

Ethernet

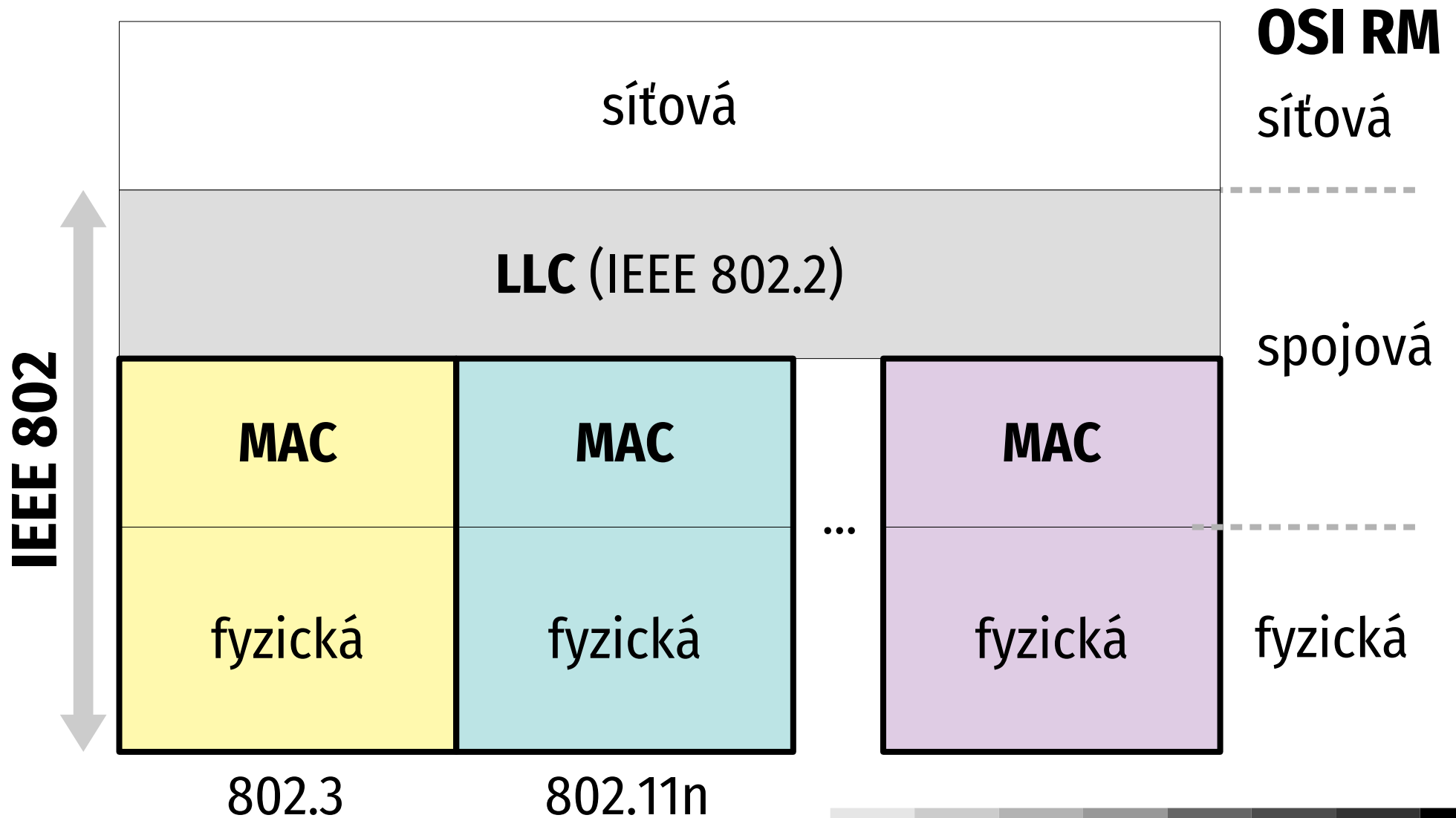
Vznik Ethernetu

- 1980 – DIX konsorcium (Digital, Intel, Xerox)
- určen pro kancelářské aplikace
- sběrníková topologie na koaxiálním kabelu, přístup k médiu řízen metodou CSMA/CD
- přenosová rychlost 10 Mb/s
- později IEEE 802.3 – nekompatibilní standard
- Ethernet v2 – některé prvky přizpůsobeny IEEE 802.3 (ale stále nekompatibilní)

Skupina IEEE 802

- **Institute of Electrical and Electronics Engineers**
- skupina 802 – standardy pro lokální sítě
 - 802.3 CSMA/CD (Ethernet)
 - 802.11 bezdrátové sítě
- podvrstvy
 - **Logical Link Control (LLC)** – sjednocuje, IEEE 802.2
 - **Media Access Control (MAC)** – konkrétní technologie
- <http://standards.ieee.org/getieee802/>

Podvrstvy LLC a MAC



Formát rámce



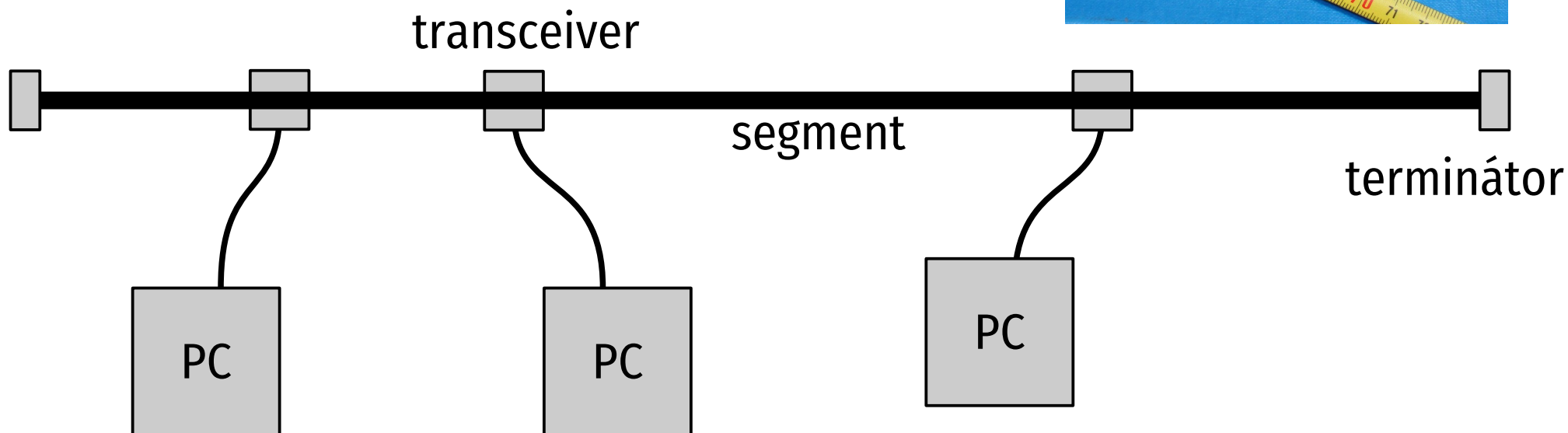
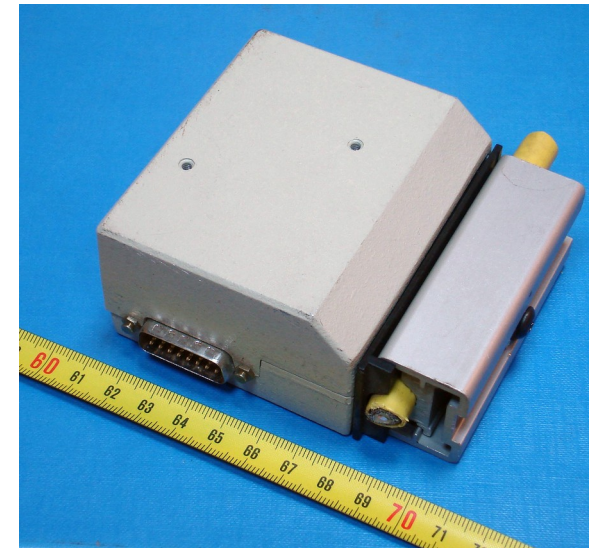
- **preamble:** 101010 ... 101011
- **cíl, odesílatel:** MAC adresy příjemce a odesílatele
- **délka:** délka nesených dat (IEEE 802.3)
typ: druh přepravovaných dat (Ethernet v2)
- **data:** nesená informace, případně doplněná vatou
- **CRC:** kontrolní součet

MAC adresy

- 48 bitů (6 bajtů)
- zapisovány jako 6 dvojic šestnáctkových číslic:
00-02-c3-67-a8-3f
- **celosvětově jednoznačné:**
 - první polovinu přiděluje výrobci centrální autorita
 - druhou polovinu přiděluje výrobce a ručí za její jednoznačnost

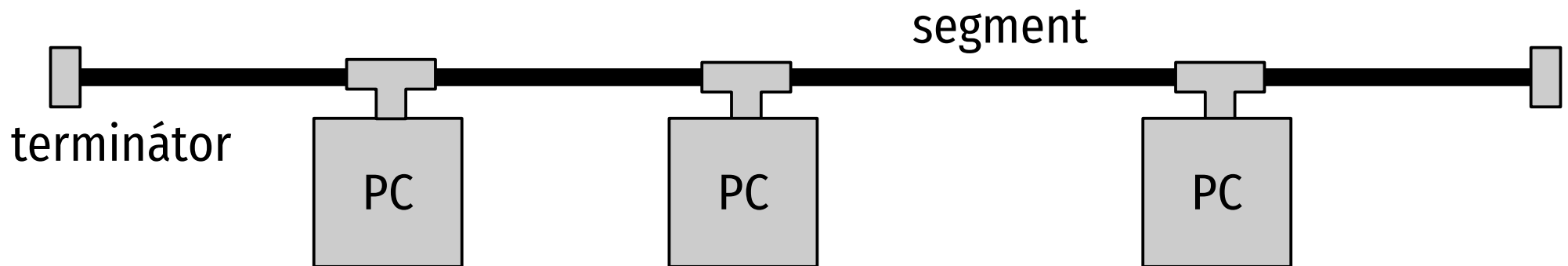
Historie: Koaxiální kabel (1)

- **tlustý kabel:** vampýří připojení bez přerušování, transceiver na segmentu, počítač připojen AUI kabelem (až 50 m)



Historie: Koaxiální kabel (2)

- **tenký kabel (cheapernet):** BNC konektory, segment přiveden k počítači, levné, pružné, choulivé



Algoritmus CSMA/CD (1)

- **Carrier Sense with Multiple Access and Collision Detection**
- popisuje chování vysílajícího při odesílání rámce:
 - chvíli naslouchá
 - je-li volno, začne vysílat (jinak čeká na uvolnění)
 - při vysílání zároveň naslouchá – hlídá kolizi
 - **kolize:** vysílá několik stanic najednou, data znehodnocena

Algoritmus CSMA/CD (2)

- při zjištění kolize:
 - vyšle „jam“ signál (indikace kolize pro ostatní)
 - počká **náhodnou** dobu t_k a opakuje pokus
 - max. 16 pokusů, pak ohlásí neúspěch
- určení doby t_k při k -tém pokusu: $t_k = n \times t_0$
 - $t_0 = 51,2 \mu\text{s}$ (doba vysílání minimálního rámce 512 b)
 - n je náhodné číslo z intervalu od 0 do 2^k (pro $k < 10$), resp. od 0 do 2^{10} (pro k větší)
 - binary exponential backoff

Kolizní okénko



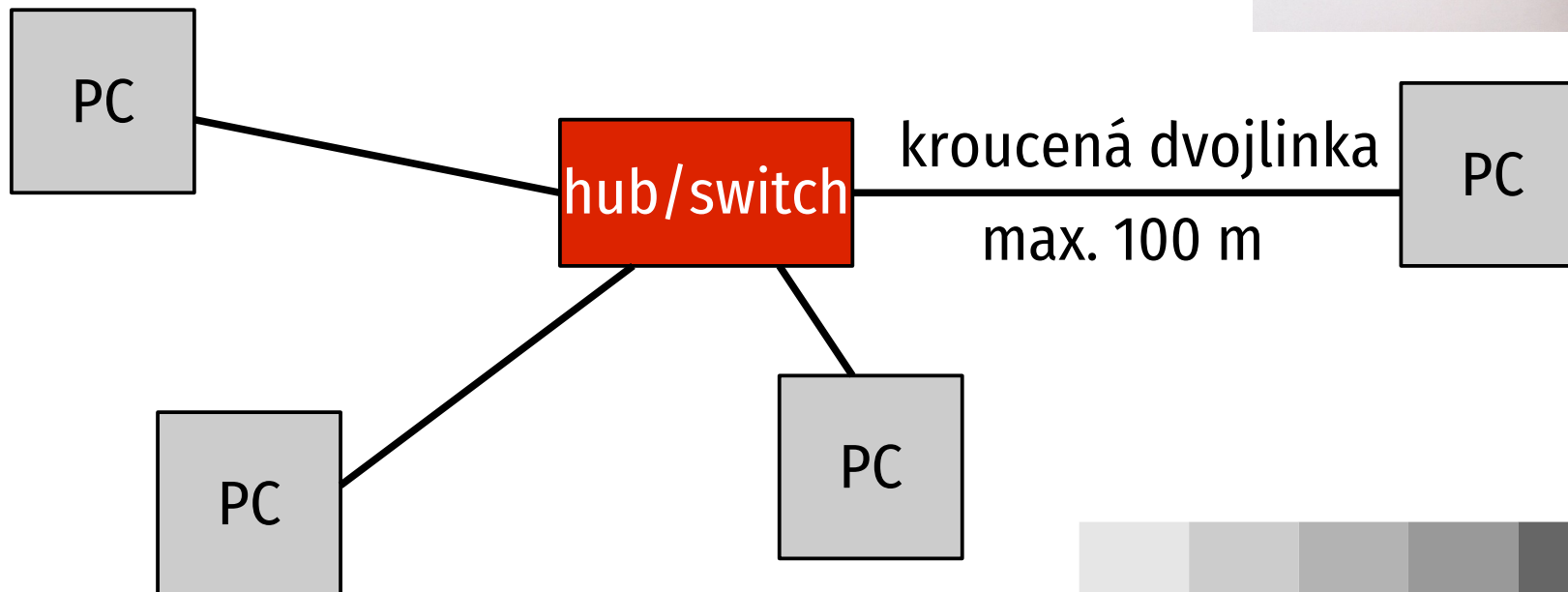
- jakmile signál obsadí médium, kolize nemůže nastat
- **kolizní okénko:** čas od začátku vysílání do obsazení média – jen tehdy může dojít ke kolizi
- **kolizní okénko < doba vysílání nejkratšího rámce**
jinak hrozí neobjevené kolize, komplikuje zvyšování přenosové rychlosti

Důsledky CSMA/CD

- s opakovanými neúspěchy stanice „řadí“ pokusy – větší šance na úspěch
- odvysílání není zaručeno
- každá kolize znamená promarněný čas – data se musí vysílat znovu
- v době největšího zájmu přibývá kolizí a klesá tak efektivita využití média
- využití závisí na velikosti rámců

Ethernet na kroucené dvojlince

- standardní řešení současnosti
- hvězdicová topologie
- uprostřed hub (rozbočovač) nebo switch (přepínač)



Přepínač (switch)

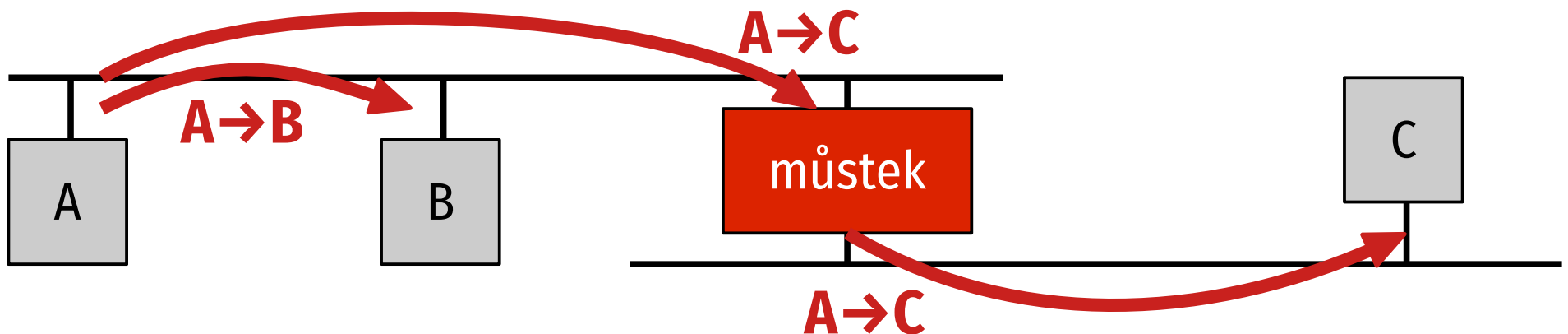


Hub (rozbočovač)

- vznikl s cílem **simulovat sběrnici**
- co přichází z jednoho kabelu rozešle do všech ostatních
- regeneruje signál – jakmile rozpozná 0/1 posílá dál, zpoždění 1 bit
- všechny připojené počítače spolu soutěží o médium algoritmem CSMA/CD
- dnes už historie

Historie: Bridge (můstek)

- eviduje, kam je kdo připojen
- předává jen pakety, které adresát neslyšel
- **store & forward** – uloží do paměti a následně odvysílá → odděluje kolizní domény CSMA/CD



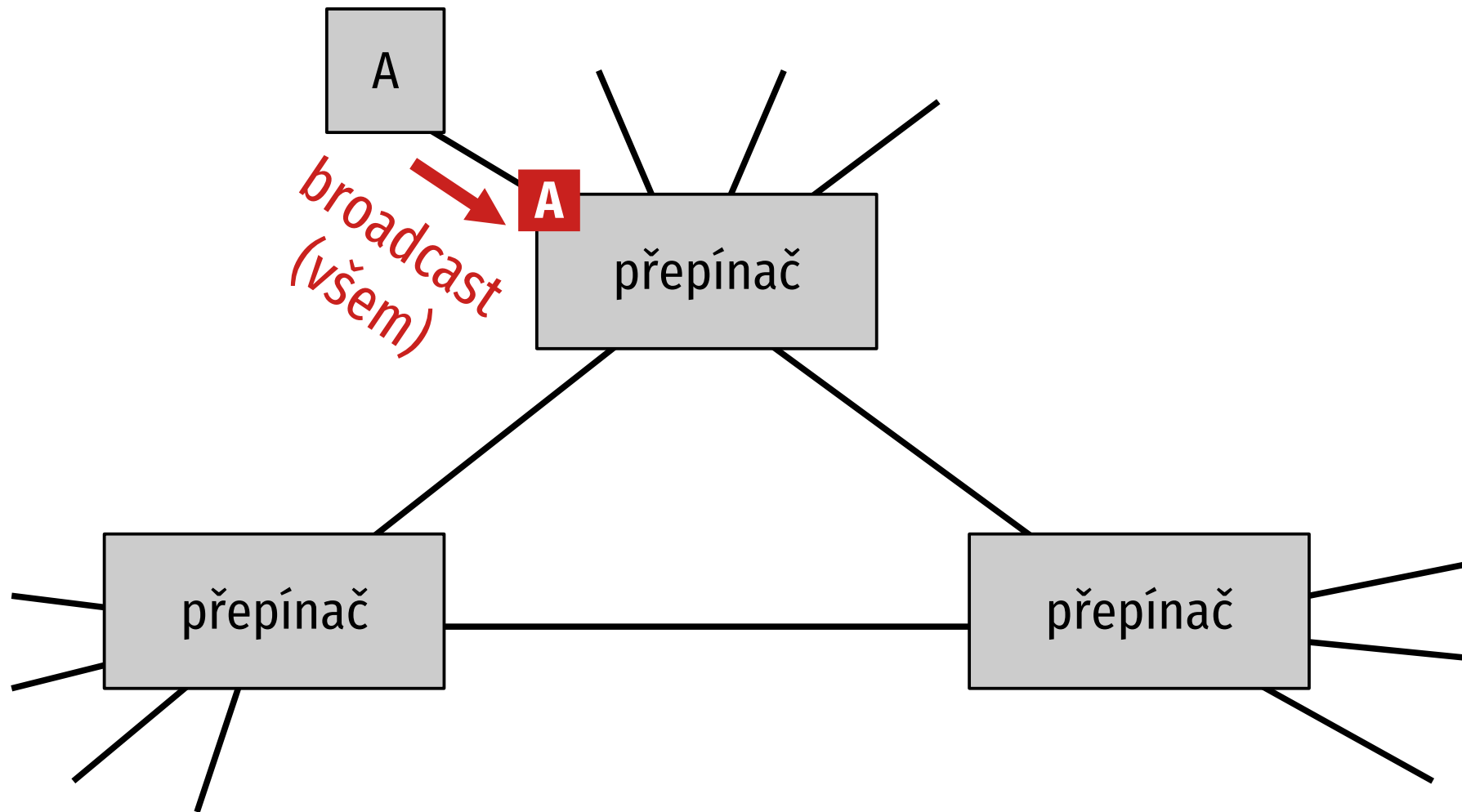
Switch (přepínač)

- vznikl rozšířením rozbočovače o logiku můstku
- **intelligentní** – pošle data jen do kabelu, kde se nachází adresát
- **store & forward** – příjem a vysílání nezávislé
- **odděluje kolizní domény CSMA/CD**
 - počítače na jednom kabelu nesoutěží s počítači jiných kabelech
- dříve drahé, dnes samozřejmostí

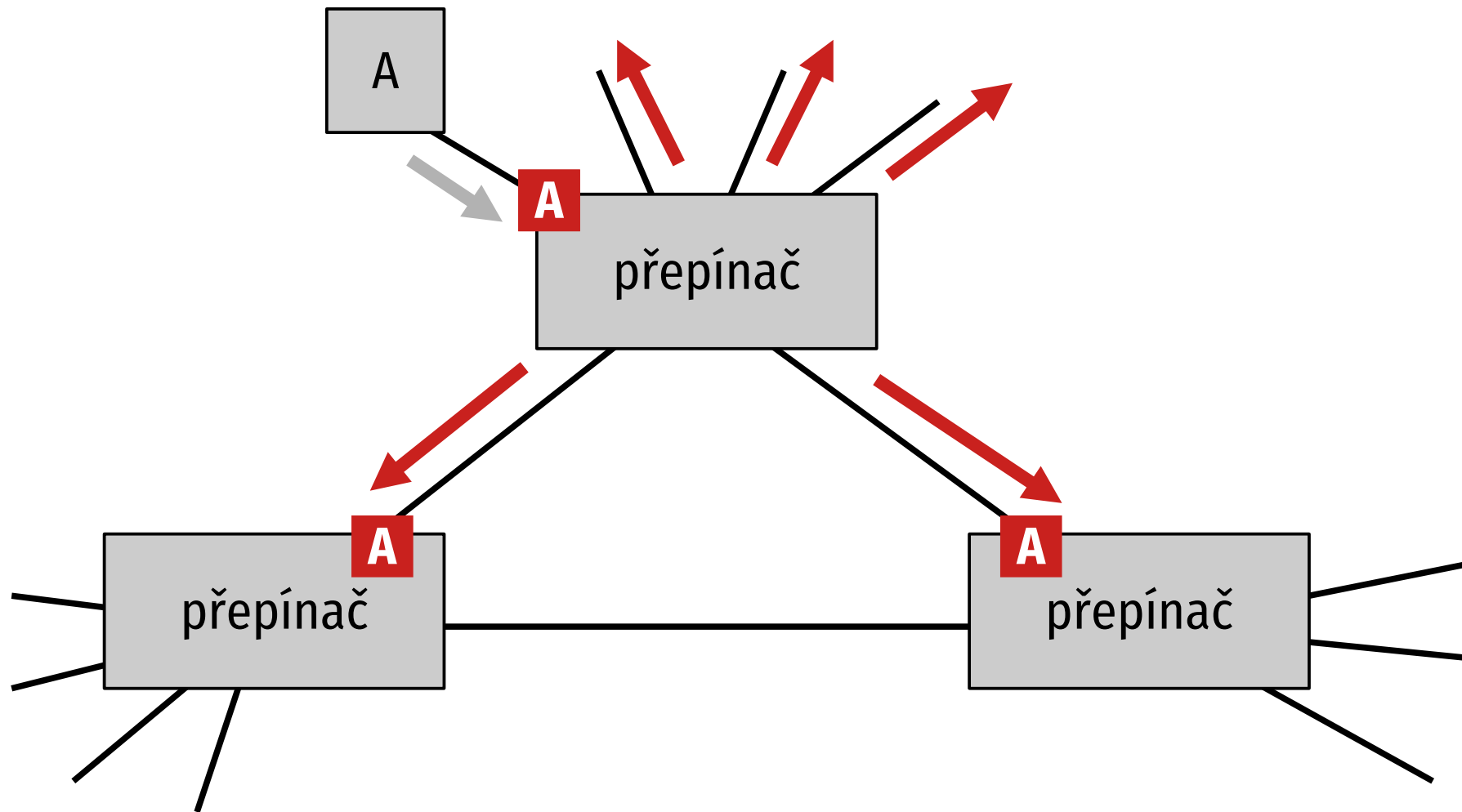
Jak pracuje přepínač

- automatická konfigurace
- **z adresy odesilatele** se dozví, kde kdo sídlí
- rámce určené neznámému adresátovi rozešle všem (jako rozbočovač)
- **problém s cykly** (redundancí) v síti:
 - řeší algoritmus **spanning tree**
 - některé linky deaktivuje a vytvoří strom pokrývající síť
 - při výpadku obnoví
 - problémy s kompatibilitou

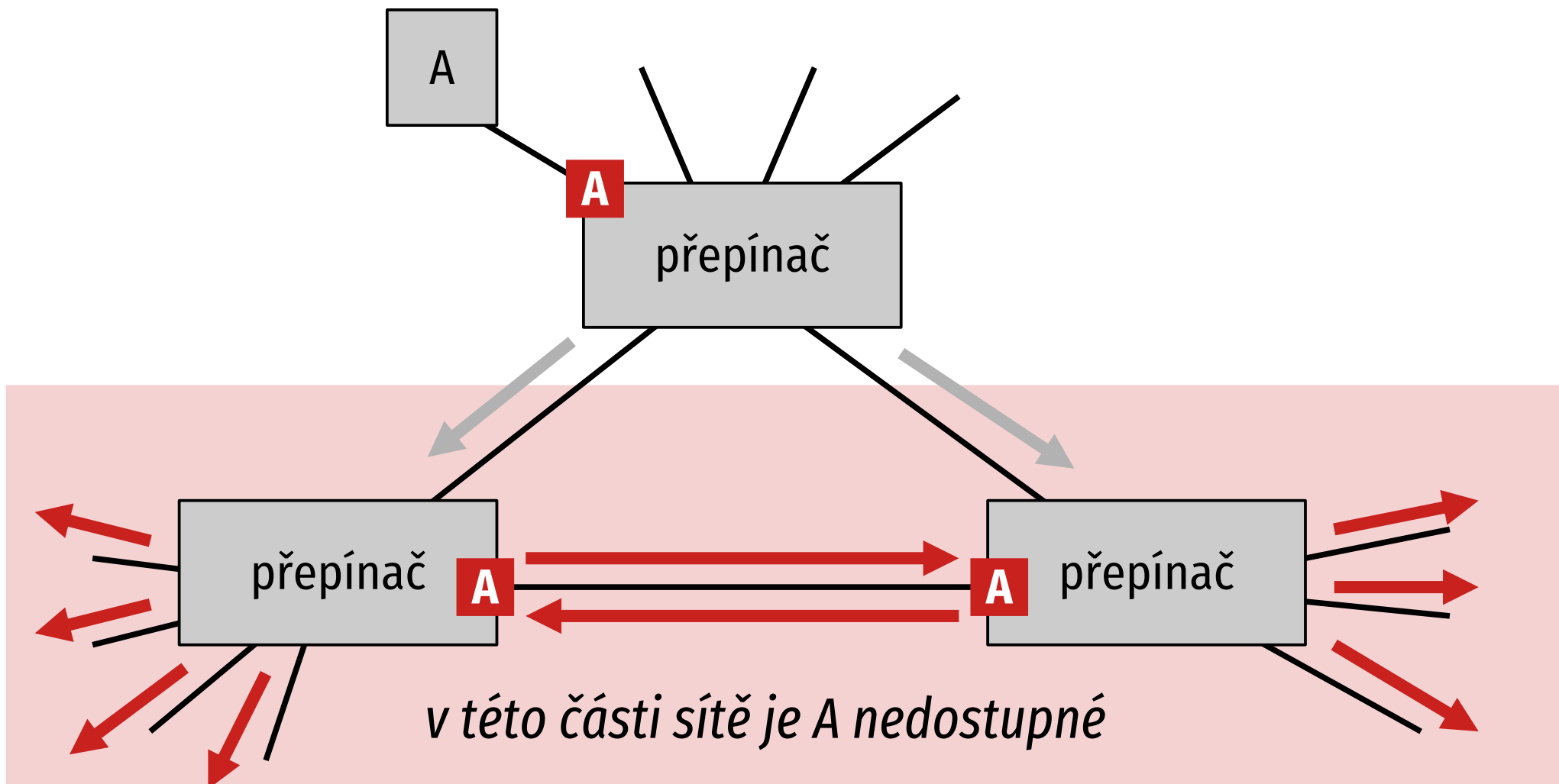
Problém s cykly (1)



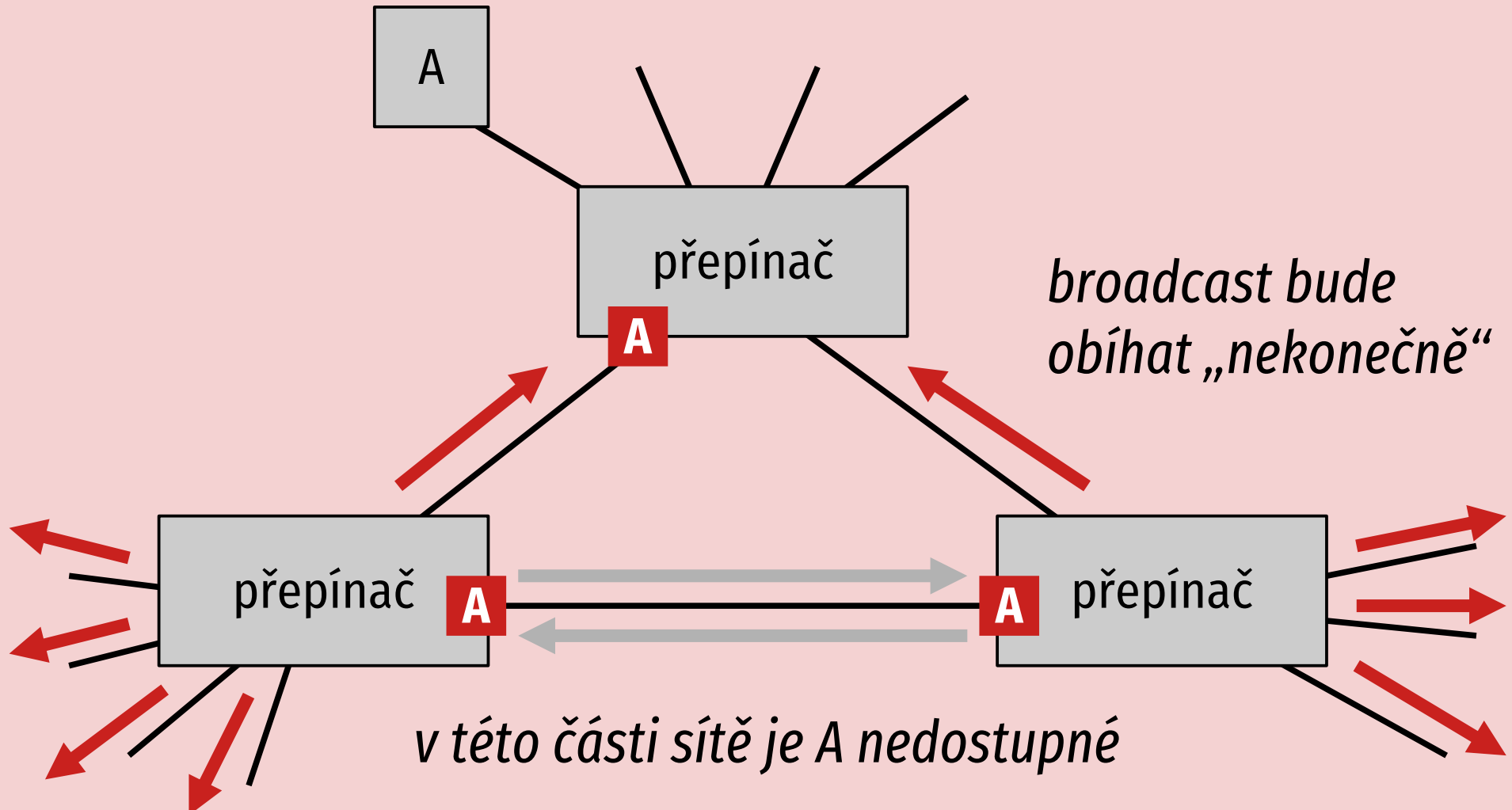
Problém s cykly (2)



Problém s cykly (3)



Problém s cykly (4)



Duplexní provoz (full duplex)

- připojením počítačů k přepínači mizí sdílení média
- lze **současný provoz oběma směry bez CSMA/CD**
- jakmile má rámeček, odvysílá jej; paralelně přijímá data z druhé strany (po jiných vodičích – UTP jich má osm)
- všechny současné karty a přepínače podporují
- autodetekce nebo ruční nastavení

Fast Ethernet

- IEEE 802.3u (1995)
- rychlost 100 Mb/s
- maximum prvků převzato z Ethernetu – **formát rámce, CSMA/CD**
- shodná logika – software vyšších vrstev beze změn
- vzdálenost hub–počítač max. 100 m, na cestě max. 3 huby nanejvýš 10 m od sebe: dosah 220 m
- zařízení „pod obojí“, automatická detekce 10/100

Média pro Fast Ethernet

- standardní značení IEEE: **100BASE-TX**
 - přenosová rychlost*
 - v základním pásmu*
 - typ (médiu)*
- **100BASE-TX**
 - 2 páry UTP kategorie 5, délka spoje do 100 m
- **100BASE-FX**
 - optické vlákno, 400 m poloduplex (kvůli detekci kolizí), 2 km plný duplex

Gigabitový Ethernet

- IEEE 802.3z (optika), 802.3ab (UTP), 1998
- rychlost 1 Gb/s
- opět **stejný formát rámce a CSMA/CD** (spíše symbolicky, používá se plný duplex)
- původně pro páteře sítí, dnes běžně na základní desce 10/100/1000
- výměnný modul pro média – **GBIC**



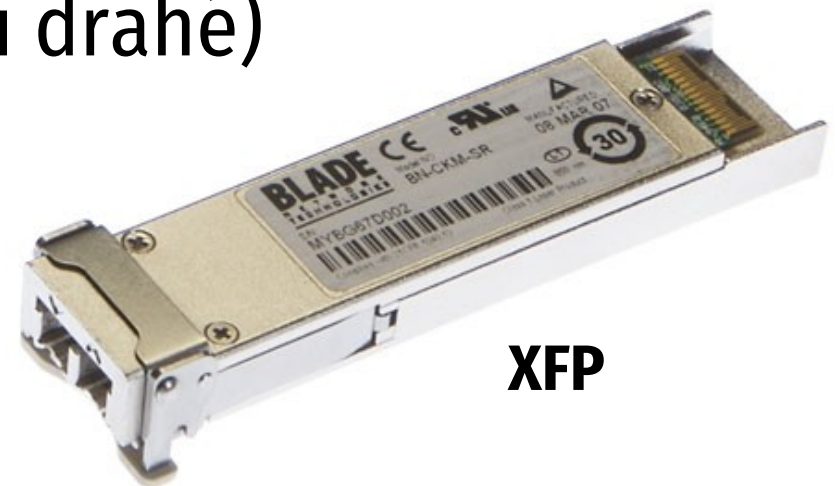
GBIC

Média pro gigabitový Ethernet

- **1000BASE-T**
 - UTP kategorie 5 a lepší, 100 m
- **1000BASE-SX**
 - vícevidové vlákno, 500 m
- **1000BASE-LX**
 - jednovidové vlákno, 2 km
- **1000BASE-ZX**
 - jednovidové vlákno, 70 km

Desetigigabitový Ethernet

- IEEE 802.3ae (optika, 2003), 802.3an (UTP, 2006)
- rychlost 10 Gb/s
- **stejný formát rámce, bez CSMA/CD** – komunikace jen plně duplexní
- pro páteřní sítě (dosud velmi drahé)
- opět výměnné moduly pro média – XFP



XFP

Média pro 10G Ethernet

- **10GBASE-T**

- UTP kat. 6 (50 m) nebo 6a (100 m), zatím vzácné

- **10GBASE-SR**

- vícevidové vlákno, dosah podle vlákna 25 až 300 m

- **10GBASE-LR**

- jednovidové vlákno, 10 km

- **10GBASE-ER**

- jednovidové vlákno, 40 km

Stogigabitový Ethernet

- standard IEEE 802.3ba přijat v červnu 2010
- 18 standardizovaných variant + firemní
- rychlosti 40 a 100 Gb/s
- zachovává formát rámce
- na trhu pro high-end zařízení
- používá se ve vysoce zatížených částech infrastruktury (páteřní sítě, peeringová centra)

Terabitový Ethernet

- název používán pro rychlosti nad 100 Gb/s
- 200 Gb/s, 400 Gb/s IEEE P802.3bs (2017)
- 800 Gb/s IEEE P802.3df (2024)
- chystá se 1,6 Tb/s

vytvořeno s podporou
projektu ESF

