

Ethernet

IEEE802.2, 802.3

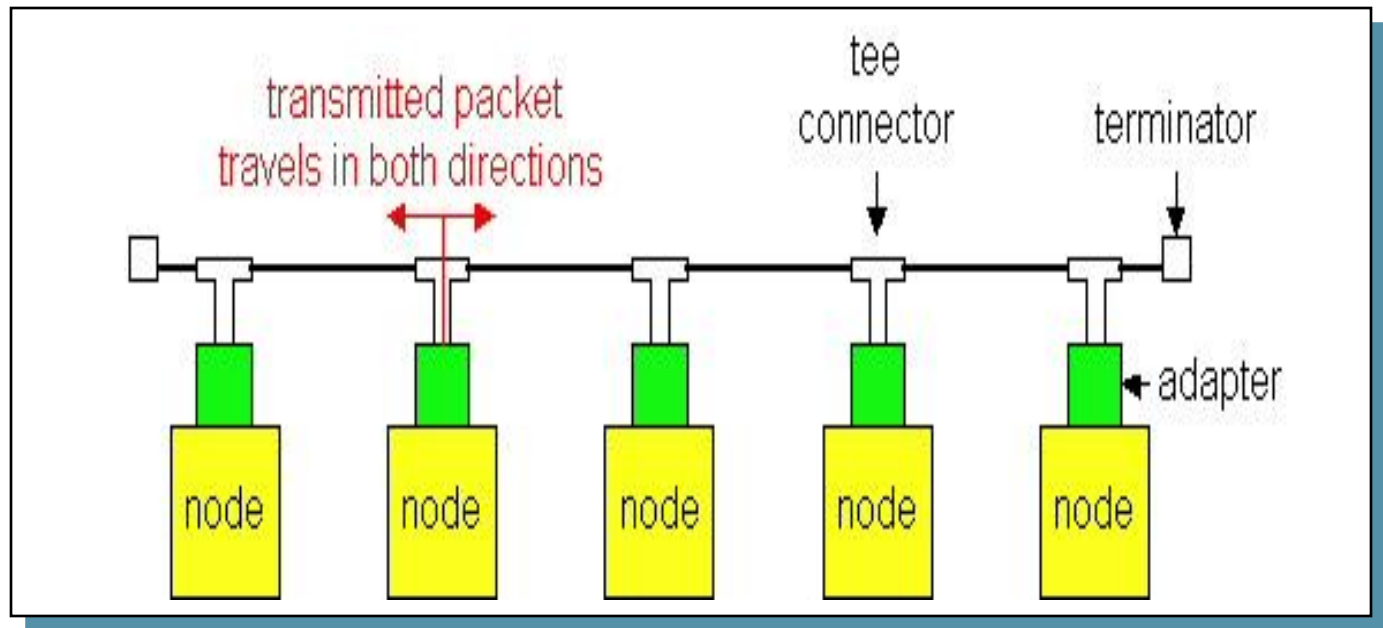
Ethernet

- Vznikl počátkem 70. let u firmy Xerox (3 Mbit/s)
- Varianta 10 Mbit/s vznikla ve spolupráci s DEC a Intel
- Později standardizován v rámci standardu IEEE 802, konkrétně 802.2 (podvrstva LLC – Logical Link Control) a 802.3 (podvrstva MAC – Medium Access Control)
- Existuje mnoho variant
 - různé fyzické topologie a přenosové rychlosti
 - shodná metoda řízení přístupu k médiu a formát rámce
 - mimo standard IEEE802 existují další formáty rámců
- Jednotlivé varianty standardizovány jako IEEE802.3xx, kde xx je jedno či dvou písmenné označení
 - např. klasický 10Base2 je značen 802.3a
 - gigabitový Ethernet 1000Base-T je značen 802.3ab

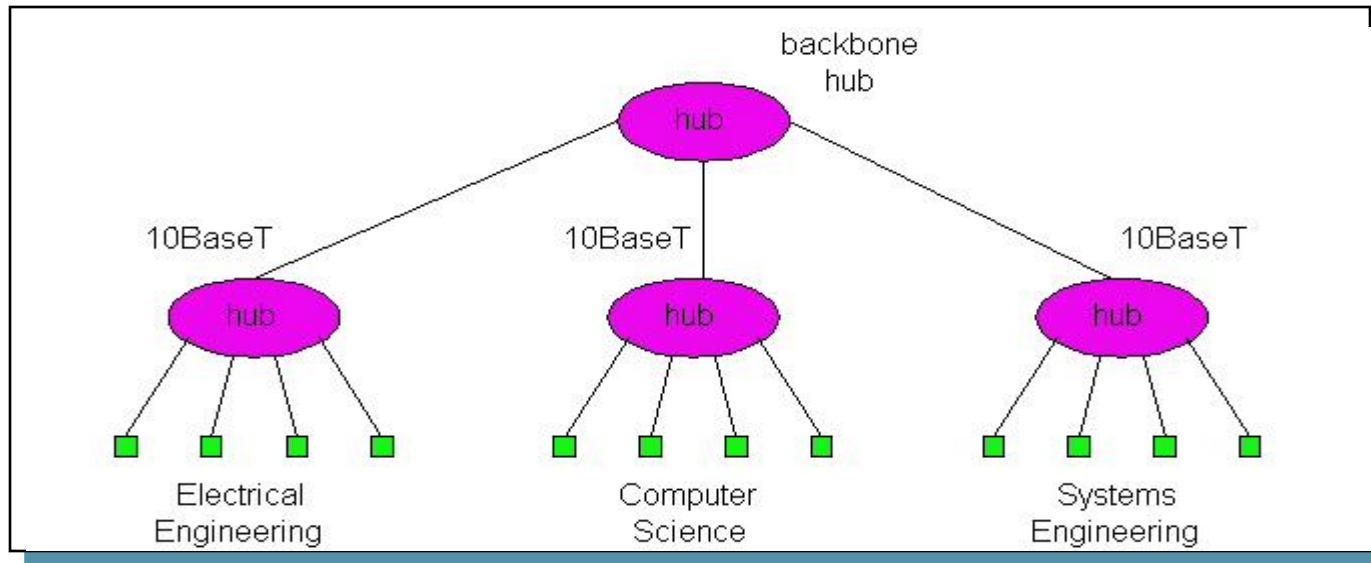
Varianty fyzické vrstvy

- Klasický Ethernet – přenosová rychlost 10 Mbit/s
 - 10Base5, tzv. tlustý (thick) koaxiální kabel
 - impedance 50 Ω , sběrnice je zakončena terminátory
 - maximální délka segmentu 500 m, lze využít až 2 opakovače
 - uzly připojovány prostřednictvím samostatného budiče (MAU – Medium Attachment Unit), ten je k síťové kartě připojen prostřednictvím rozhraní AUI (Attachment Unit Interface) kabelem s délkou až 50 m
 - maximálně 100 uzlů v segmentu
 - obtížná instalace – neohebný kabel, drahé, dnes se již nepoužívá
 - 10Base-F
 - dvojice mnohavidových optických vláken
 - transceiver (konvertuje elektrický signál na optický a zpět) je připojen prostřednictvím AUI
 - hvězdicová topologie, délka segmentu max. 2 km
 - možnost plně duplexní komunikace

- 10Base2, tzv. tenký (thin) koaxiální kabel
 - impedance 50 Ω , sběrnice je zakončena terminátory
 - maximální délka segmentu 185 m, lze využít až 2 opakovací
 - uzly připojovány prostřednictvím BNC-T konektoru, budič je součástí síťové karty
 - není zde žádné přípojné vedení
 - maximálně 30 uzlů v segmentu
 - dnes se již nepoužívá, může dožít



- 10Base-T, využívá kroucené páry kategorie 3
 - tzv. strukturovaná kabeláž
 - hvězdicová struktura s centrálním prvkem
 - fyzický segment až 100 m, uzel $\leftrightarrow$ centrální prvek
 - pro každý směr komunikace separátní kroucený pár
 - možnost plně duplexní komunikace



- Fast Ethernet - přenosová rychlost 100 Mbit/s
 - 100Base-TX
 - využívá kroucené páry kategorie 5 s impedancí 100 Ω
 - hvězdicová topologie s centrálním prvkem
 - max. délka fyzického segmentu 100 m, uzel $\leftrightarrow$ centrální prvek
 - maximální délka kolizního segmentu 210 m
 - možnost plně duplexní komunikace
 - 100Base-T2
 - vystačí s kroucenou dvoulinkou kategorie 3
 - segment max. délky 100 m, uzel $\leftrightarrow$ centrální prvek
 - využívá 2 páry kabelu
 - není příliš rozšířen (nasazoval se ve starých budovách vybavených strukturovanou kabeláží kategorie 3)

– 100Base-T4

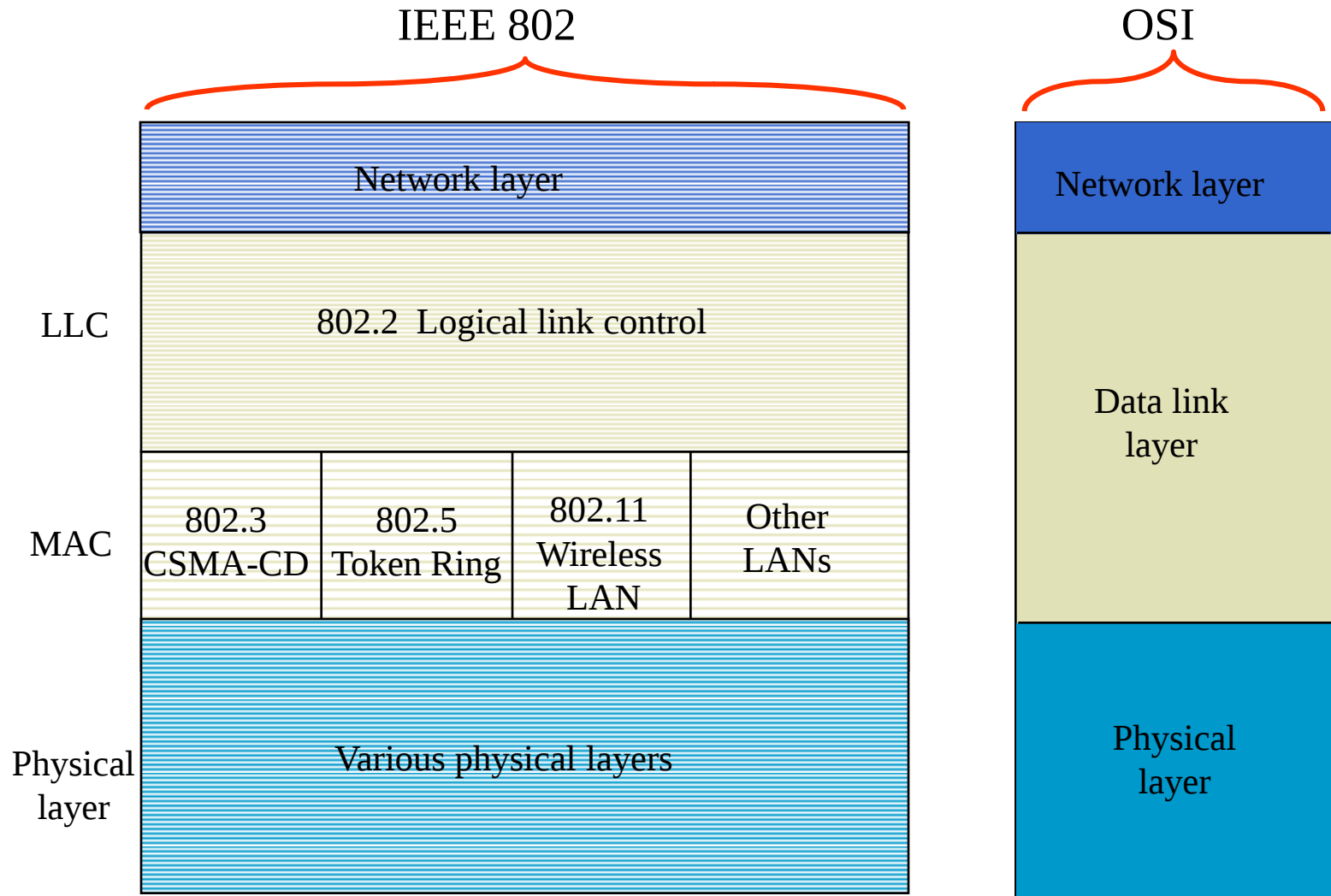
- vystačí s kroucenou dvoulinkou kategorie 3
- segment max. délky 100 m, uzel $\leftrightarrow$ centrální prvek
- využívá všechny 4 páry kabelu (3 pro data, 1 pro detekci kolizí)
- není příliš rozšířen (nasazoval se ve starých budovách vybavených strukturovanou kabeláží kategorie 3)

– 100Base-FX

- dvojice optických vláken
- hvězdicová topologie s centrálním prvkem
- max. délka segmentu 412 m pro mnohavidové a 2 km pro jednovidové vlákno
- možnost plně duplexní komunikace

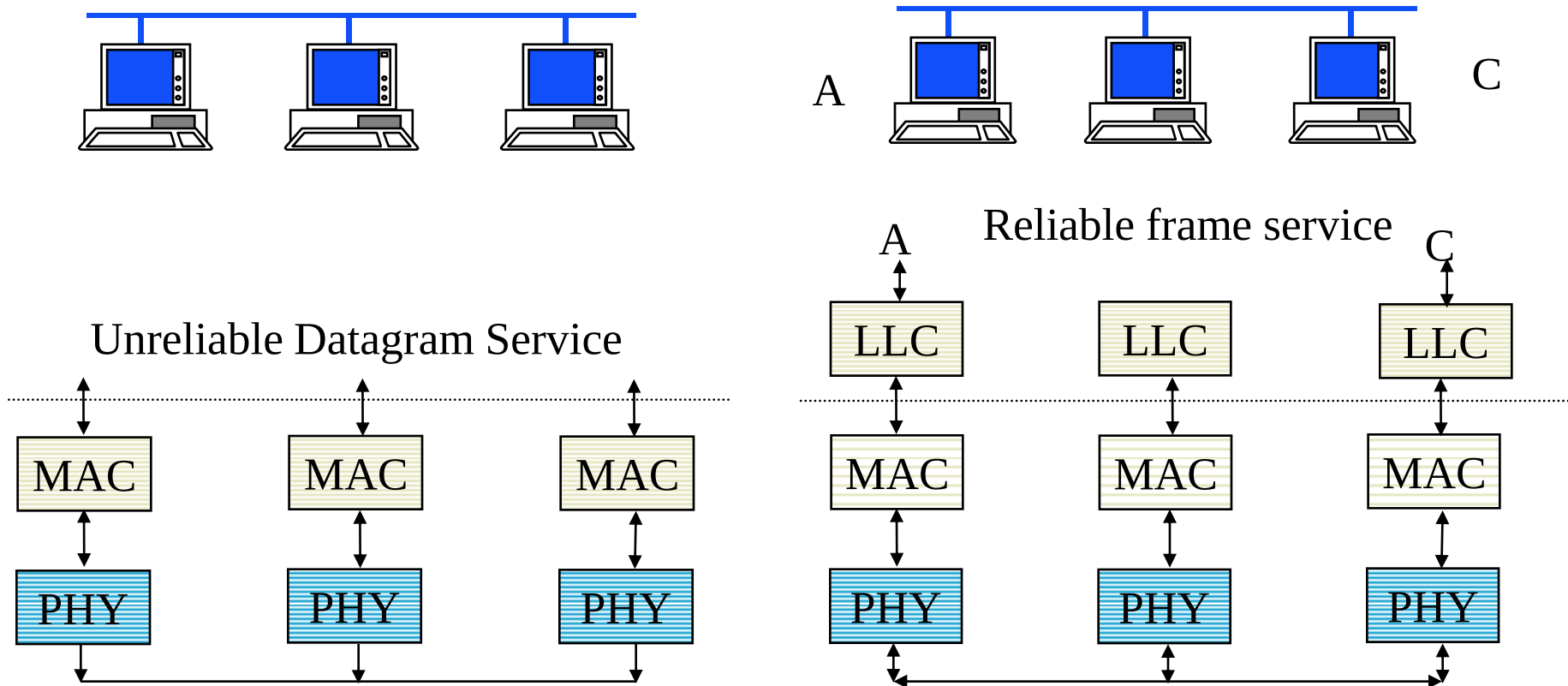
- Gigabitový Ethernet - přenosová rychlost 1000 Mbit/s
 - 1000Base-T
 - využívá 4 kroucené páry kategorie 5, 5e nebo 6 s impedancí 100 Ω
 - hvězdicová topologie s aktivním centrálním prvkem
 - max. délka segmentu 100 m
 - obvykle plně duplexní komunikace
 - 1000Base-SX, LX
 - mnohavidová resp. jednovidová optická vlákna
 - hvězdicová topologie s aktivním centrálním prvkem
 - max. délka segmentu 500 m resp. 2 km (v praxi i 20 km)
 - plně duplexní komunikace

Linková vrstva



Linková vrstva

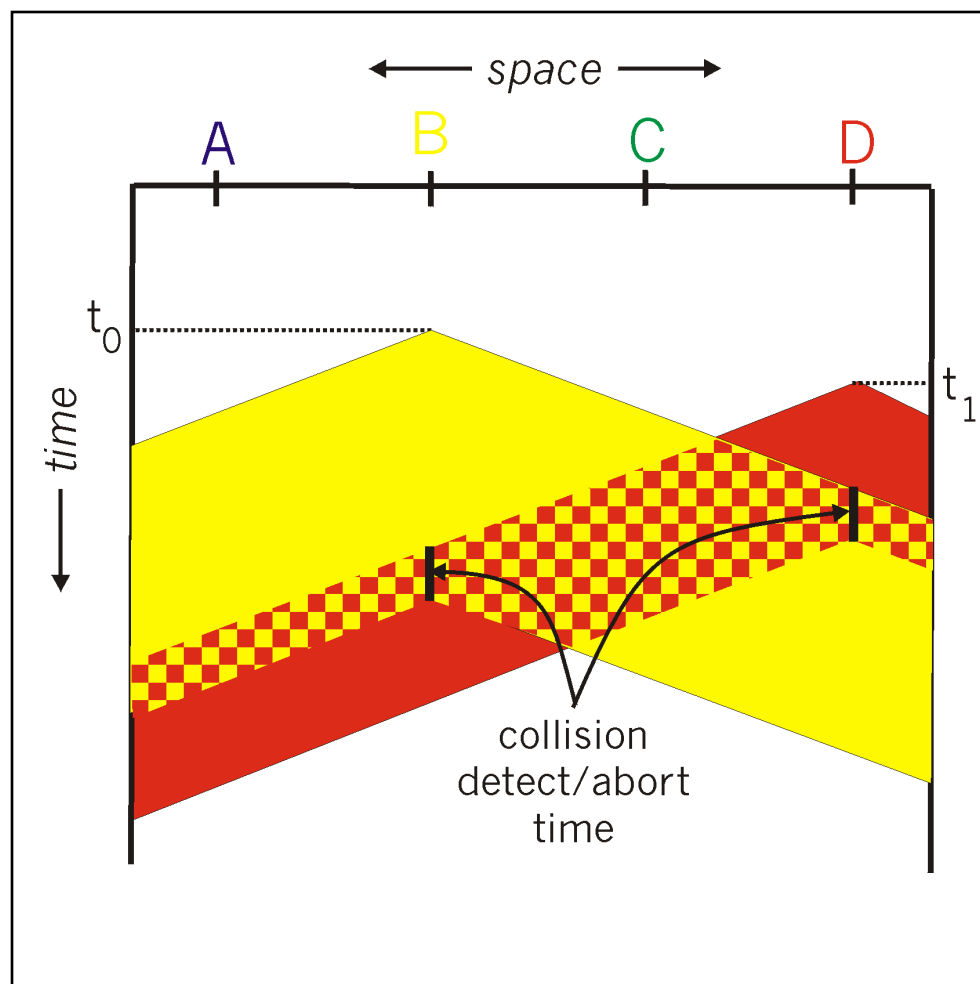
- v 802.2 existuje nespolehlivá i spolehlivá (volitelně) služba
- více spojení současně rozlišeno prostřednictvím LSAPs



Podvrstva MAC

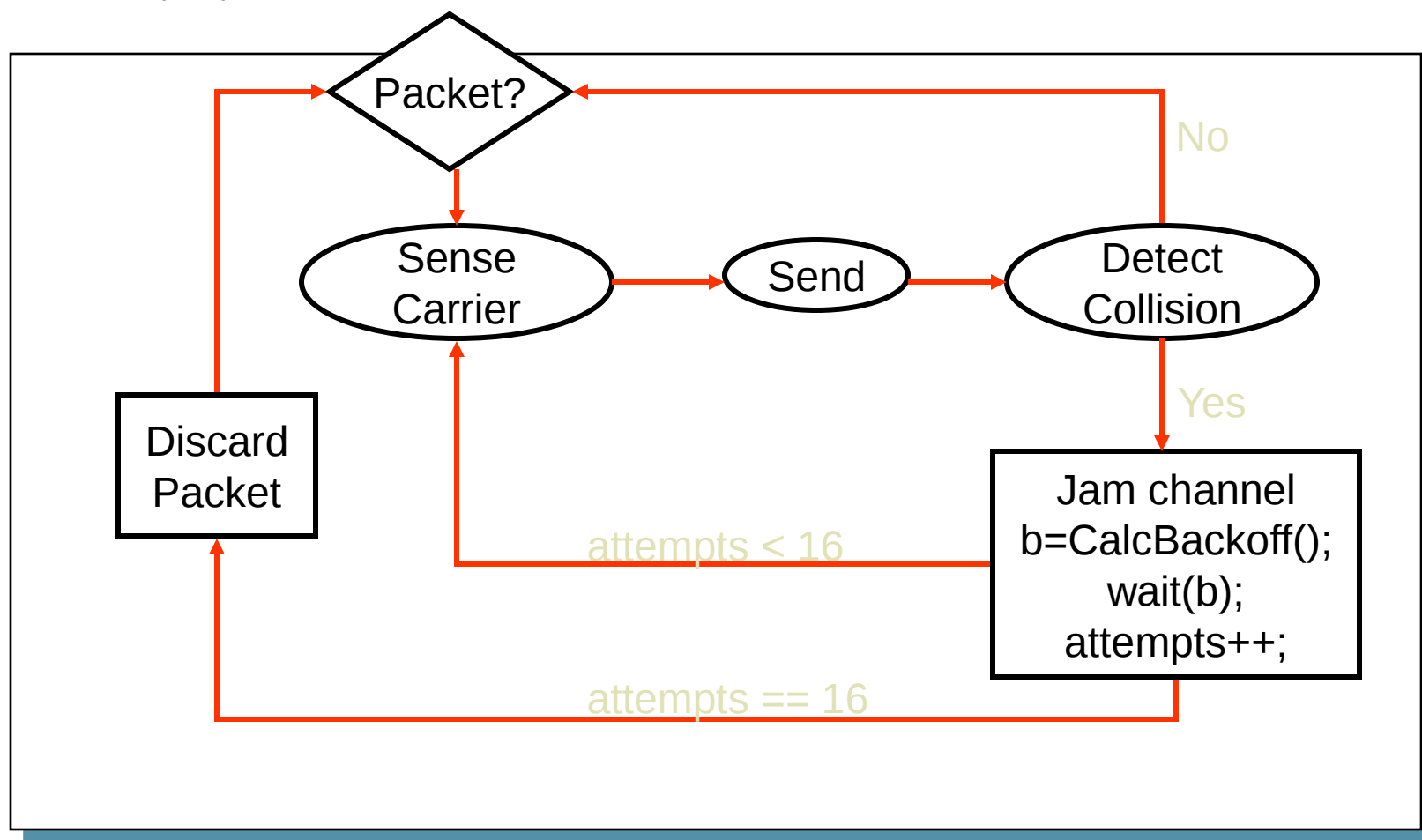
■ CSMA/CD

- náhodný přístup s detekcí kolizí
- aby byla kolize spolehlivě detekovatelná, musí mít rámec minimální délku (64B – tzn. 46B dat), max. 1500B dat
- kolizní okénko (doba nezbytná pro šíření signálu celým segmentem)
- při detekci kolize signál JAM (48 bitů)

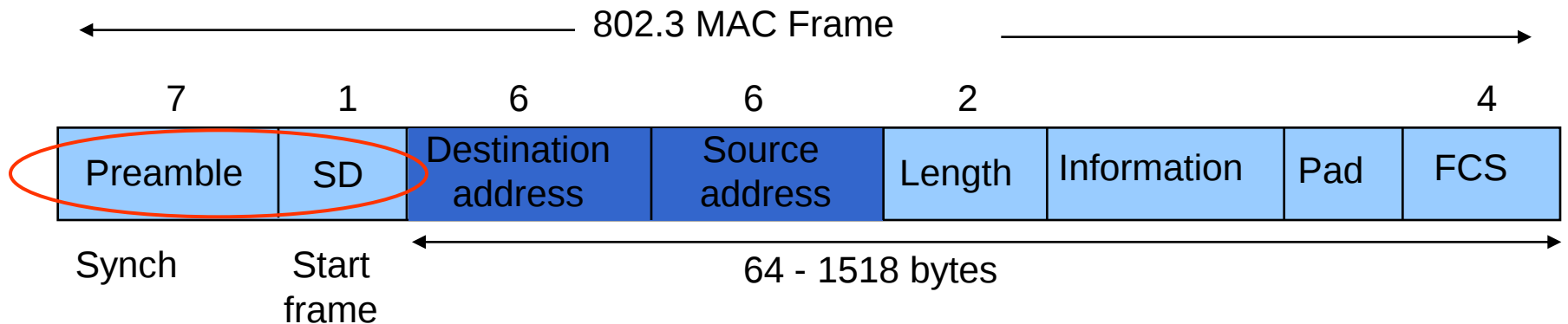


Podvrstva MAC – CSMA/CD

- při opakované kolizi exponenciální back-off (maximální hodnota intervalu čekání na pokus o vysílání se prodlužuje)
- náhodný výběr z intervalu $<0 .. 2^k - 1>$, $k = 1 .. 10$

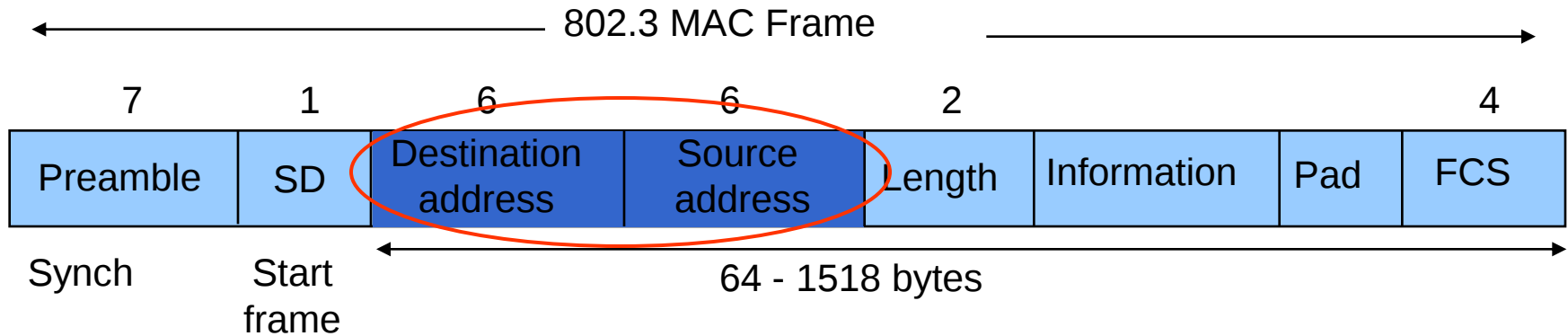


Formát MAC rámce



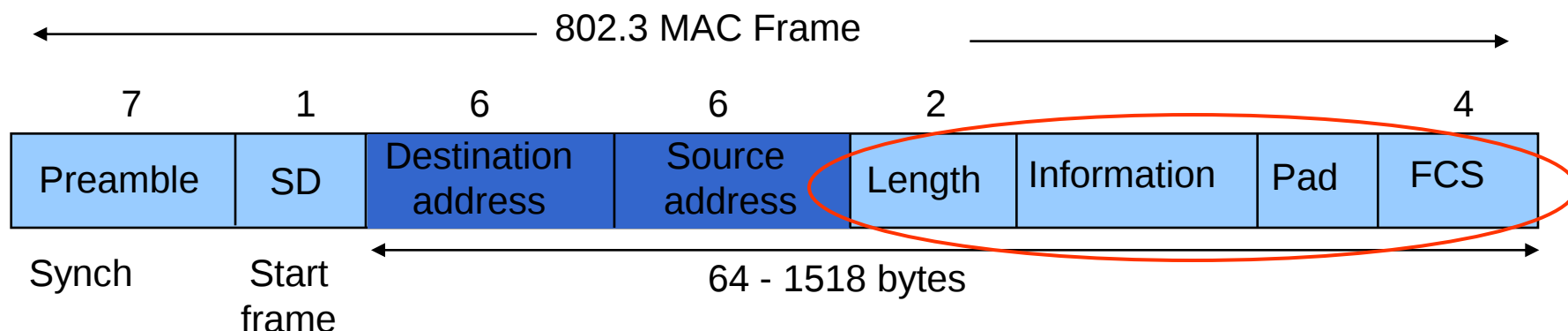
- Preamble slouží k synchronizaci přijímače
 - 7 bajtů 10101010
- SD – start delimiter
 - 10101011
 - umožňuje rozpoznat začátek rámce
- Padding
 - doplnění minimální délky rámce

Formát MAC rámce



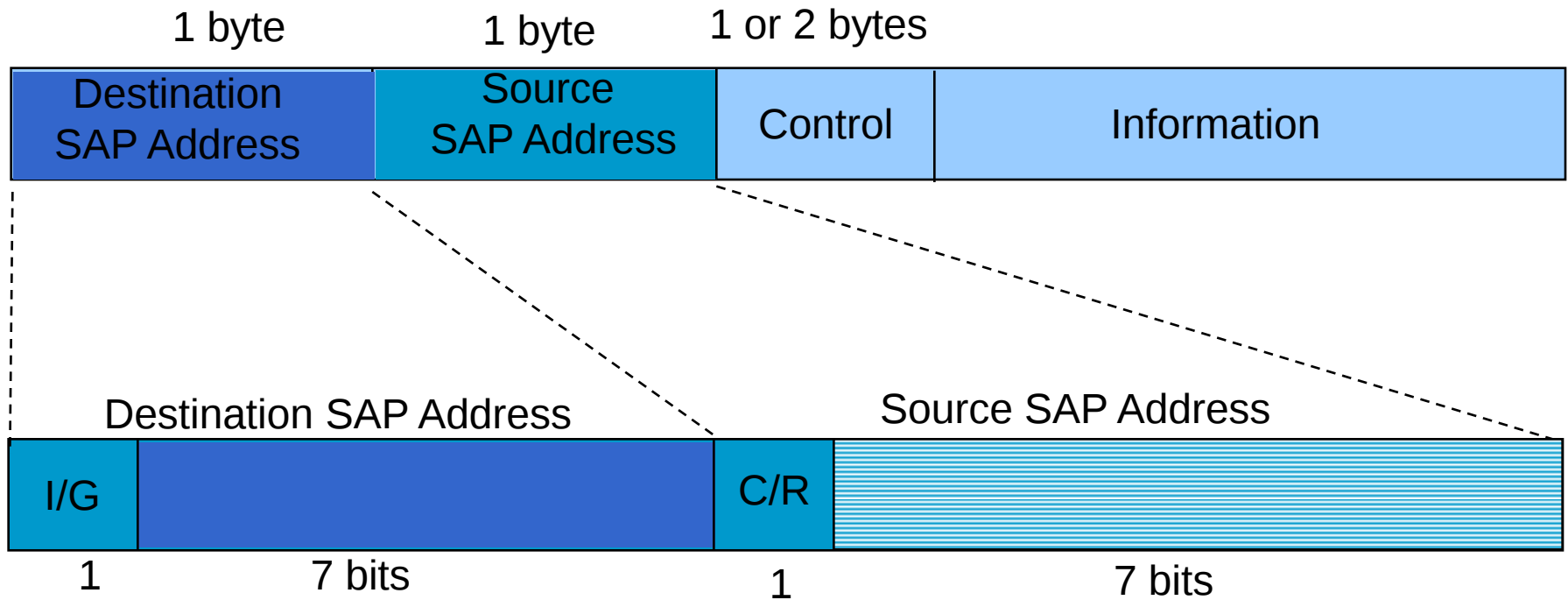
- **Cílová adresa**
 - unicast, multicast
 - broadcast (FF...FF)
- **Globální adresa**
 - 1. 3 bajty identifikují výrobce
 - např. 00-00-0C pro Cisco
 - zbytek přiřazuje výrobce
- **Lokální adresy** – definovány správci sítě

Formát MAC rámce



- Délka rámce
 - 64 – 1518 bajtů
 - pro 1Gb a 10Gb existují i tzv. Jumbo frames – 9000B
- Padding
 - zajišťuje minimální délku rámce pro příliš „krátká“ data
- FCS – CRC s generujícím polynomem CCIT-32
 - mimo úvodní synchronizační sekvence
 - rámce s chybným CRC jsou ignorovány

LSAP (Link Service Access Point)



I/G = individuální nebo skupinová adresa
C/R = příkazový rámec nebo odpověď

Příklady LSAP adres:

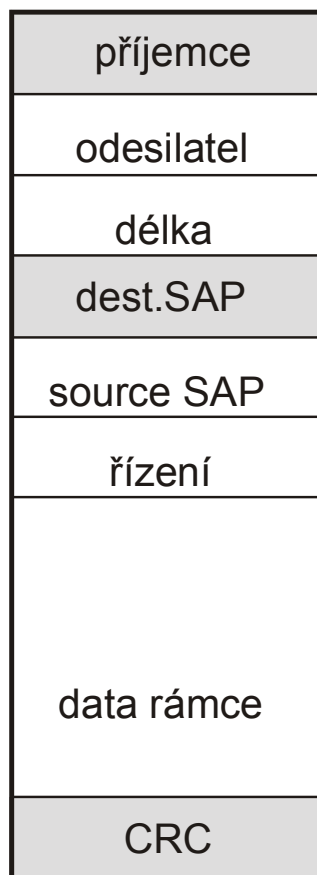
06 IP paket
E0 Novell IPX
FE OSI packet
AA SNAP

Další formáty rámců

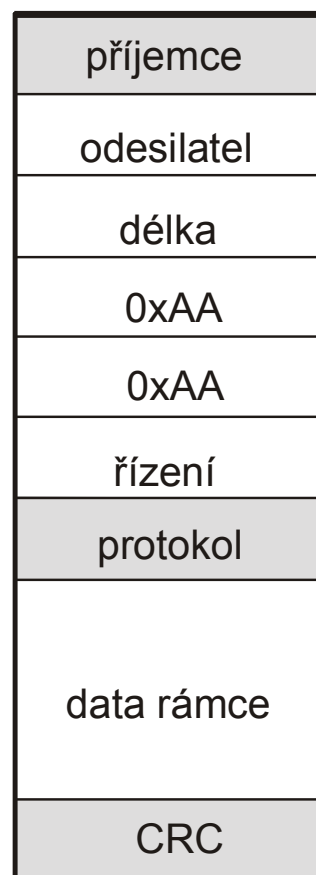
Ethernet II



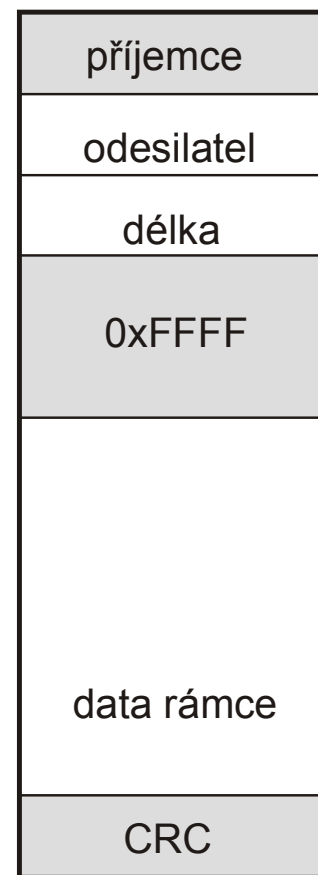
802.3 + 802.2



802.3 SNAP



802.3



Propojování v Ethernetu

■ Opakovač (repeater)

- pracuje ve fyzické vrstvě
- slouží ke zvýšení fyzického dosahu sítě
- poskytuje obnovu signálu (časování, napěťové úrovně ...)
- typicky propojuje dva segmenty se shodnou komunikační rychlostí
- „nerozumí“ (neinterpretuje) žádné informace
- aby fungovala metoda CSMA/CD, musí šířit kolize
 - odtud pojem kolizní doména – zahrnuje všechny fyzické segmenty, do nichž se šíří kolize, vzniklá v kterémkoli z nich
- počet opakovačů je omezen vzhledem ke zvýšení maximálního zpoždění v rámci kolizní domény (obvykle na 2-4)
- využívaly se především ve sběrnicových variantách (10Base5, 10Base2)

Propojování v Ethernetu

■ Rozbočovač (hub)

- v sítích se strukturovanou kabeláží je analogií opakovače rozbočovač, který se chová shodně, poskytuje však vyšší počet portů
- výhodou těchto prvků byla velmi nízká cena, nevýhodou je rozšiřování kolizní domény a tím zvyšování pravděpodobnosti vzniku kolizí s rostoucím počtem uzlů v ní
- existují pro 10 a 100 Mbit/s sítě
- pro Gb Ethernet – Buffered Distributor
- mohou propojovat segmenty s různou fyzickou technologií (metalika, optika), ale pouze se shodnou přenosovou rychlostí

Propojování v Ethernetu

- Most, přepínač (bridge, switch)
 - pracují v linkové vrstvě, nešíří kolize (na jejich portech končí kolizní doména)
 - umožňují lokalizaci prostřednictvím filtrování a cíleného předávání (forwarding) rámců dle jejich MAC adres
 - příslušné seznamy adres si vytvářejí dynamicky odposlechem komunikace – učení se
 - v síti nesmějí existovat smyčky (rámec by mohl běhat pořád dokola)
 - řešeno logickým rozpojením existujících fyzických smyček
 - algoritmus Rapid Spanning Tree
 - mosty sloužily především k filtraci provozu, měly nízký přepojovací výkon, přepínače jsou naopak zaměřeny na cílené předávání – kolizní doména je obvykle tvořena pouze přepínačem a uzlem sítě
 - v případě plně duplexní komunikace nedochází ke kolizím vůbec
 - mohou propojovat fyzické technologie s různou přenosovou rychlostí

Ethernet v průmyslových aplikacích

■ Pozitiva

- prověřená a stále se vyvíjející technologie, rostoucí rychlost
- vysoké množství dodavatelů, vynikající poměr cena/výkon

■ Negativa

- vznikl jako kancelářský, nikoliv průmyslový systém
 - nižší odolnost vůči prostředí
 - existují i průmyslové varianty
- problematické sdílení kabeláže pro komunikaci i napájení
 - existují řešení
- nedeterminismus Ethernetu a z něj vyplývající nevhodnost pro aplikace pracující v reálném čase (včasnost, současnost)
 - existují řešení

- ⇒ Ethernet stále více proniká do průmyslových aplikací a to i do těch, které byly doménou specializovaných technologií

Ethernet v průmyslových aplikacích

- Co musí být zajištěno?
 - schopnost práce v reálném čase
 - bezpečnost (z pohledu přenosu dat)
 - rámec obsahuje 32 bitový CRS
 - standardem je nespojovaná a nespolehlivá služba
 - bezpečnost (z pohledu neoprávněného přístupu)
 - shodná technologie „svádí“ k propojení systémů, které by jinak propojeny nebyly vůbec nebo na zcela jiné úrovni
 - robustnost a spolehlivost v průmyslovém prostředí
 - standardy vyšších vrstev vhodné pro oblast průmyslové automatizace
 - roztříštěnost protokolů vyšších vrstev (mnoho konkurenčních standardů) může omezit rozsah nasazení Ethernetu v průmyslových aplikacích

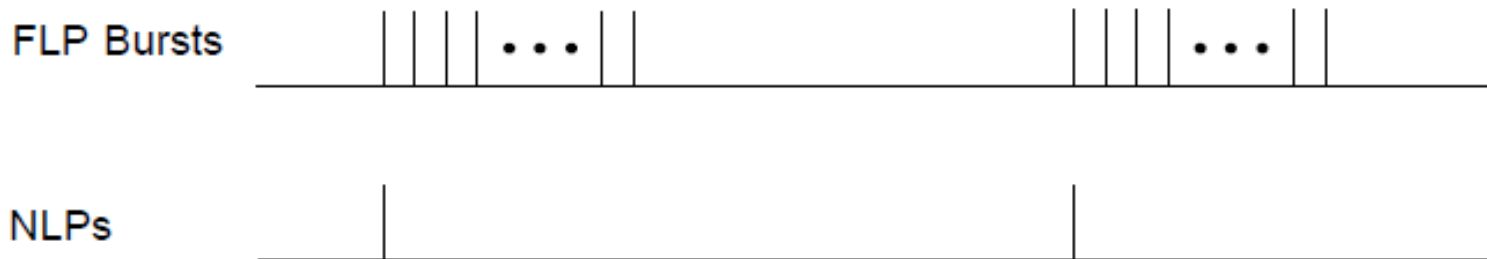
Ethernet v průmyslových aplikacích

■ Funkce v reálném čase X CSMA/CD

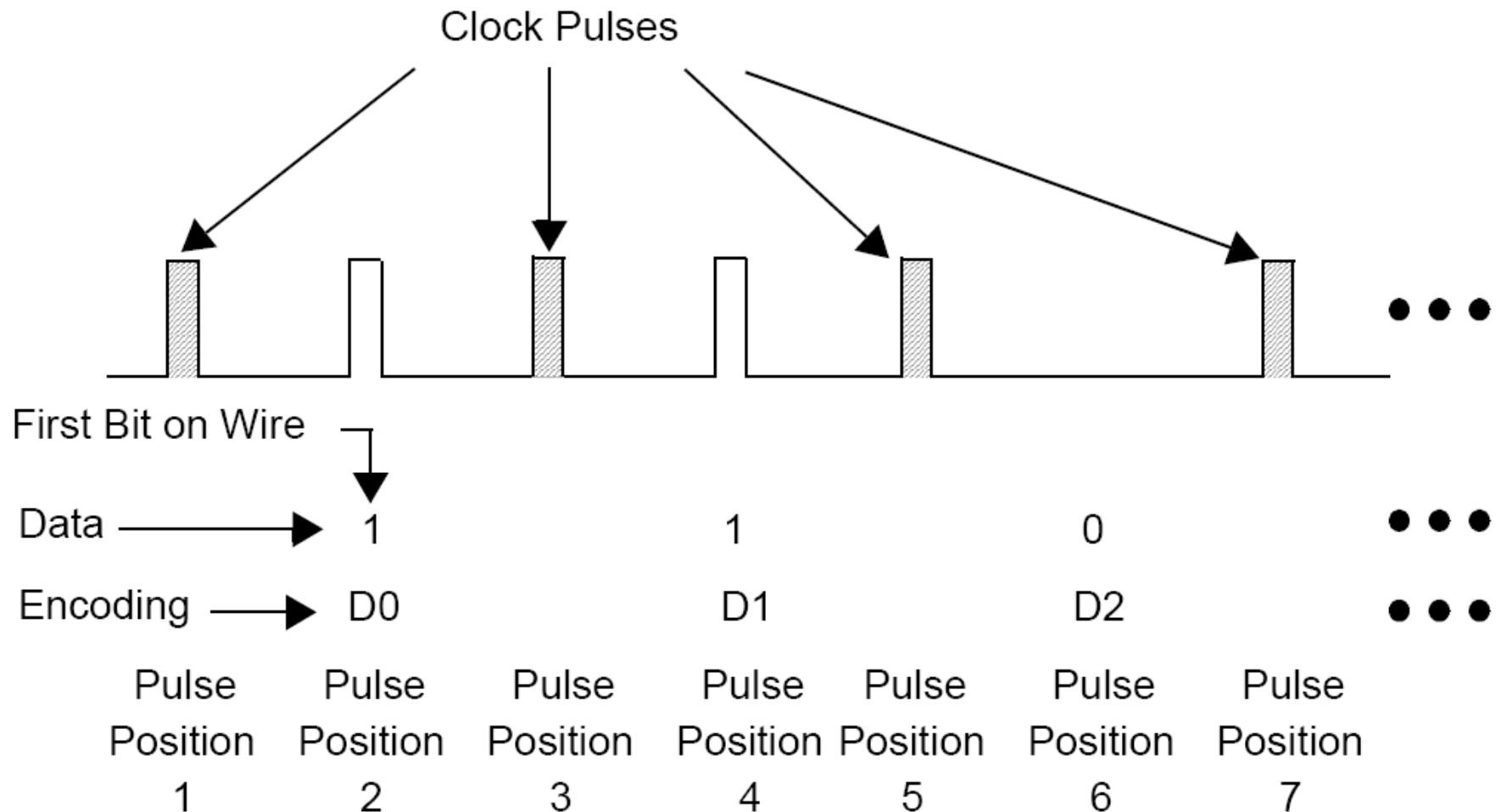
- provoz při nízkém vytížení sítě (do 1%)
 - pravděpodobnost vzniku kolize je velmi nízká
- zabránění vzniku kolize využitím „nadřazené“ deterministické metody
 - Master – Slave, Token Passing, TDMA ...
- důsledné využití přepínačů a plně duplexní komunikace
 - kolize vlastně nemůže vzniknout
 - ale POZOR na kolize uvnitř přepínačů
 - může dojít ke ztrátám rámců, zejména při vysokém vytížení přepínače (i na jiných portech)
 - částečně lze řešit prioritizací rámců
 - roste zpoždění v síti, existuje poměrně velký jitter, vnesený přepínači

Auto Negotiation

- 10Base-T
 - pro testování linky vysílá *Test Link Pulse*
- Vyšší standardy
 - standardní Test Link Pulse označen jako NLP (*Normal Link Pulse*)
 - pro „vyjednávání“ využity sekvence FLP (*Fast Link Pulse*)

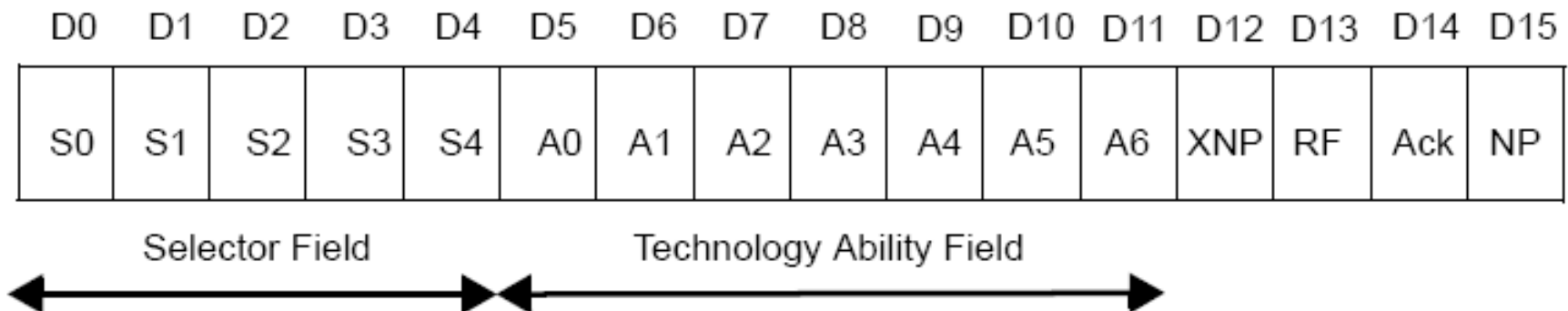


Auto Negotiation



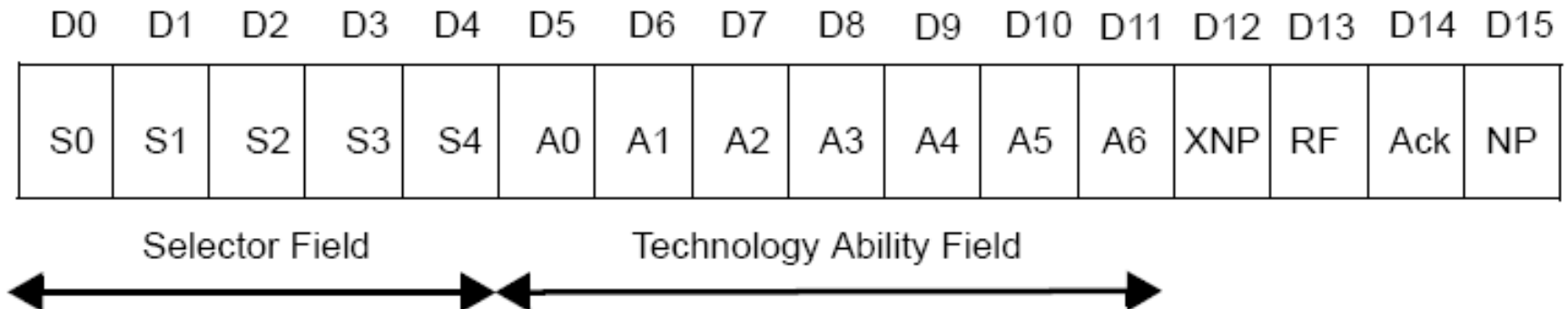
Auto Negotiation

- Základní (base) a následné (next page) „stránky“
- Selector
 - 00001 pro 802.3
- Technology Ability
 - informace o podporovaných verzích a konfiguracích



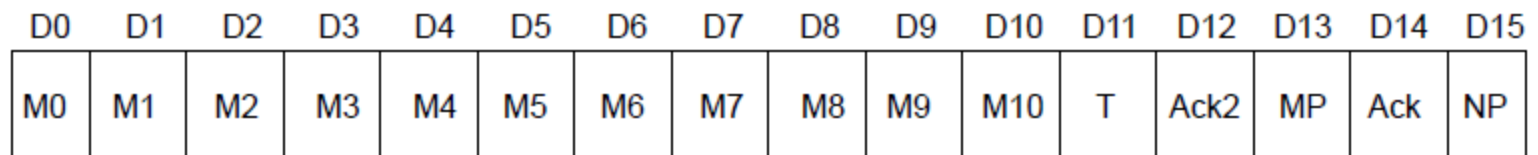
Auto Negotiation

- RF – remote fault
- Ack – potvrzení
 - nastaví se po trojím přijetí shodných dat
- XNP (extended next page), NP (next page)
 - slouží k přenosu konfiguračních a synchronizačních informací pro vyšší standardy (Gb, 10Gb)
 - volitelné

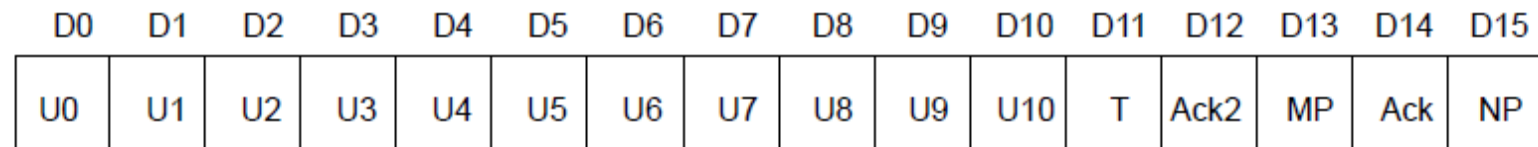
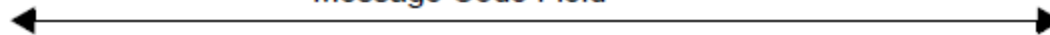


Auto Negotiation

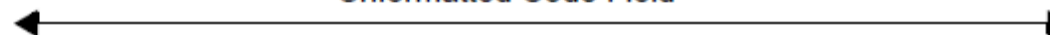
- NP – dvě varianty (obdobně XNP, jen delší sekvence)
 - message page
 - unformatted page
 - končí se „nulovou“ zprávou



Message Code Field

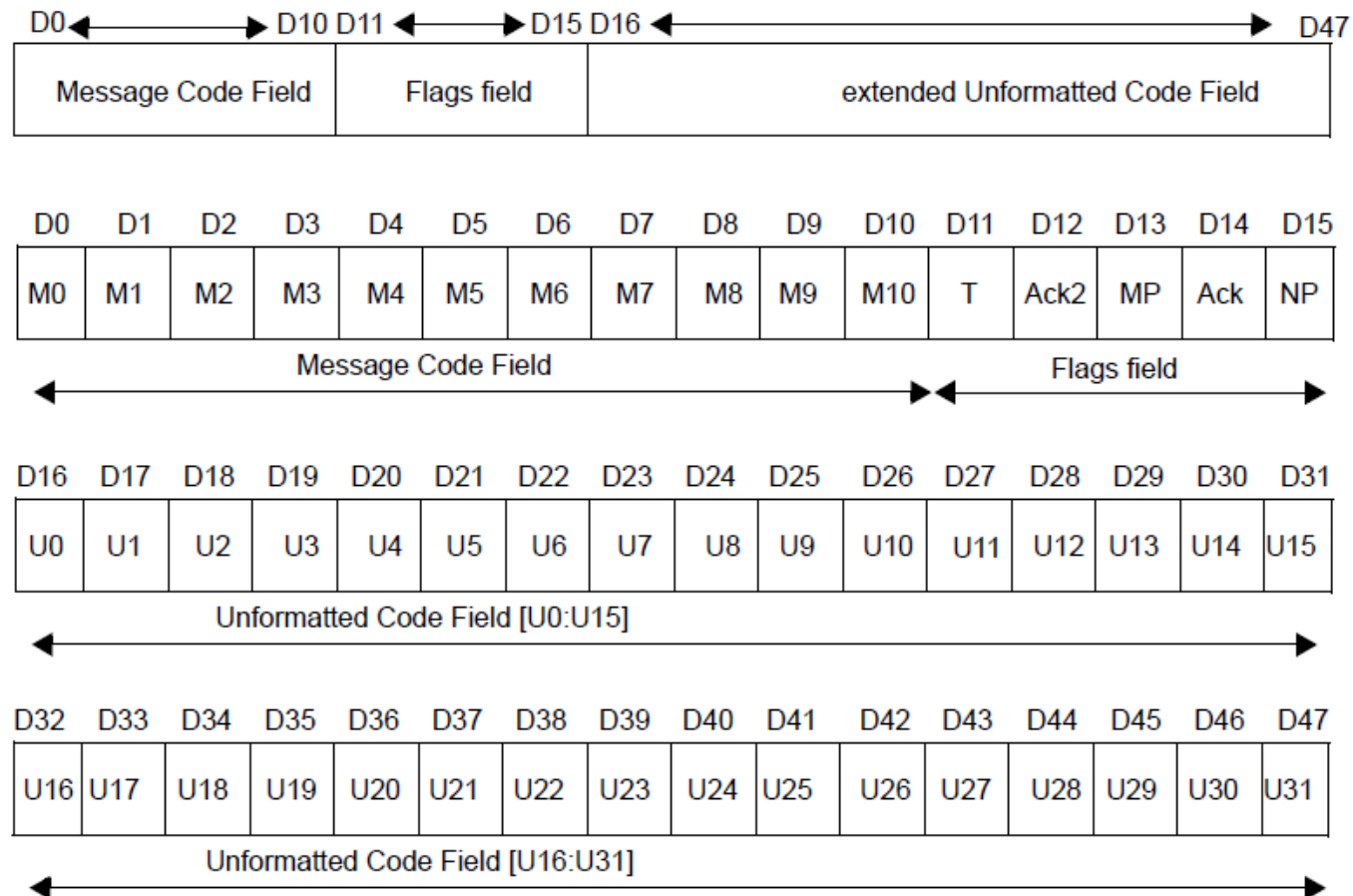


Unformatted Code Field



Auto Negotiation

- XNP – varianta „extended message page“



Auto Negotiation

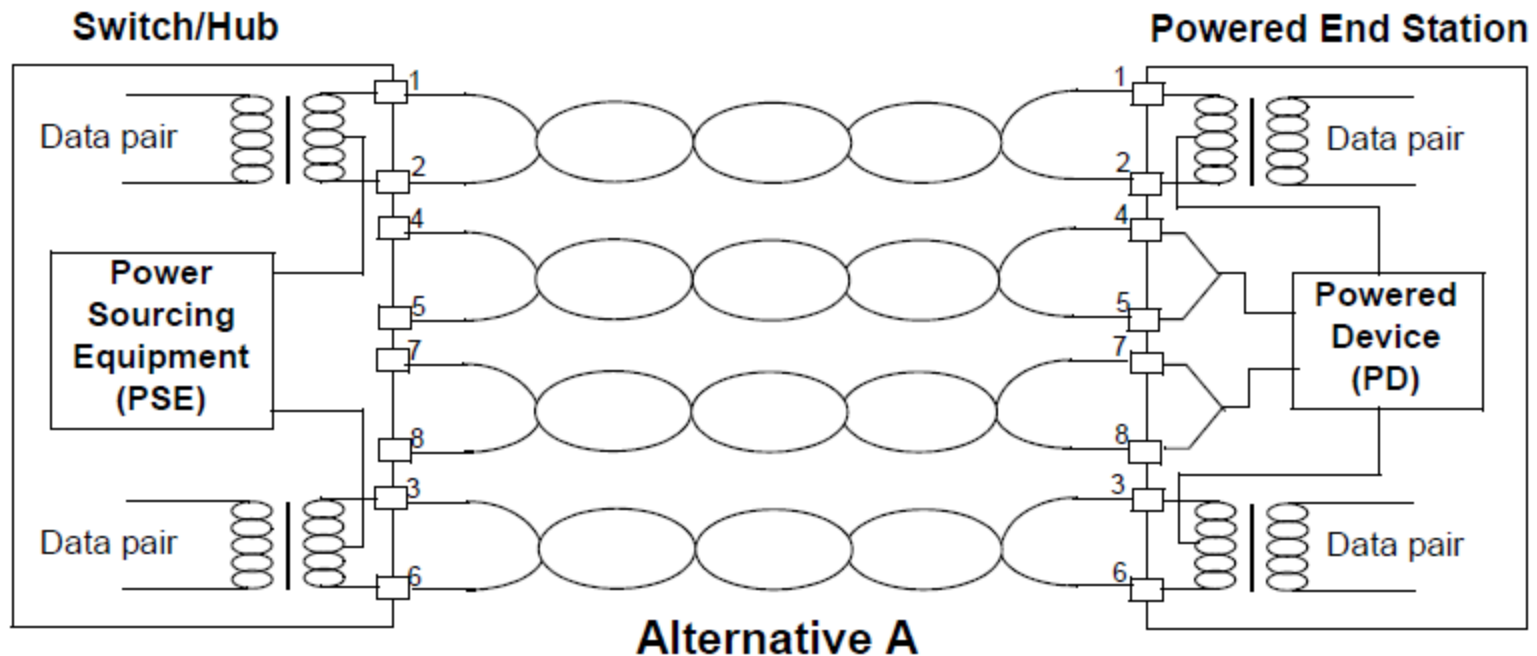
- dohoda na nejvyšším shodném podporovaném standardu
- pozor – netestuje kabeláž
 - zakázat varianty nedostupné kvůli variantě kabeláže musí uživatel (správce)
- XNP (extended next page), NP (next page)
 - slouží k také k přenosu konfiguračních a synchronizačních informací pro vyšší standardy (Gb, 10Gb)
 - volitelné

Napájení koncových zařízení po Ethernetu (802.3at – 2009)

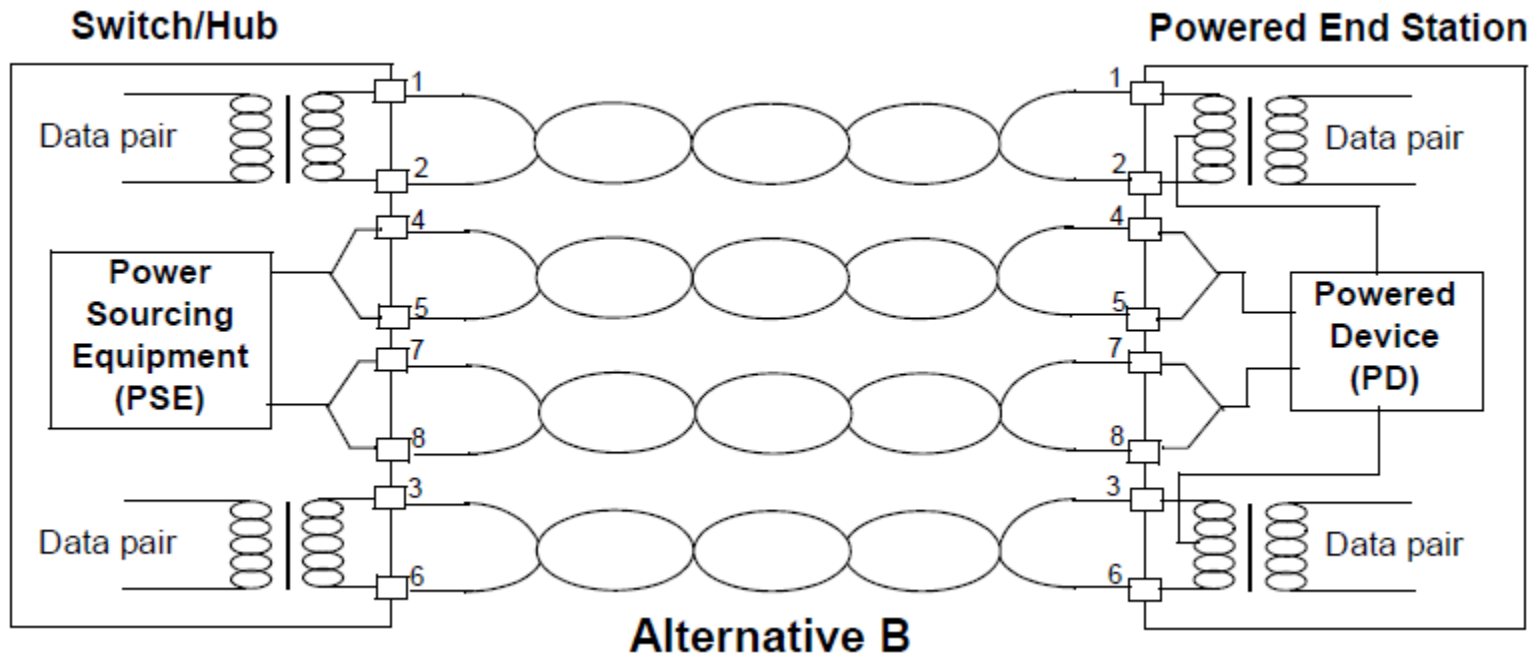
- PoE (Power over Ethernet)
 - PD – powered device
 - PSE – power sourcing equipment
- pouze pro 10Base-T, 100Base-TX a 1000Base-T
- umožňuje:
 - detekovat schopnost poskytovat a využívat PoE
 - důležité – možnost zničení nekompatibilních zařízení
 - dynamicky dohadovat potřebný příkon
 - zachovat bezpečnost zařízení
 - bezpečné napětí (SELV)

Power over Ethernet

- 2 základní varianty zdroje
 - integrován s DTE (např. v přepínači), typické
 - samostatný
- různé varianty pro 10/100Base-T a 1000Base-T

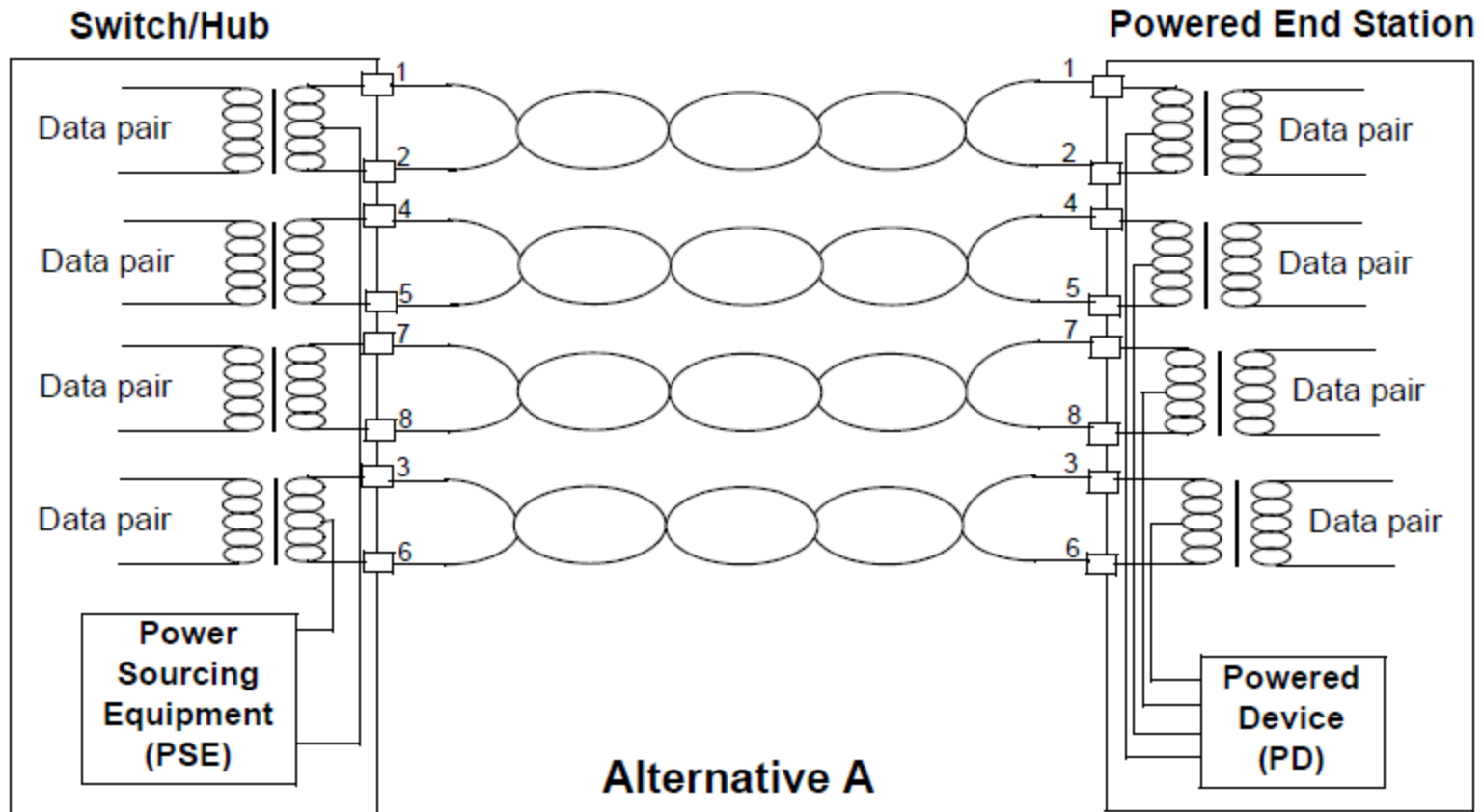


Power over Ethernet



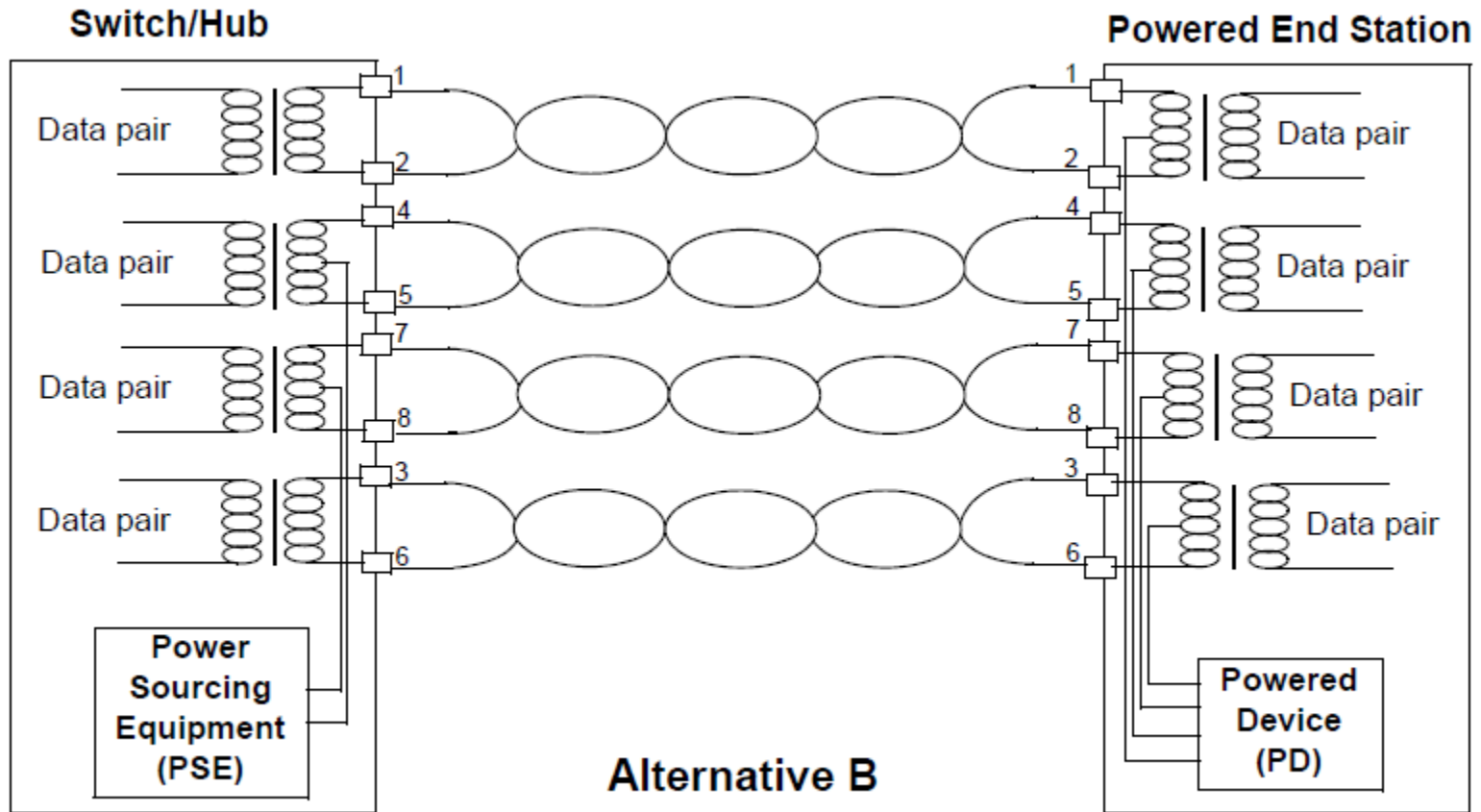
- varianty pro 10Base-T a 100Base-TX
- PSE integrován v DTE

Power over Ethernet



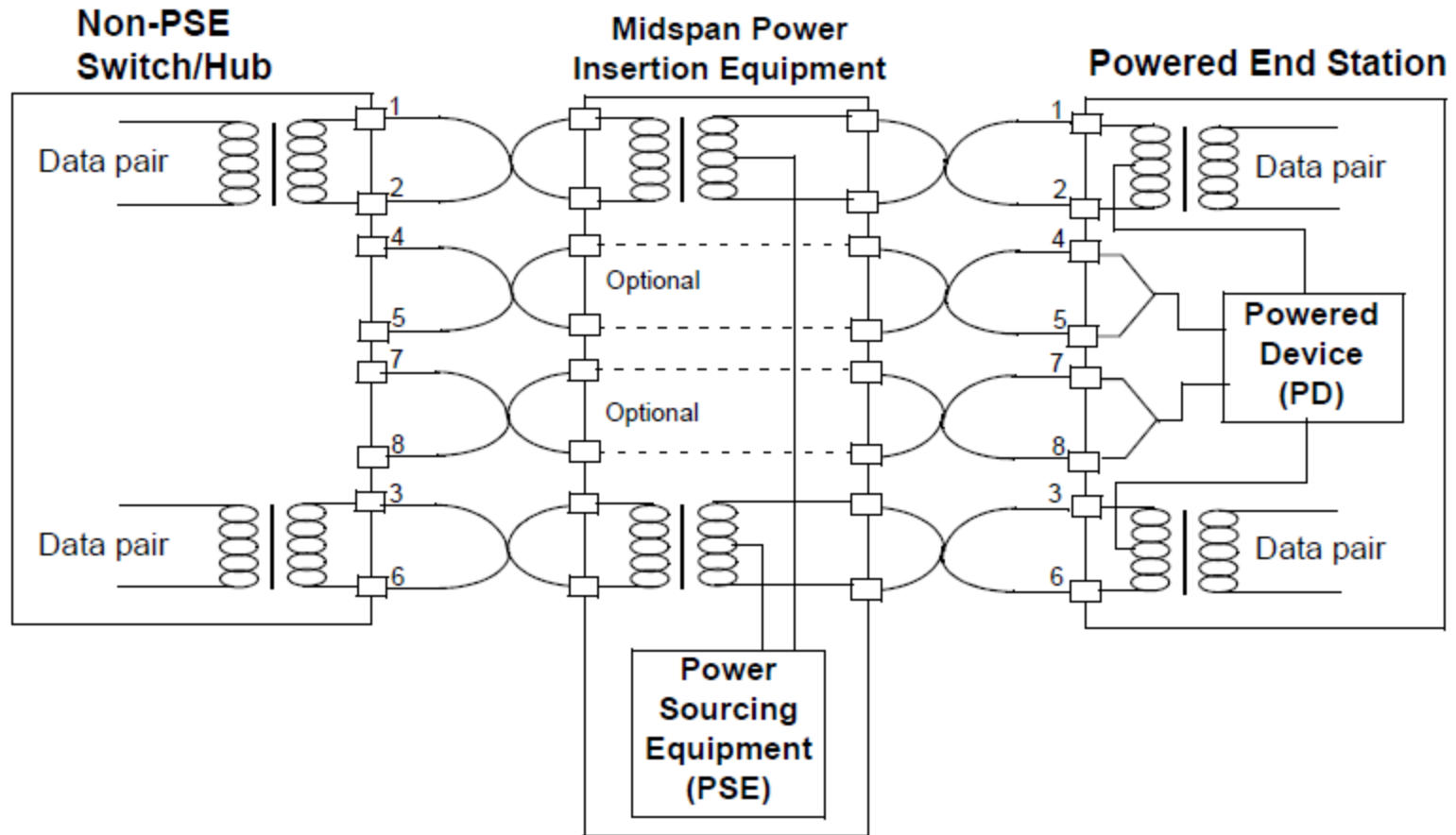
- varianta A pro 1000Base-T
- PSE integrován v DTE

Power over Ethernet



- Varianta B pro 1000Base-T
- PSE integrován v DTE

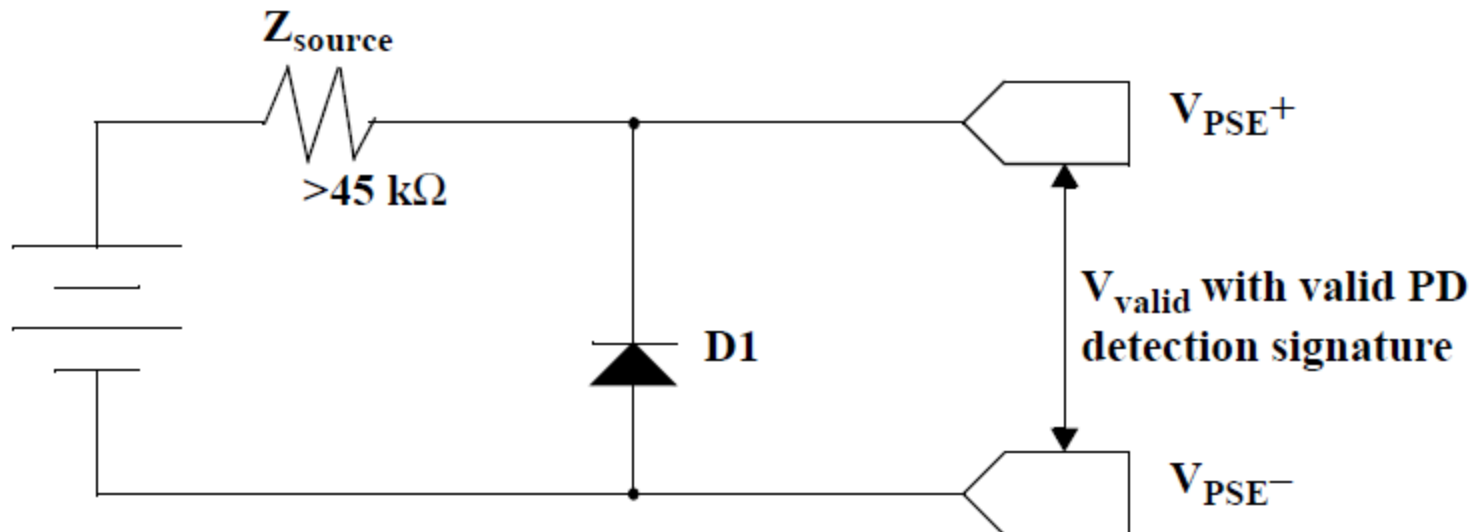
Power over Ethernet



- varianta A pro 10Base-T a 100Base-TX
- PSE jako samostatné zařízení

Power over Ethernet - detekce

- PSE testuje přítomnost PD
- napětí zdroje naprázdno až 30 V
- napětí při testu < 10V
- měří se ve 2 bodech, určí se odpor linky
- Pokud $R < 26,5 \text{ k}\Omega$ a $R > 19 \text{ k}\Omega$, pak akceptováno



Power over Ethernet - klasifikace

- identifikace varianty
- vzájemné přizpůsobení se
- varianty na fyzické nebo na linkové vrstvě
- fyzická vrstva – měření odběru na straně PSE
 - v jednom nebo 2 krocích
 - pokud je požadavek vyšší než možnosti, nezapne se
- linková vrstva
 - využívá se LLDP (Link Layer Discovery Protocol)
 - specifické TLP (type, length value) prvky
 - Informace o typu zařízení, max. příkonu apod.

Virtual LAN (VLAN)

- realizace „samostatných“ virtuálních LAN se sdílenou fyzickou infrastrukturou
- oddělení komunikace v jednotlivých sítích
 - včetně specifického broadcastu v rámci VLAN
- implementace prostřednictvím aktivních prvků infrastruktury
 - přepínače (mosty)
 - uživatelské MAC rámce obsahují tzv. tagy
- součástí tagu může být i informace o prioritě MAC rámce
- definováno standardem IEEE802.1Q
 - částečně vychází z IEEE802.1D (specifikace standardních přepínačů)

Virtual LAN (VLAN)

- uživatelské MAC rámce jsou vždy přiřazeny do právě jedné VLAN
 - přímo – rámec obsahuje daný tag
 - nepřímo – tag je doplněn přepínačem dle portu, z něhož dorazil
- Spanning Tree algoritmus je implementován pro každou VLAN
 - MSTP (Multiple Spanning Tree Protocol)
 - volba kořenového „root“ prvku pro VLAN
 - nalezení kořenového portu (s nejnižší „cenou“)
 - volba aktivního a případného záložního portu
 - specifické protokoly pro komunikaci mezi mosty

Virtual LAN (VLAN)

- typ 0x8100 – indikace VLAN
- VID (VLAN ID)
 - 0, pouze info o prioritě
 - 1, standardní hodnota pro ingress, lze změnit
 - 0xffff, rezervováno jako „wildcard“
- PCP – priorita
- CFI (canonical format identificatio)
 - 0 – little endian, 1 big endian

