185 m** (zaokrouhleno 2x100m)



připojování k rozvodům z tenkého koaxiálního kabelu – 10Base2

10Base(2)

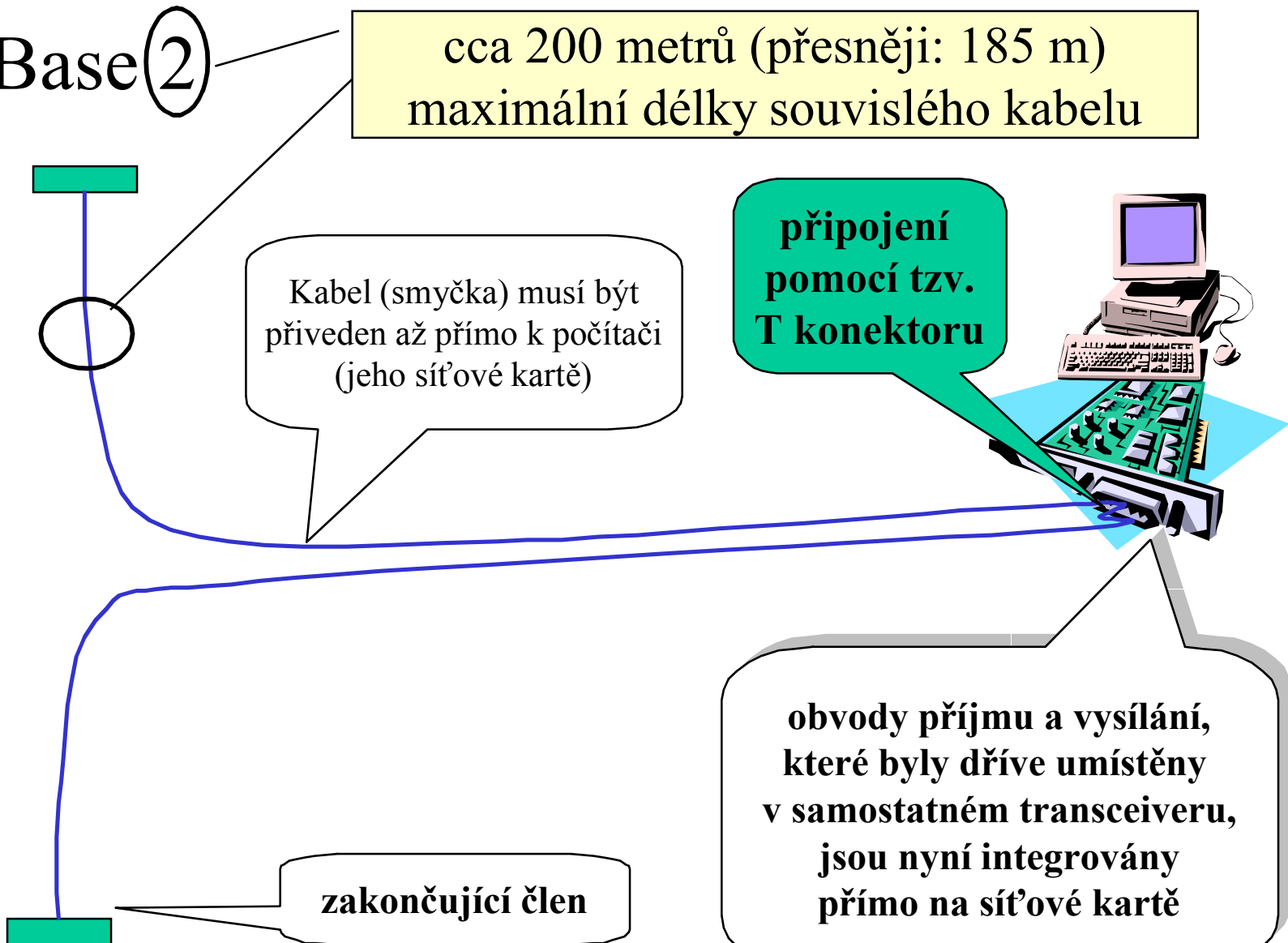
cca 200 metrů (přesněji: 185 m)
maximální délky souvislého kabelu

Kabel (smyčka) musí být
přiveden až přímo k počítači
(jeho síťové kartě)

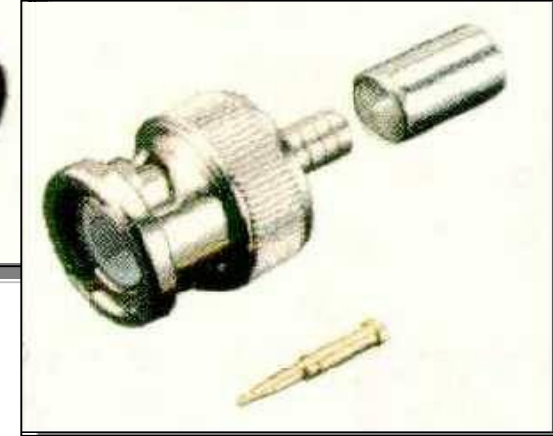
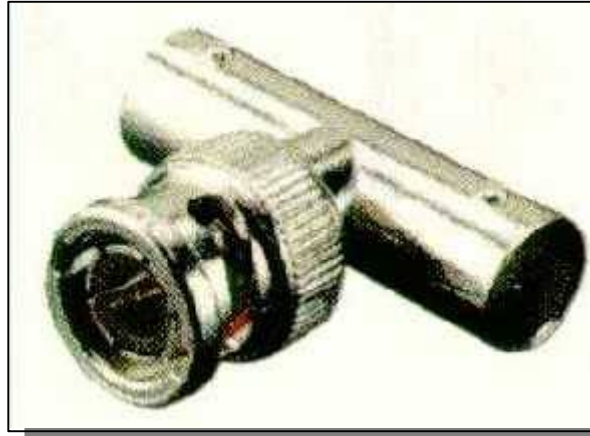
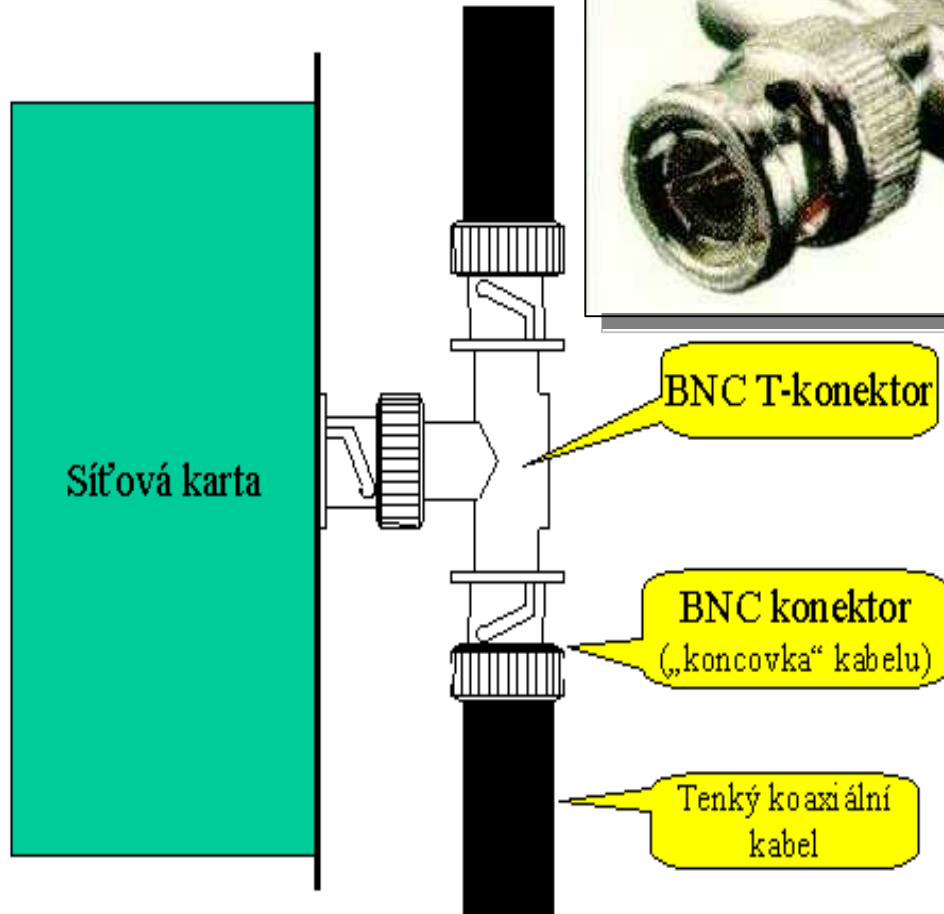
připojení
pomocí tzv.
T konektoru

obvody příjmu a vysílání,
které byly dříve umístěny
v samostatném transceiveru,
jsou nyní integrovány
přímo na síťové kartě

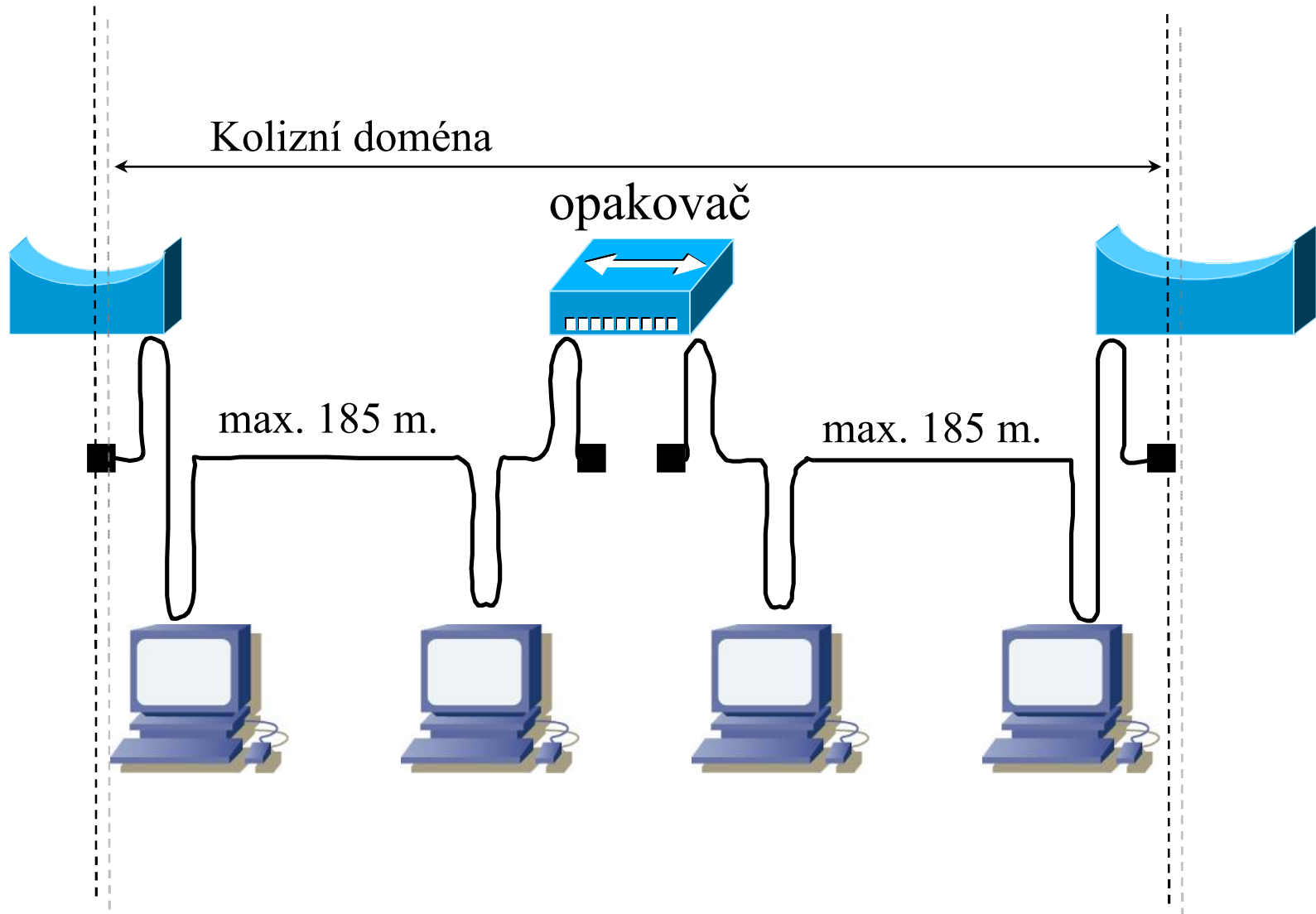
zakończující člen



konektory - 10Base2 (tenký koaxiální kabel)

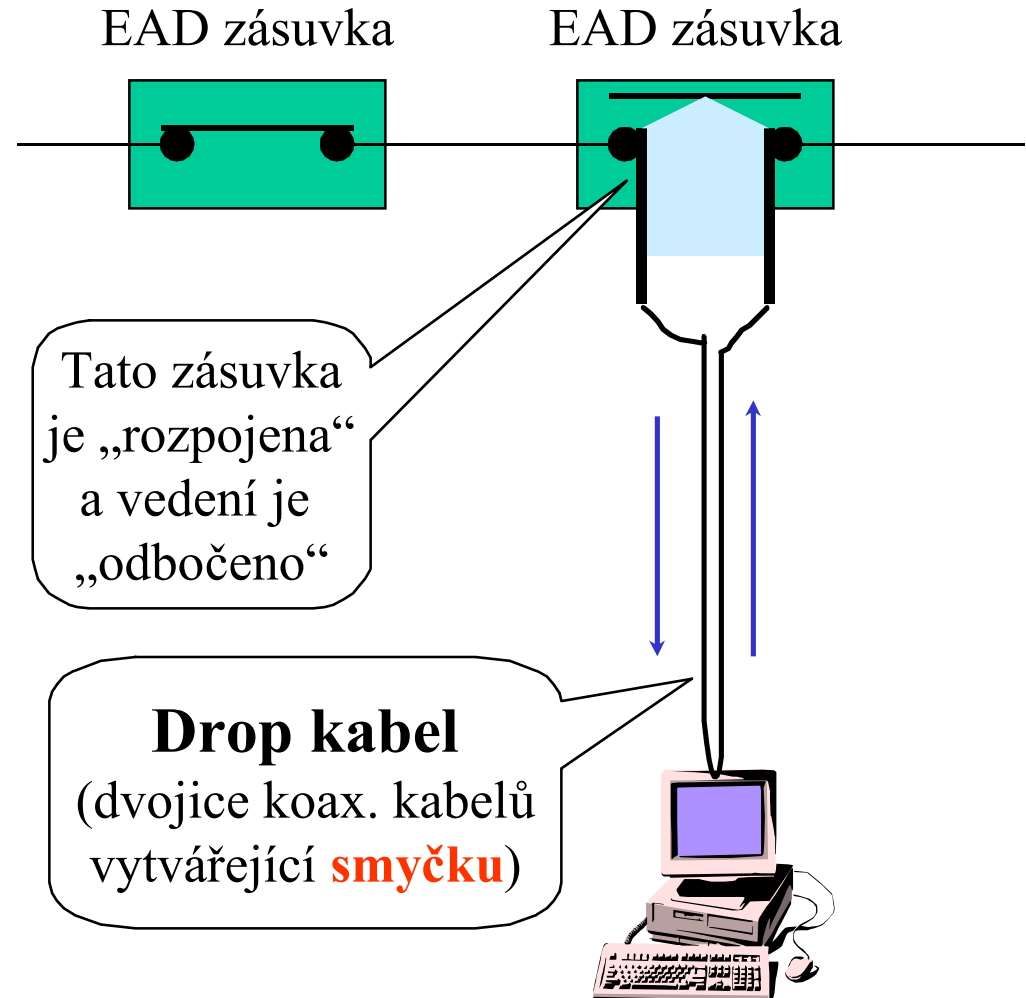


představa topologie (10Base2)



system EAD (Ethernet Attachment Device)

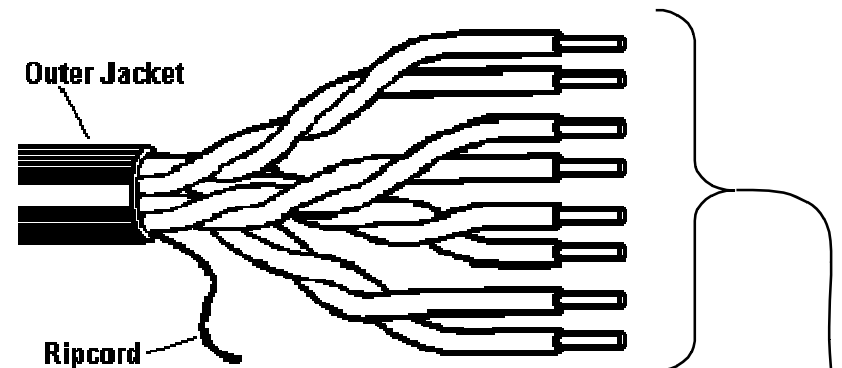
- je konkrétní variantou (provedením) rozvodů na tenkém koaxiálním kabelu
- umožňuje budovat „strukturované“ rozvody
 - takové, ke kterým se lze dynamicky připojovat/odpojovat



další vývoj Ethernetu

- byla snaha využít již existující rozvody „telefonního typu“
 - mnoho budov v USA bylo „překabelováno“
 - byly zde instalovány nevyužité (redundantní) kabely, určené pro telefonní rozvody
- snažila se o to hlavně firma AT&T
 - tehdy ještě monopolní provozovatel telefonní sítě
- nejprve vzniknul standard 1Base5
 - IEEE 802.3e (1987)
 - umožňující dosáhnout až na 500 metrů
 - ale jen s rychlostí 1 Mbps!!!

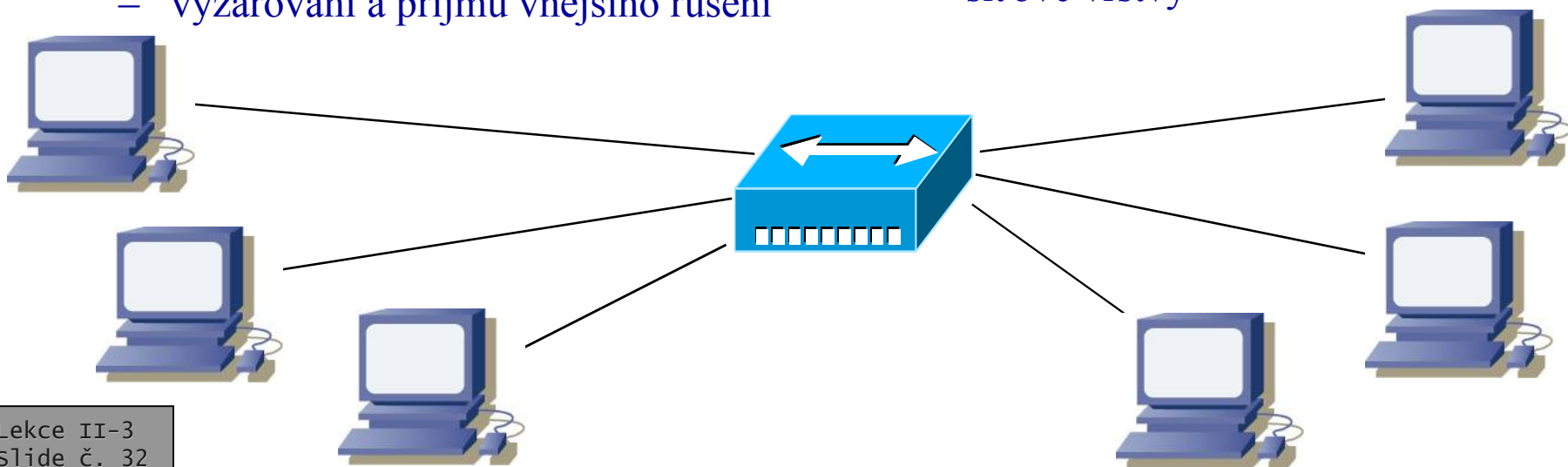
UTP Cable (4-pair)



- další zdokonalování šlo cestou zrychlení
 - za cenu zmenšení dosahu
- vzniknul standard **10BaseT** "Twisted Pair"
 - IEEE 802.3i (1990)
 - rychlost 10 Mbps
 - dosah kabelu: **100 m**
 - předpokládá použití (nestíněné) kroucené dvoulinky
 - UTP, Unshielded Twisted Pair

kroucená dvoulinka a Ethernet

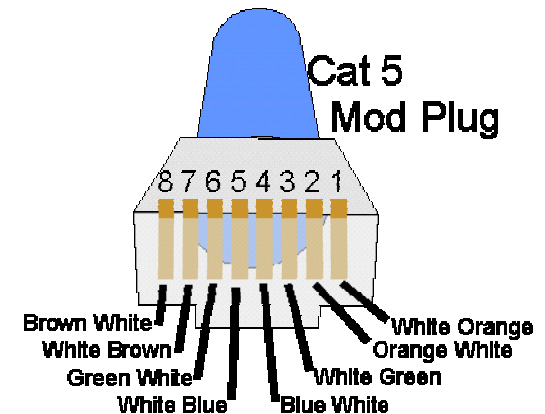
- standard 10BaseT předpokládá:
 - tzv. kroucenou dvoulinkou (též: twist)
 - na každý uzel jsou zapotřebí 2 páry
 - kvalita je tzv. voice grade („hlasové“)
 - dnes se říká: kategorie 3
- na kroucené dvoulince nelze dělat odbočky !!!!
- kroucená dvoulinka je kroucená kvůli zmenšení "efektu antény"
 - vyzařování a příjmu vnějšího rušení
- rozvětvení (rozbočení) je nutné dělat elektronickou cestou
 - kvůli tomu se používají rozbočovače (hub-y)
- rozbočení (rozvětvení) může logicky fungovat na úrovni:
 - fyzické vrstvy
 - pak se hub chová jako opakovač
 - linkové vrstvy
 - pak se hub chová jako most, ev. switch
 - síťové vrstvy



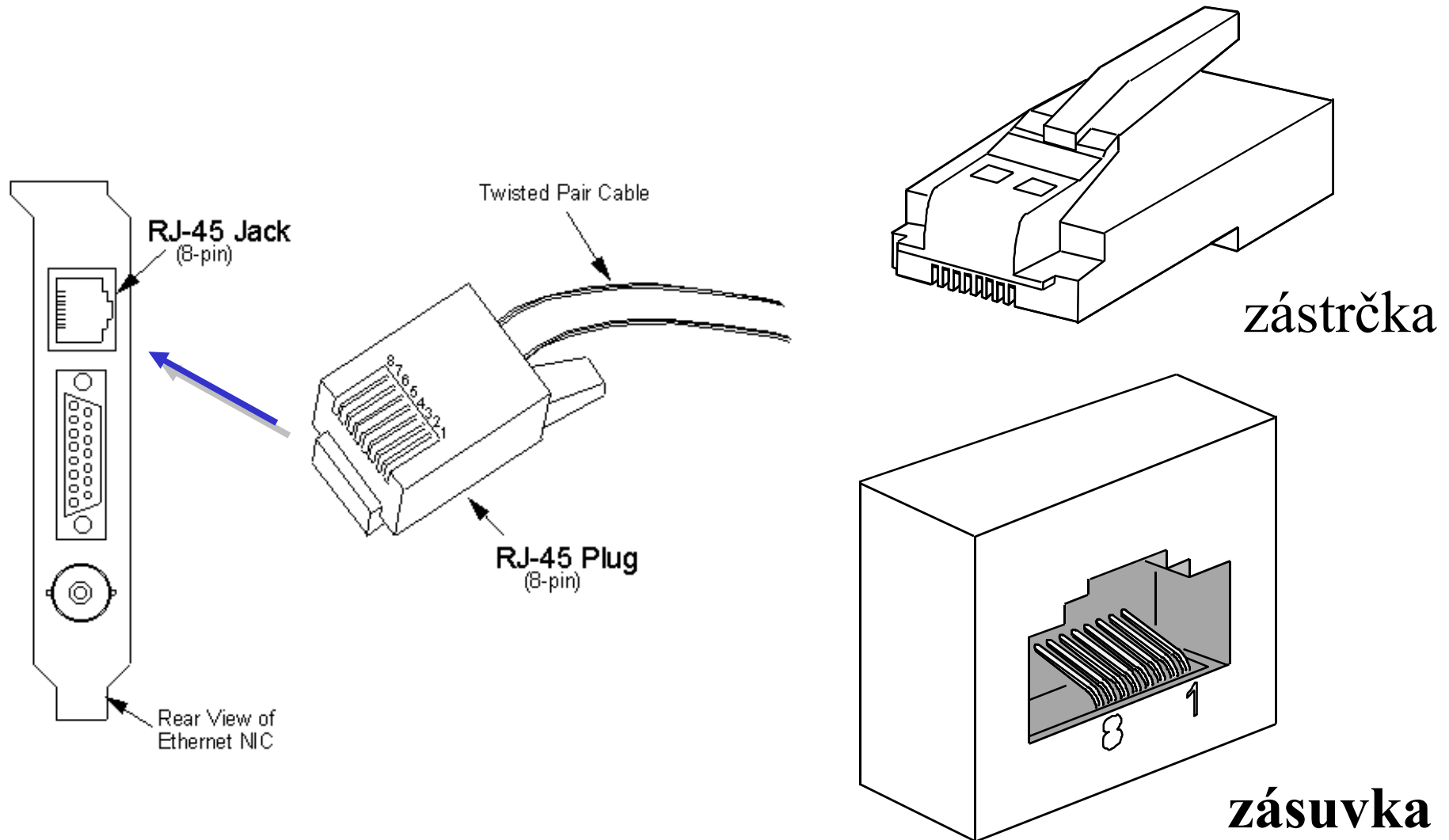
konektory 10BaseT (twist)

- pro připojení každého uzlu jsou nutné 2 páry zkroucených vodičů
 - jeden pro vysílání dat, druhý pro příjem
 - páry vodičů jsou buzeny symetricky
 - oba mají „stejné postavení“, žádný není uzemněn, užitečný signál je vyjádřen rozdílem potenciálů obou vodičů
- kolize je vyjádřena tím, že se na obou párech přenáší data současně!!
- kabely z kroucené dvoulinky jsou zakončovány konektory řady RJ-45
 - jsou 8-pólové
 - využity jsou jen 4 piny
 - pin č. 1: TransmitData+
 - pin č. 2: TD-
 - pin č. 3: Receive Data+
 - pin č. 6: RD-
 - ostatní: nevyužité

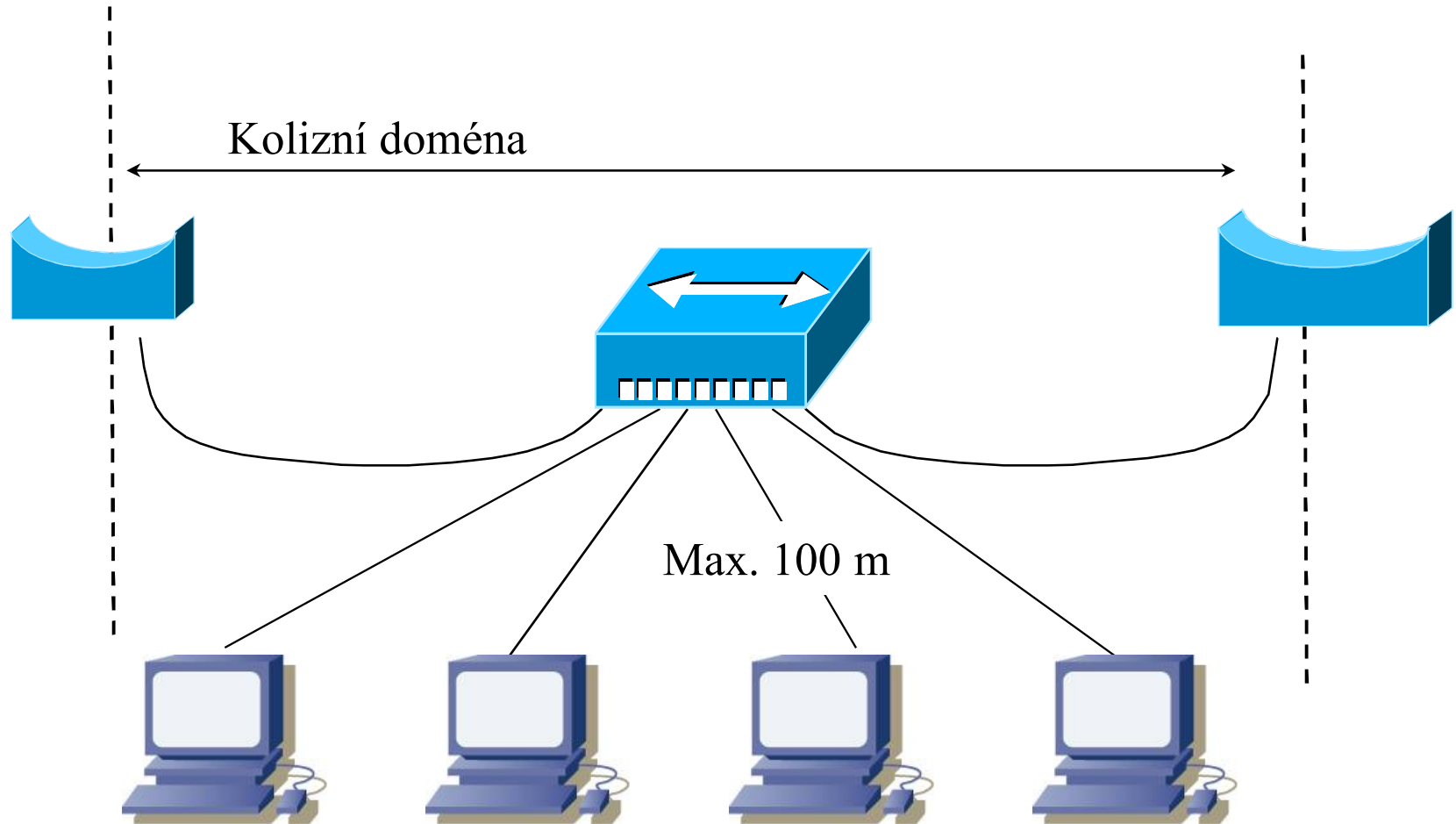
není to symetrické!!
(zde z pohledu
koncového uzlu)



konektory 10BaseT (twist)



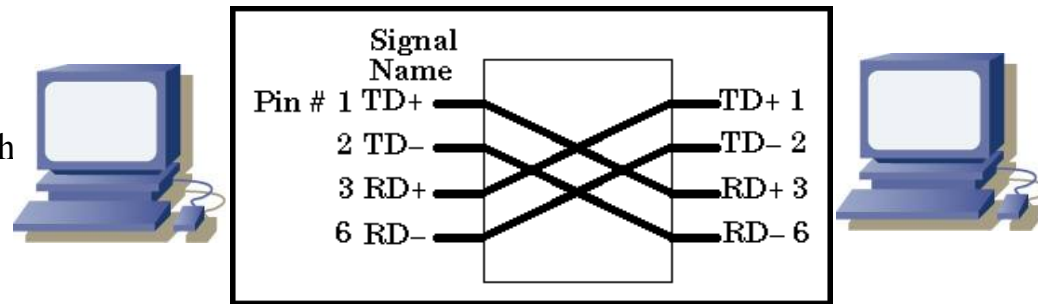
představa topologie (10BaseT)



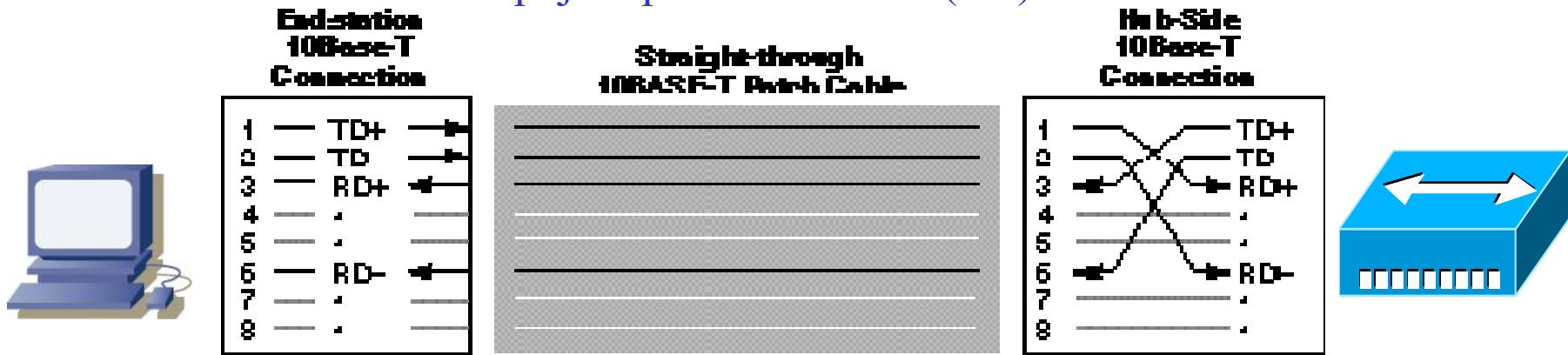
patch kabely 10BaseT

- pro propojení hub-uzel je třeba tzv. patch kabel
 - zapojený jako kabel 1:1
 - jsou vzájemně propojeny piny stejných čísel
- v singulárních případech lze přímo propojit i dva koncové uzly mezi sebou
- tj. bez použití hub-u
 - je na to potřeba tzv. cross-over kabel

zapojení cross-over kabelu



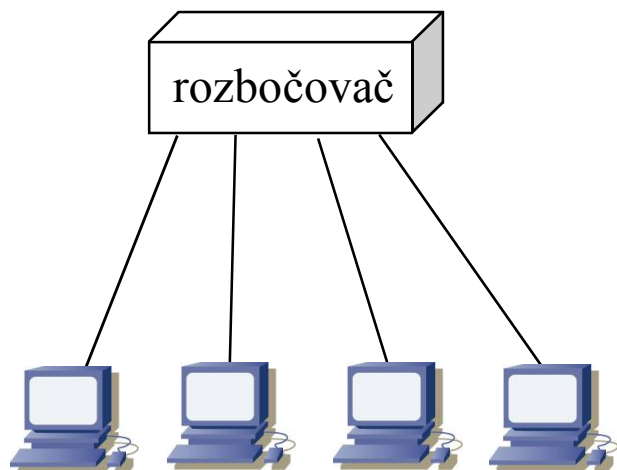
zapojení přímého kabelu (1:1)



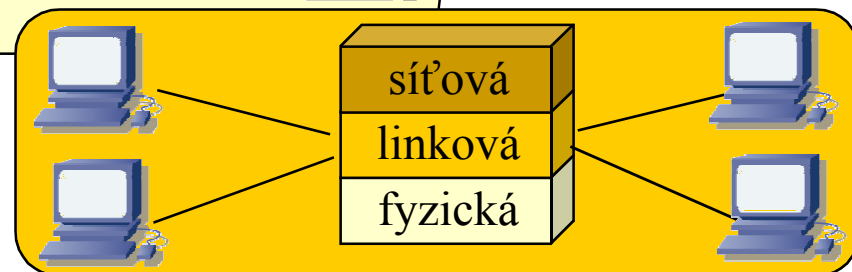
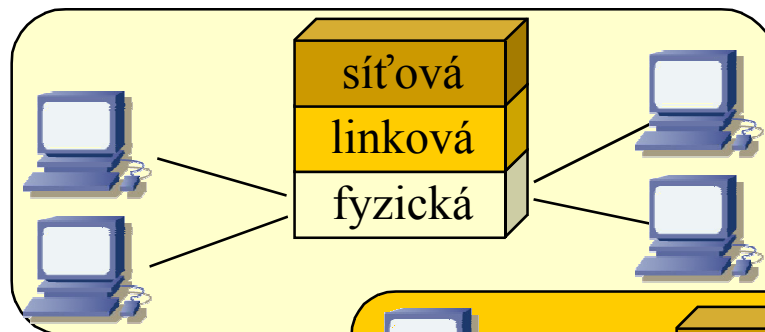
- Pins 4, 5, 7, and 8 are Unused in 10BASE T

souvislost s topologií

- standard 10BaseT předpokládá topologii, která již není (fyzicky) sběrnícovitá
 - ale je hvězdicovitá, resp. stromovitá
 - jednotlivé uzly se již nemusí o své přípojky dělit s ostatními (nemusí je sdílet)
 - 10BaseT již nemá (fyzicky) sdílený charakter

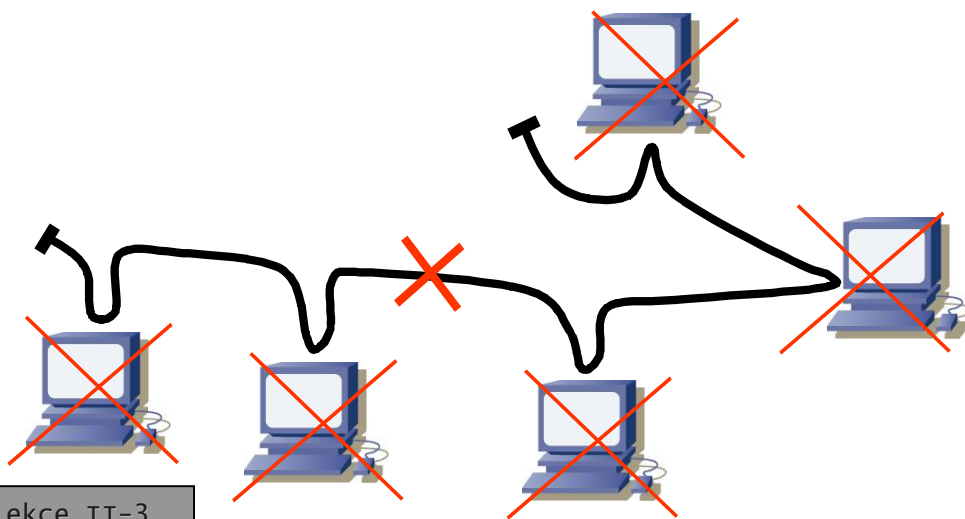


- fyzicky hvězdicovitou topologií ale standard 10BaseT používá jako logicky sběrnícovou
 - tehdy, když se hub chová jako opakovač!!!
 - způsobem fungování standardu 10BaseT se zachovává sdílený charakter
 - mění se až s použitím přepínačů a přepínaného (switched) Ethernetu

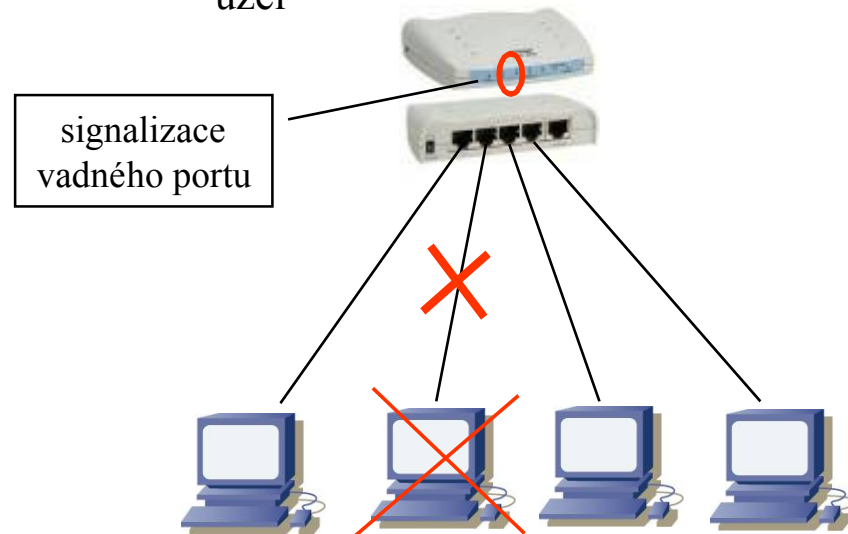


výhody stromovité topologie

- u koaxiálního kabelu:
 - když došlo k nějaké závadě na kabelovém segmentu (uvolnění konektoru apod.), vyřadilo to z provozu všechny uzly připojené k danému segmentu
 - detekovat závadu šlo s přesností na celý segment
 - jinak to vyžadovalo speciální přístroje

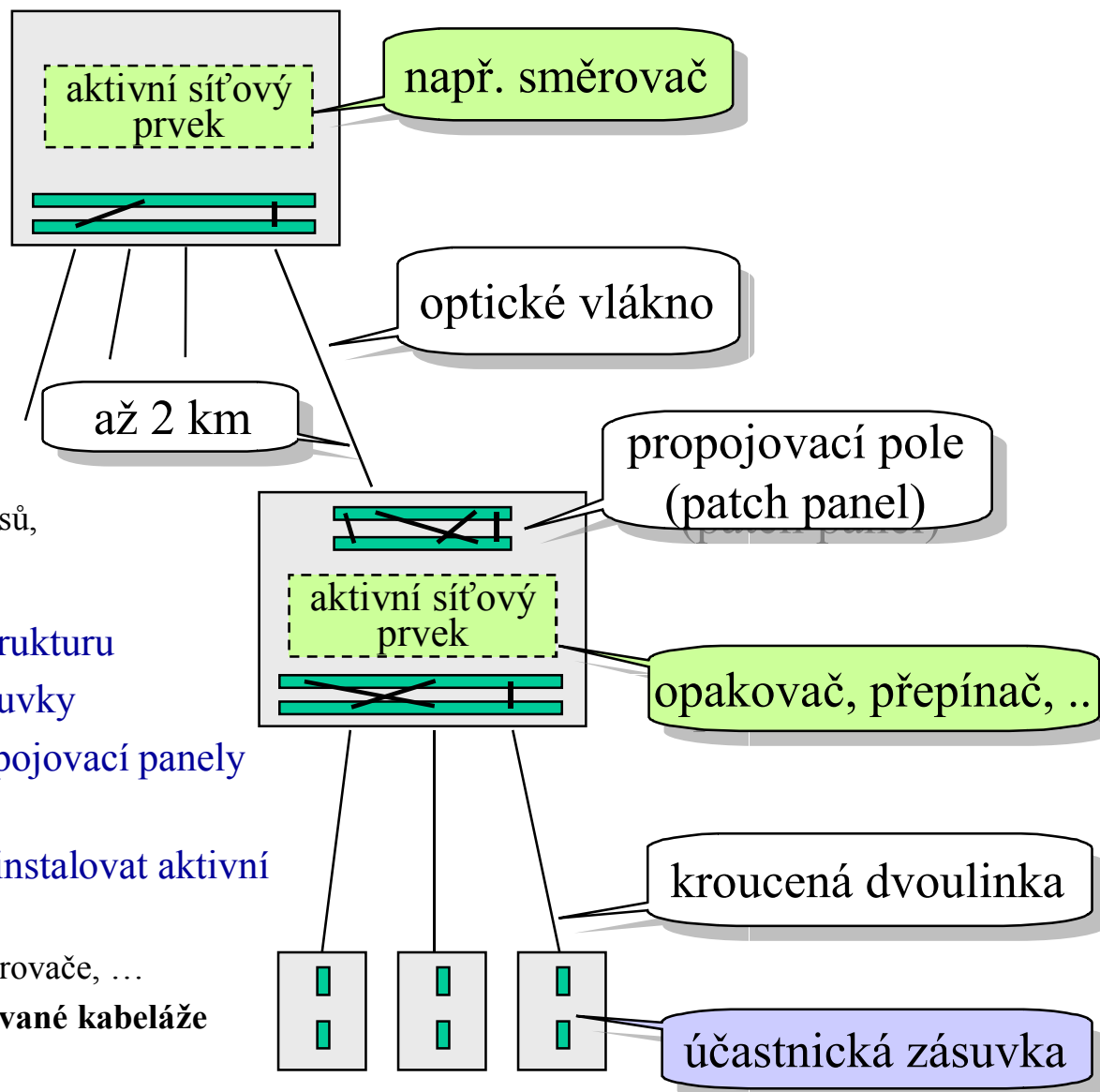


- u kroucené dvoulinky:
 - segmenty jsou „jednouzlové“
 - připojují vždy jen jeden uzel
 - závada na jednom segmentu ovlivní připojení jen jednoho uzlu, nikoli „všech“ uzlů
 - detekovat závadu lze opět s přesností na celý segment
 - což zde znamená na konkrétní uzel



strukturovaná kabeláž

- stromovitá topologie 10BaseT dobře vyhovuje potřebám tzv. strukturované kabeláže
 - structured cabling
- princip:
 - jde o systematické a univerzální "prokabelování" všech existujících lokalit v daném objektu
 - pro potřeby datových přenosů, telefonních rozvodů, zabezpečení, ...
 - rozvody mají stromovitou strukturu
 - v listech jsou účastnické zásuvky
 - ve vnitřních uzlech jsou propojovací panely
 - patch panely
 - do vnitřních uzlů se mohou instalovat aktivní prvky
 - opakovače, přepínače, směrovače, ...
 - **nejsou součástí strukturované kabeláže**



optická vlákna

- místo metalických kabelů lze v Ethernetových sítích používat i optická vlákna
- původně:
 - pouze pro vzájemné propojování opakovačů
- FOIRL (FiberOptic Inter Repeater Link)
 - předpokládá použití mnohovidového optického vlákna
 - umožnil propojit dva (polo)opakovače až na vzdálenost 1 km
 - standard FOIRL se později začal používat i pro připojování koncových uzlů, ač k tomuto účelu nebyl definován
- úpravou FOIRL vznikl standard 10Base-F
 - dosah až 2 km
- 10Base-F má tři složky:
 - 10Base-FL
 - nahrazuje původní FOIRL
 - lze použít pro propojení opakovač-opakovač, opakovač-počítač, i počítač-počítač
 - dosah 2 km
 - 10Base-FB
 - synchronní varianta, pro páteřní spoje, umožňuje překročit limit počtu opakovačů
 - 10Base-FP
 - „pasivní“ varianta, vystačí s pasivními rozbočovači
- výhody optických rozvodů:
 - větší dosah
 - elektromagnetická „necitlivost“
 - jsou imunní vůči elmag. polím, lze je použít i v prostředí se silným rušením
 - snadný upgrade na vyšší rychlosti
 - na 10 Mbps není potenciál optických vláken ani zdaleka vyčerpán

připojování k optickým rozvodům

