

## Lokální sítě LAN

# O čem přednáška je?

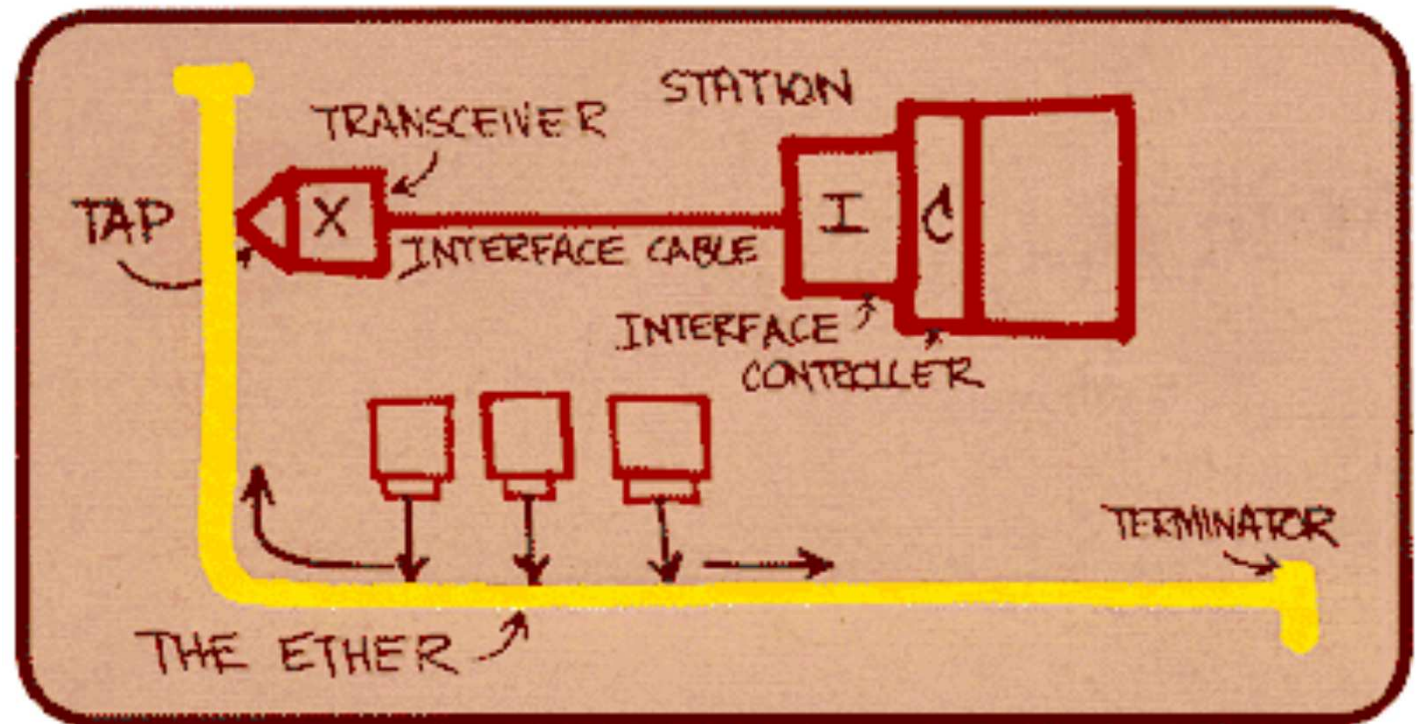
2

- Model IEEE 802
- Síť typu Ethernet
- FastEthernet
- Gigabitový Ethernet
- 10GE

# Vznik Ethernetu

3

- koncepce vznikla mezi 1974–76 PARC (Xerox)
- Robert Metcalfe, David Boggs
- „nultá“ verze 2,94 Mbps
- Ether od slova „éter“ – všesměrové šíření signálu



# Vznik Ethernetu, 2

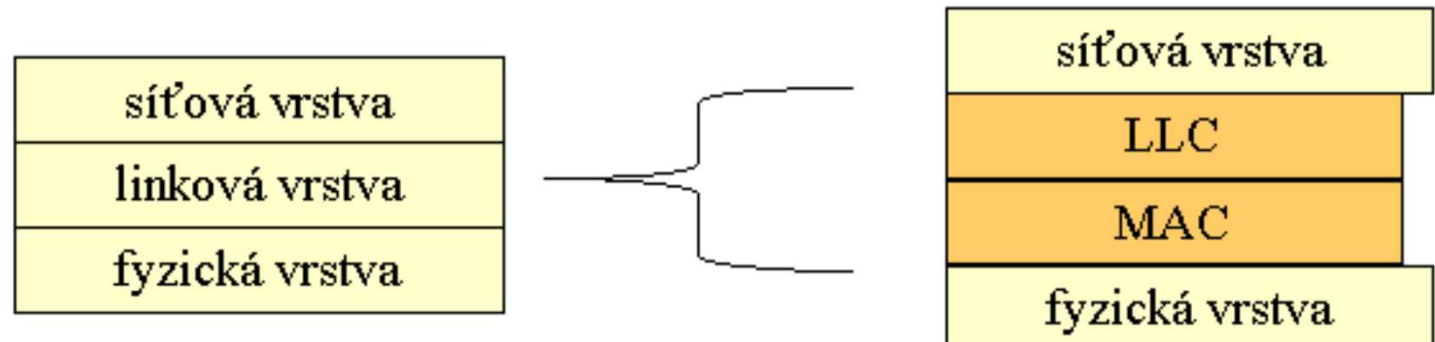
4

- Ethernet™ patentován XEROXem 31. března 1975
- 1979 Metcalfe zakládá 3Com, XEROX sdílí patent
- 1980 – DIX konsorcium (Digital, Intel, Xerox)
  - ▣ sběrníková topologie na koaxiálním kabelu
  - ▣ přístup k médiu řízen CSMA/CD algoritmem
  - ▣ přenosová rychlost 10 Mbps
- návrh DIX konsorcia předán IEEE (skupině 802)
  - ▣ DIX Ethernet se nevyvíjel (dnes Ethernet II)
- IEEE Ethernet se vyvíjí dodnes

# Model IEEE 802

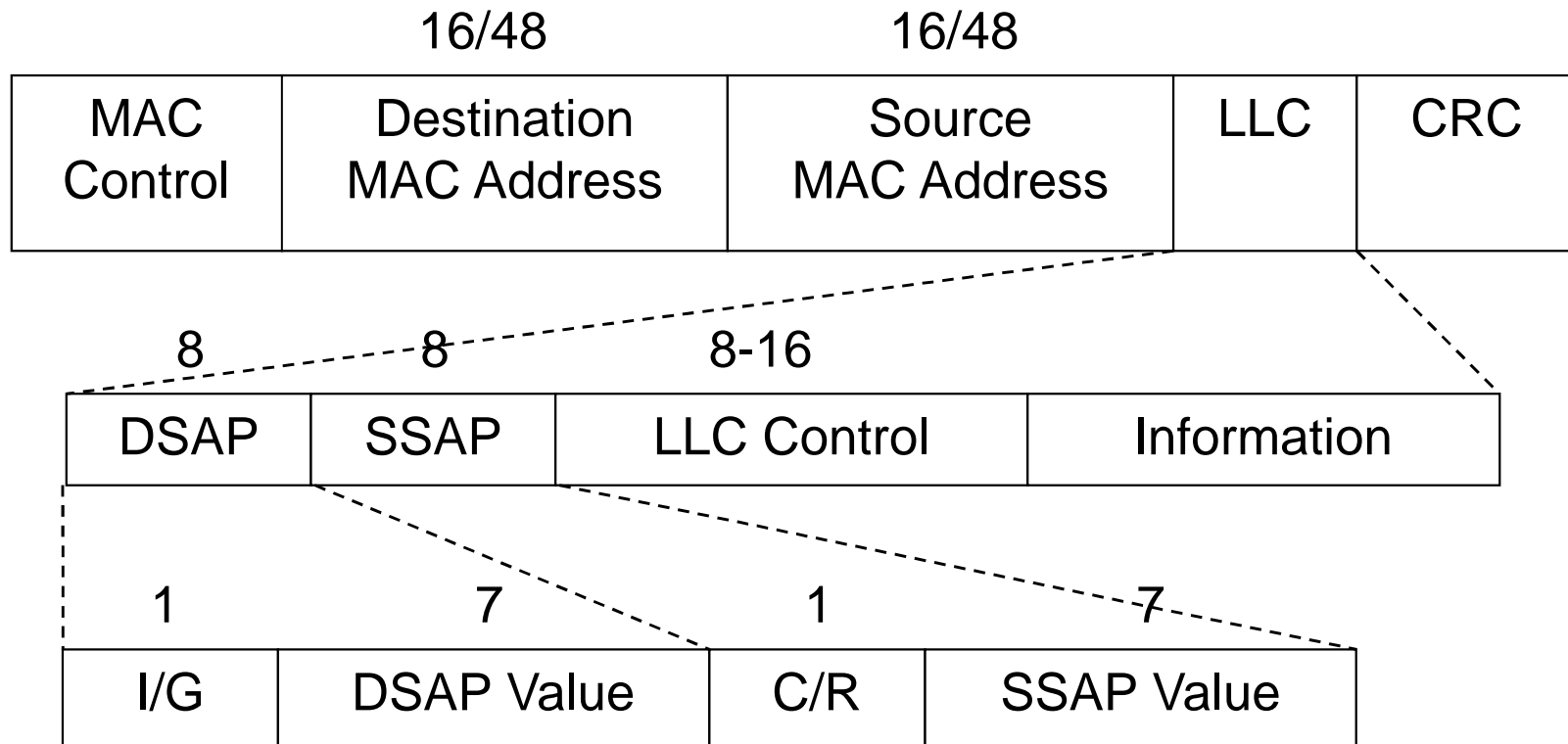
5

- popisuje architekturu LAN sítí
- linková vrstva rozdělena na 2 vrstvy
- podvrstvu **LLC (Logical Link Control)**
  - ▣ řízení linkového spoje (synchronizace, spolehlivost, potvrzování, řízení toku), poskytuje rozhraní pro vyšší vrstvy **LSAP** (LLC Service Access Point)
- podvrstvu **MAC (Media Access Control)**
  - ▣ řeší přístup ke sdílenému médiu, zapouzdření rámců + vytvoření zabezpečení, rozpoznání adres



# Formáty rámců

6



- I/G – Individual/Group address
- C/R – Command/Response
- DSAP Value – označení uživatele SAP (protokol vyšší vrstvy)

# Služby LLC

7

- **Operace Type 1** – Unacknowledged connectionless
  - žádné logické spojení, řízení toku dat ani opravy chyb
  - L\_DATA.request – dotaz na existenci služby v SAP
  - L\_DATA.indication – nastala událost
  - L\_DATA.confirm – potvrzení request
- **Operace Type 2** – Acknowledged connection oriented
  - řízení toku dat i opravy chyb
  - navíc příkazy pro navazování spojení a řízení toku dat
  - L\_CONNECT, L\_DISCONNECT, L\_DATA\_CONNECT
  - L\_RESET, L\_CONNECTION\_FLOWCONTROL

# Služby rozhraní LLC/MAC

8

- pouze operace s daty
- MA\_UNITDATA.request – dotaz, jsou-li data přítomna
- MA\_UNITDATA.indication – data jsou k dispozici
- MA\_UNITDATA.confirm – potvrzení request

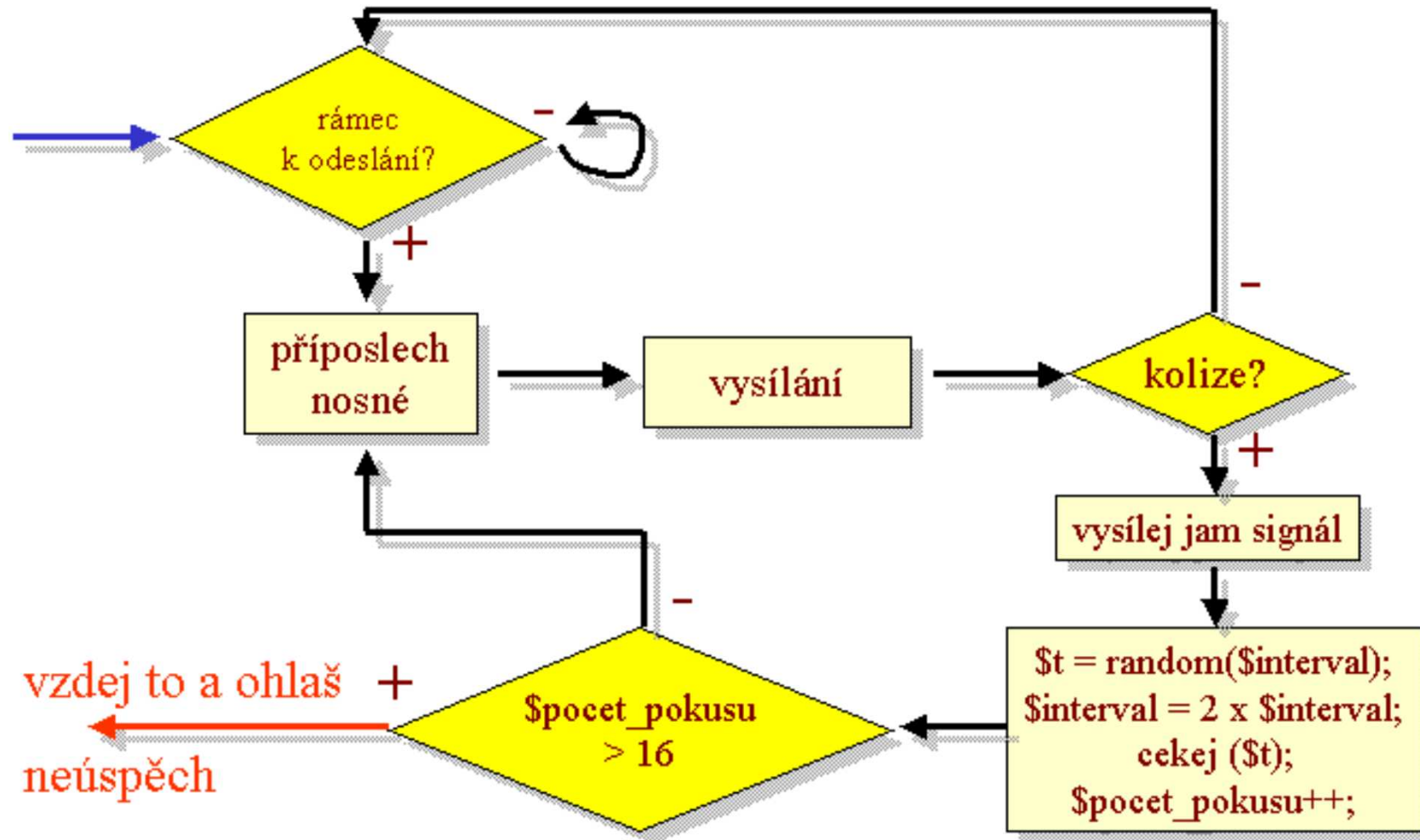


# Ethernet (IEEE 802.3)

- 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
- pracuje většinou v základním pásmu (existují i verze, které pracují v pásmu přeloženém)

# Přístupová metoda CSMA/CD

10



# Přístupová metoda CSMA/CD

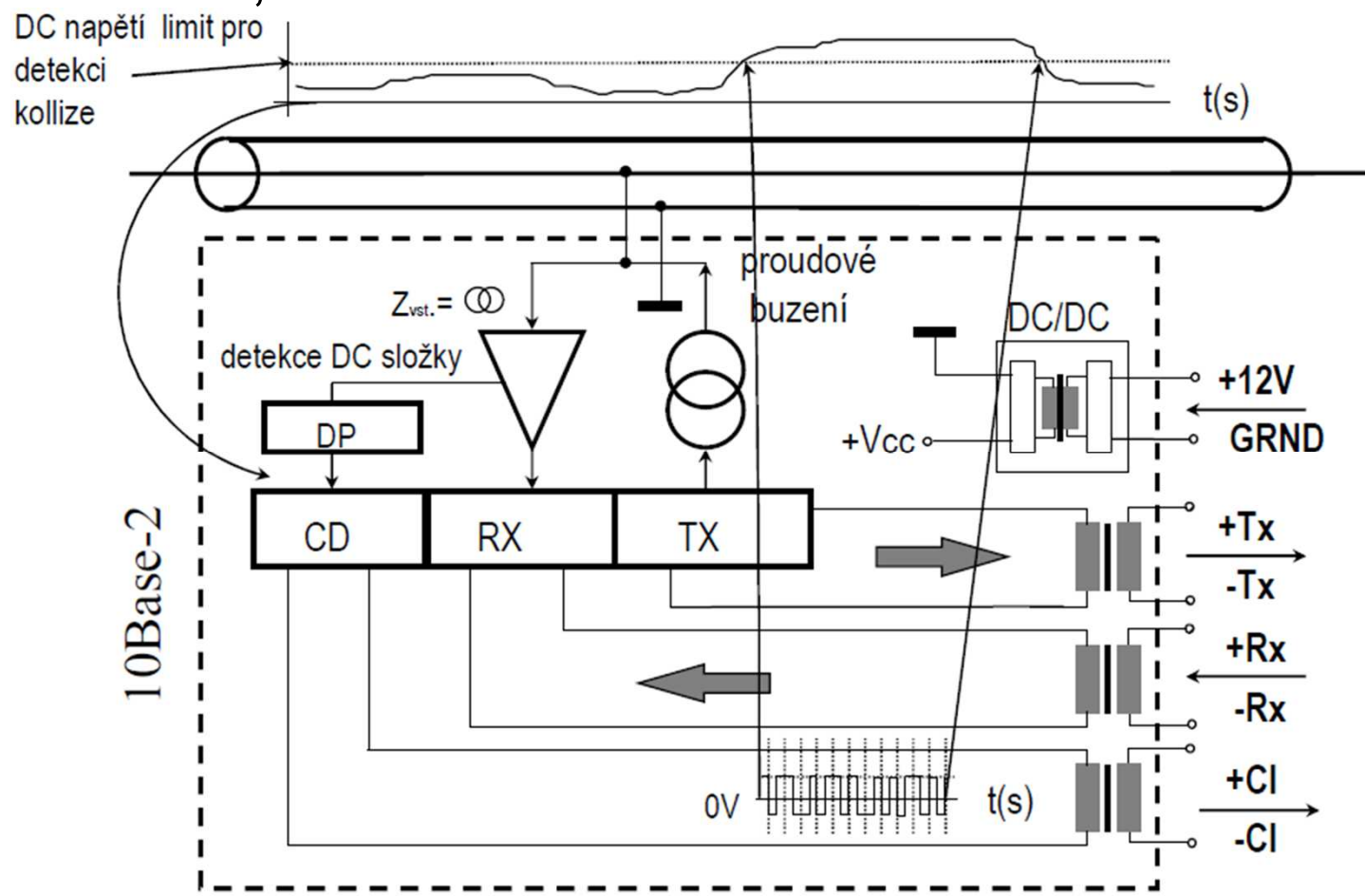
11

- určení doby  $t$  při  $k$ -tém pokusu
  - ▣  $t_0 = 51,2 \mu\text{s}$  (čas od vysílání rámce 64 B)
  - ▣  $n$  je náhodné číslo z intervalu  $\langle 0; 2^k \rangle$  pokud  $k < 10$ , jinak z intervalu  $\langle 0; 2^{10} \rangle$
- důsledky
- s opakovanými neúspěchy stanice čeká déle
- od vysílání není zaručeno
- čím více vysílání, tím více kolizí
- délka rámce omezena zdola (tzv. slot time) na 64 B pro 10 Mb a 512 B pro 1 Gb

# Kolize

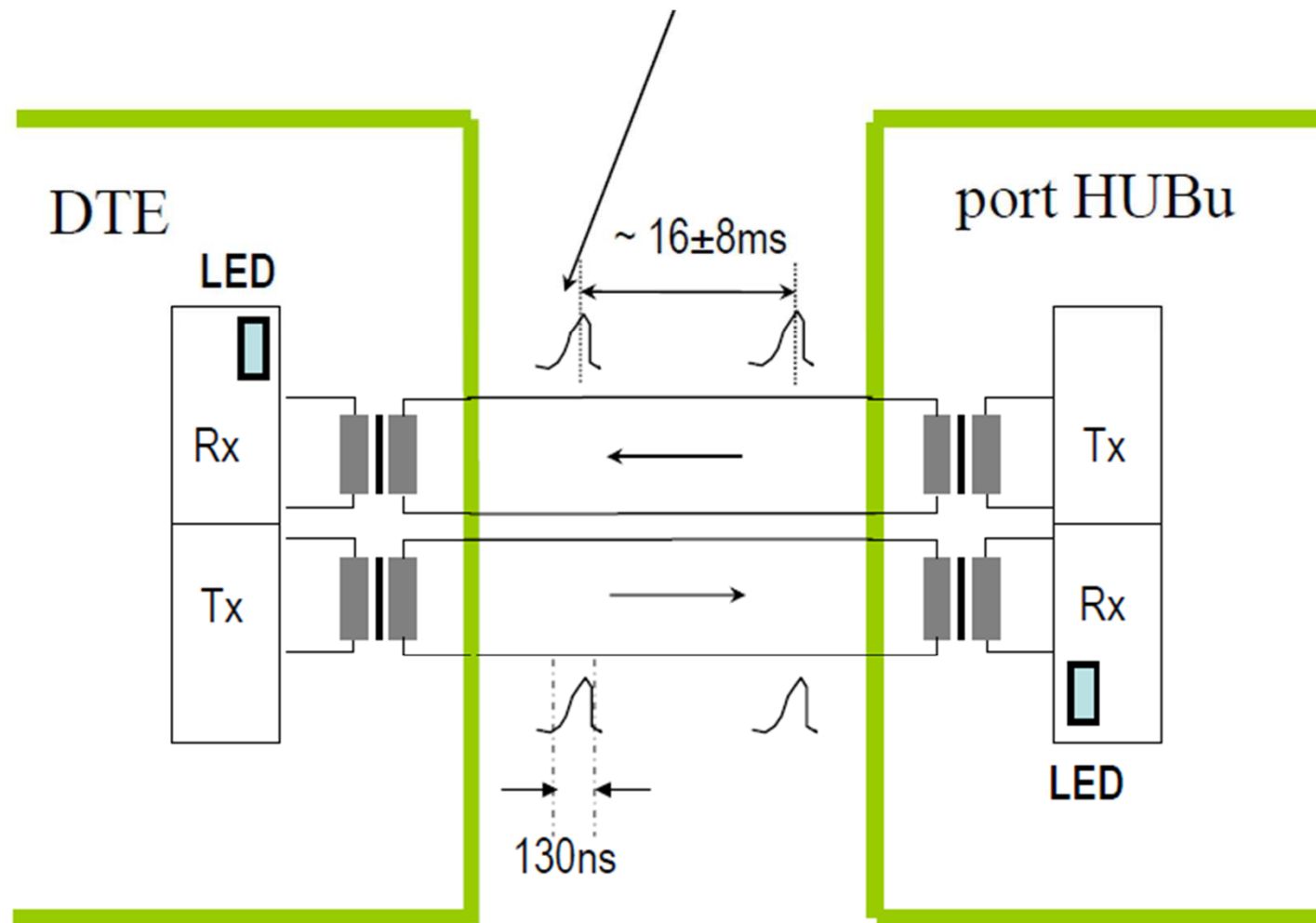
12

- **lokální** – délka < 64B, CRC nesouhlasí, CD detekován
- **vzdálená** – délka < 64B, CRC nesouhlasí
- **pozdní** – délka > 64B, CRC nesouhlasí



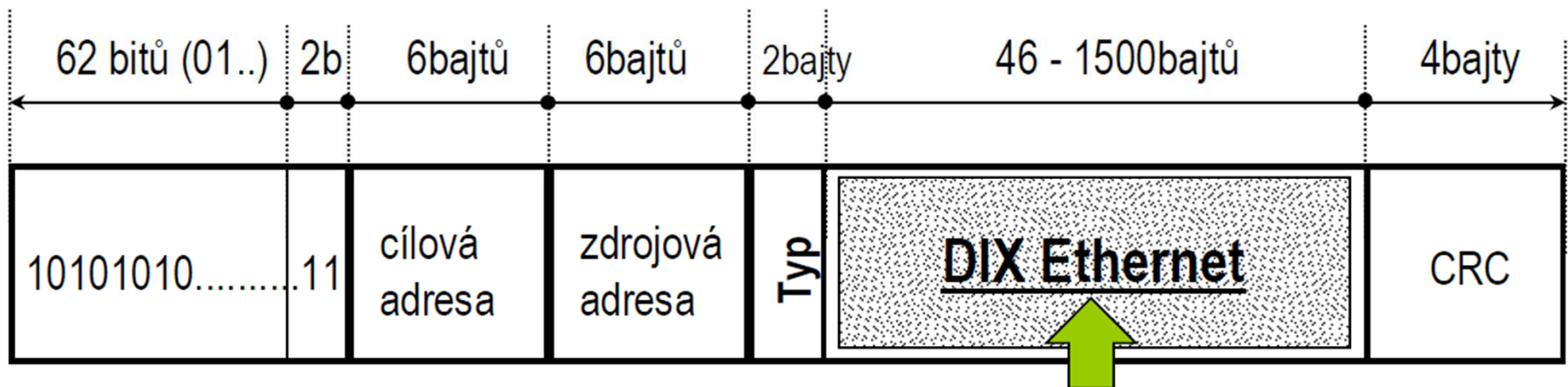
# „Link integrity“ signál

13



# Ethernet – DIX rámeček (Ethernet II)

14

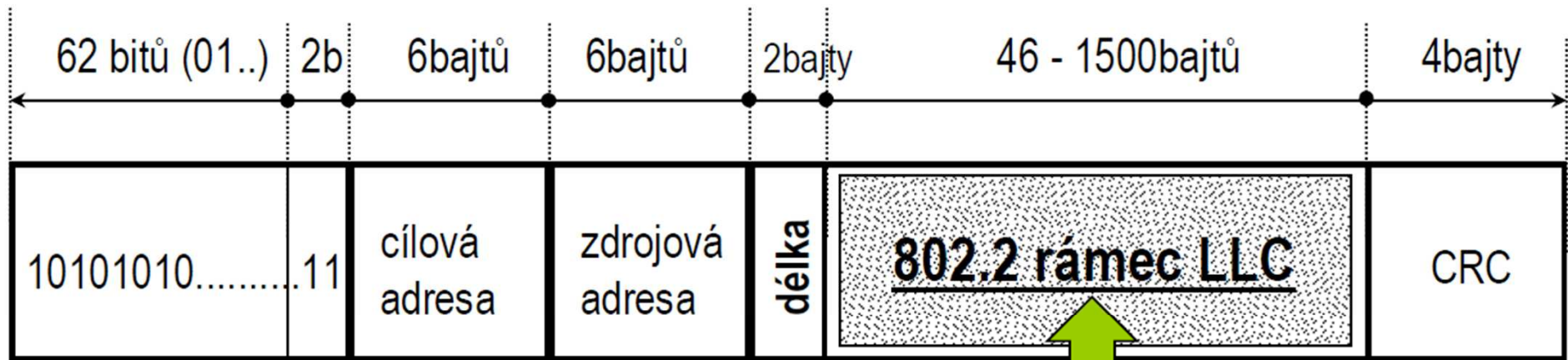


**Typ** - definuje číslo paketu vyšší vrstvy, 2 bajty, např.  
*0x800 IP protokol*  
*0x806 ARP protokol*

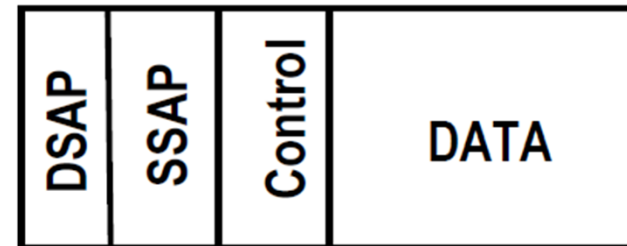
DATA (IP, ARP, ICMP, atd.)

# Ethernet – 802.2 rámeček LLC

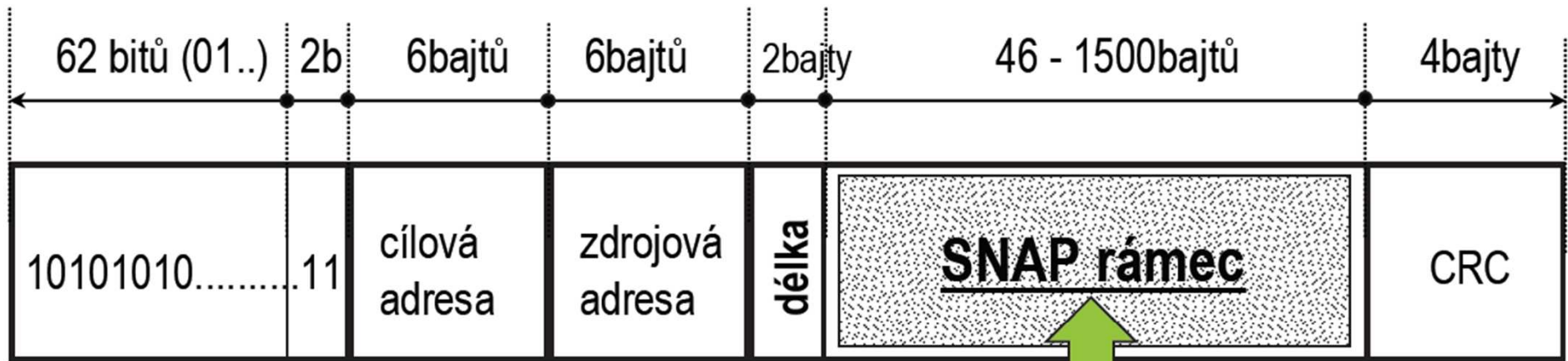
15



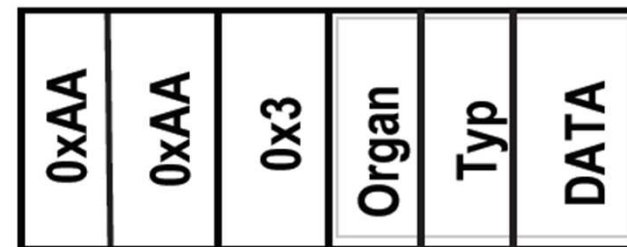
**DSAP** - cílový port služby, 1bajt  
**SSAP** - zdrojový port služby, 1bajt  
**Control** - typ paketu, většinou, 1bajt  
0x3 (nečíslovaný)



# Ethernet – SNAP rámeček



**Organ** - číslo organizace přidávající pole **Typ**, IETF (000000), 3 bajty  
**Typ** - identifikace paketu vyšší vrstvy, 2bajty, stejné jako u DIX pro Internet



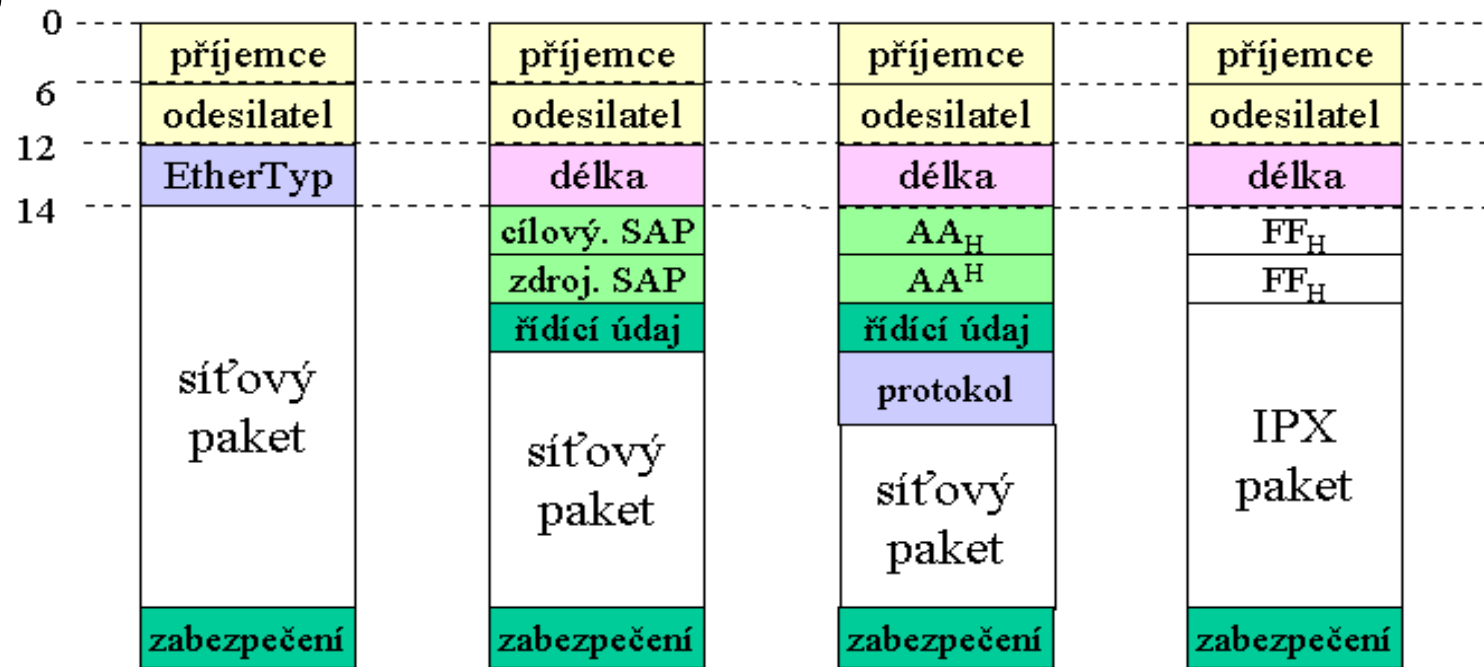


# Rozlišení rámců

17

- Type > 1500 ⇒ Ethernet II
- Length < 1500 ⇒ 802.3
  - ▣ další 2 byty jsou FFFF ⇒ raw 802.3 (chybná interpretace Novell)
  - ▣ další 2 byty jsou AAAA ⇒ 802.2 SNAP

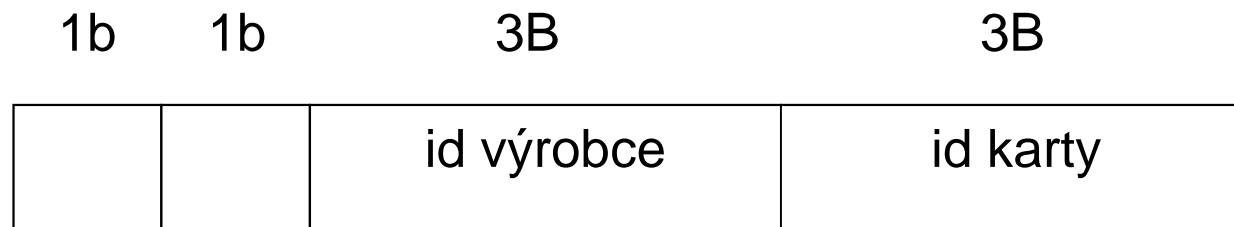
- jinak 802.2



# Formát adres

18

- 6B adresy – celosvětově unikátní
  - výrobci dostávají přidělené bloky adresního prostoru

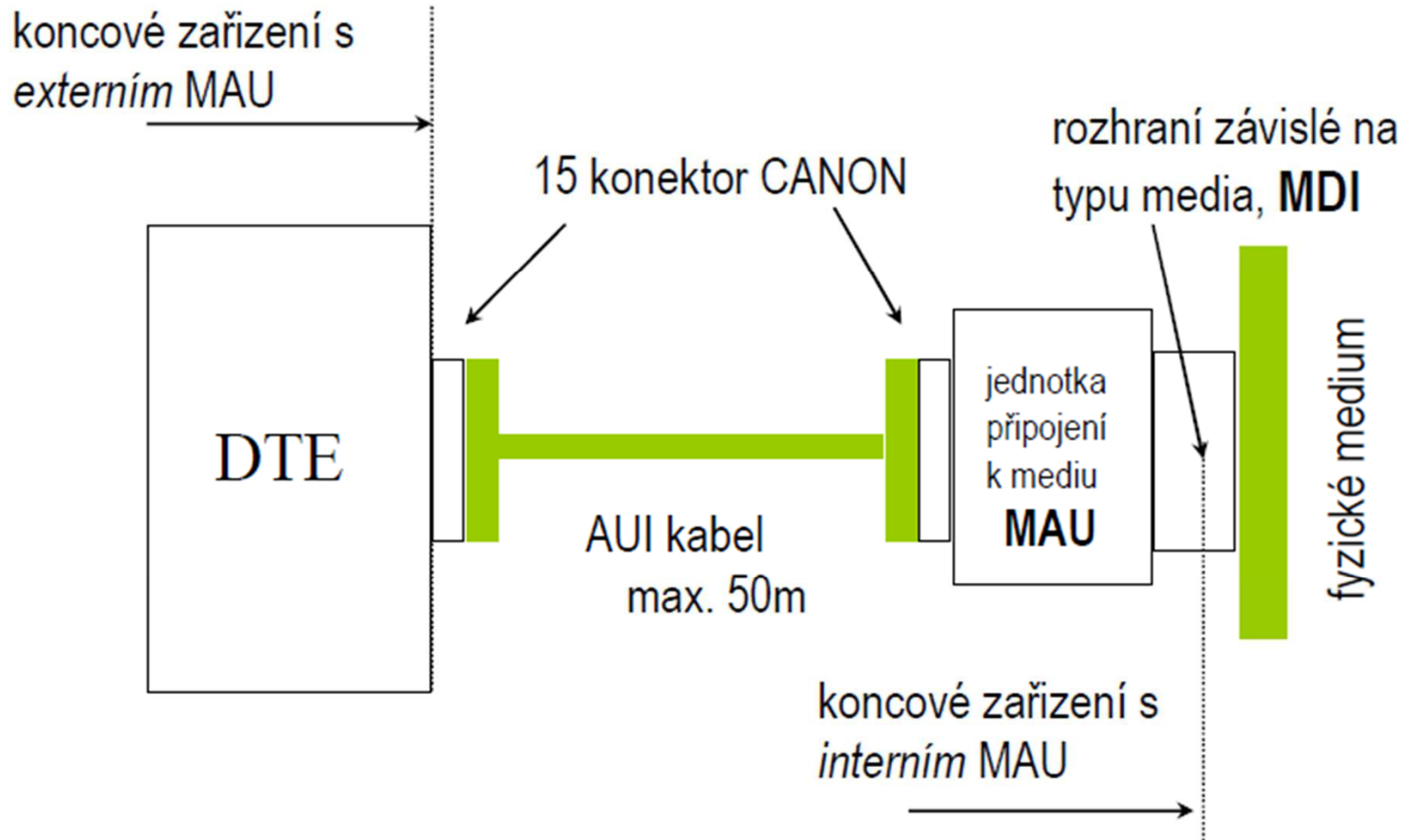


↓  
0 – lokální  
1 – globální

0 – individuální  
1 – skupinová

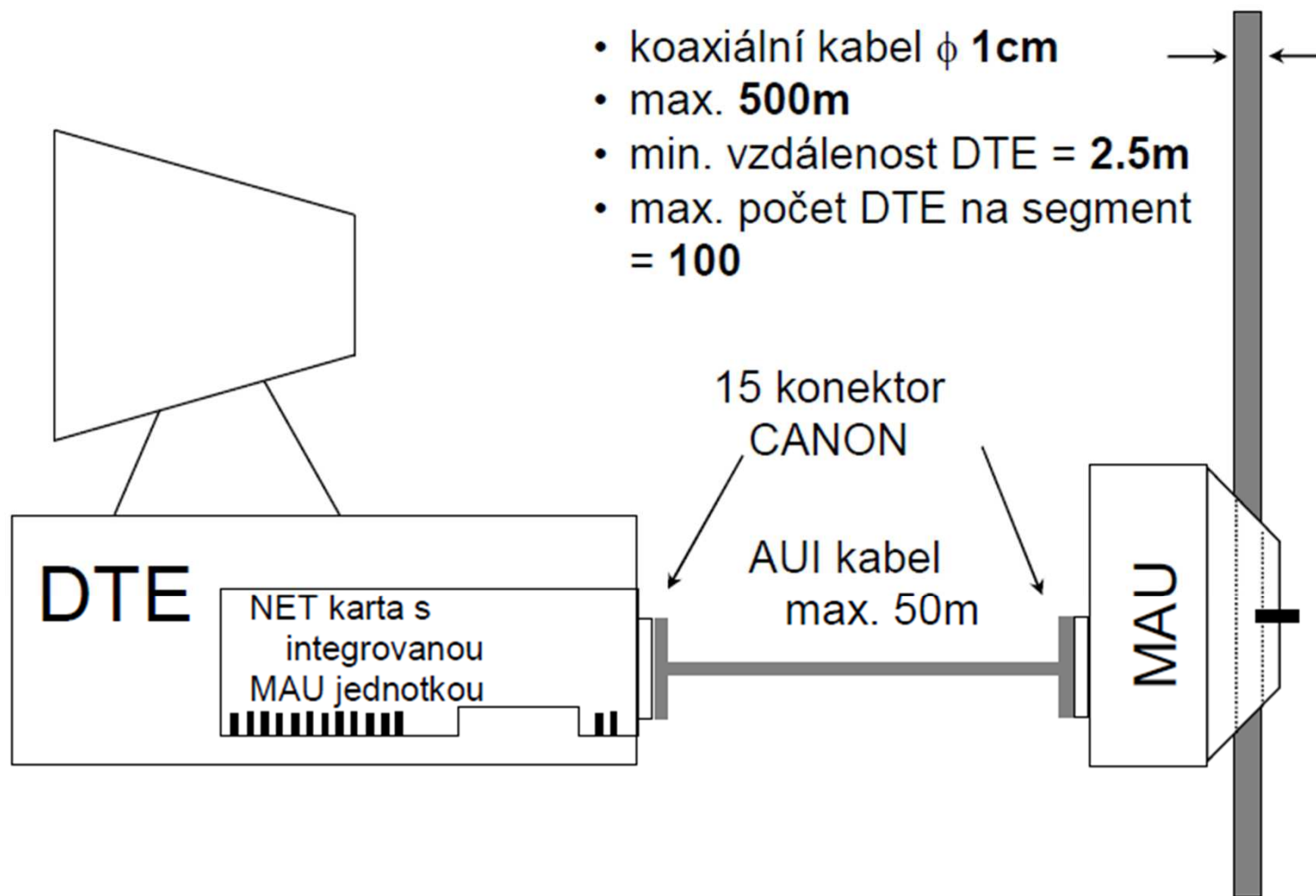
# Desetimegabitový Ethernet 10Base-X

19



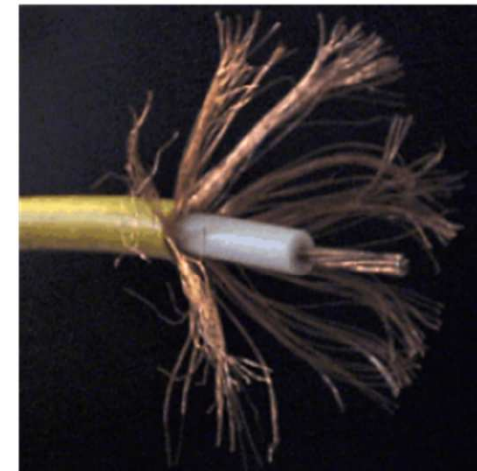
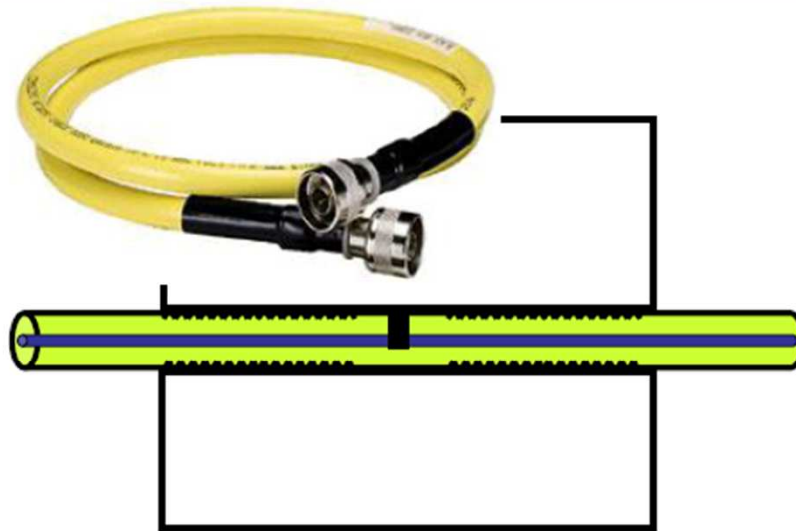
# Ethernet 10Base5

20



# Ethernet 10Base5

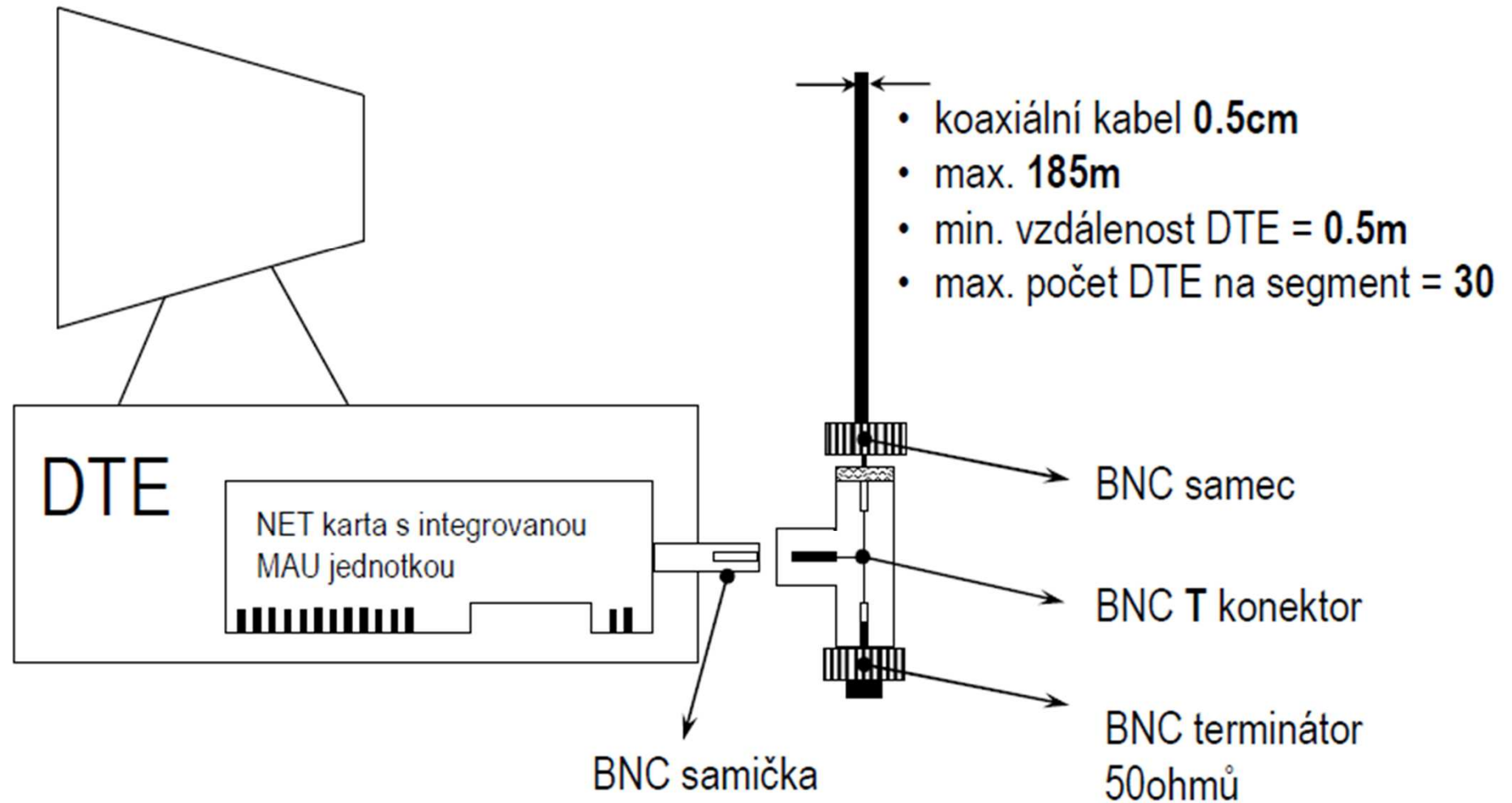
21



KIV/PD – Přenos dat

# Ethernet 10Base2

22



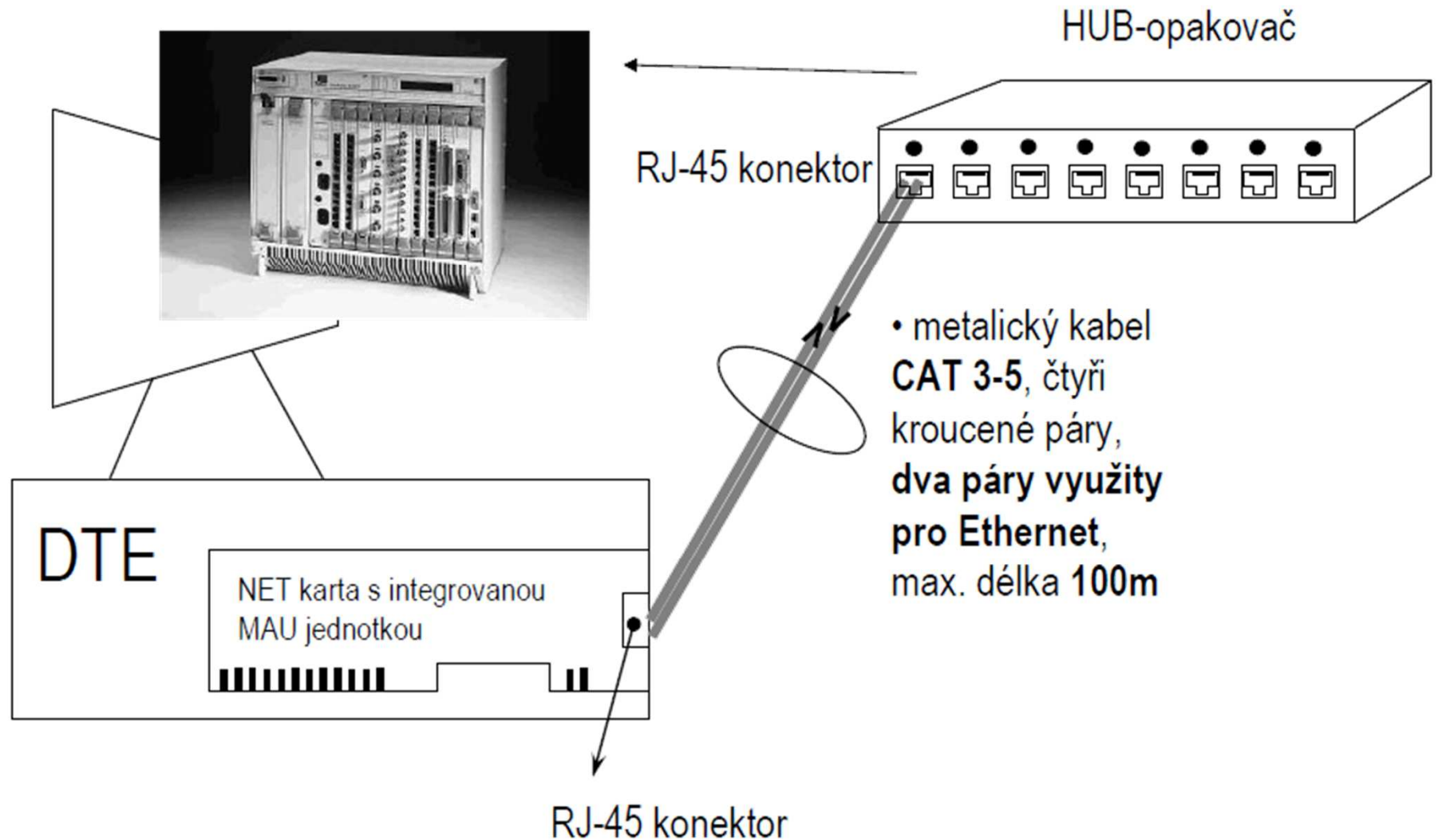
# Ethernet 10Base2

23



KIV/PD – Přenos dat

# Ethernet 10BaseT





# Ethernet 10Base-F

25



do 500m  
od DTE k  
HUBu

IDLE - stále se přenáší 2,5 MHz  
takt synchronizovaný s místním  
taktem, max. 2km



IDLE - 1 MHz, nemusí být  
synchronní s místním taktem  
zde jen pro účely „Link beat“,  
max. 2km



# Opravdu 10Mb/s ?

26

- délka rámce v Ethernetu 72 – 1526 B (46 – 1500B)
- délka jednoho bitového intervalu 100 ns
- mezera mezi rámci 9,6  $\mu$ s
- **maximální délka rámce**
  - ▣  $1 / (9,6 \cdot 10^{-6} + 1526 \cdot 8 \cdot 100 \cdot 10^{-9}) = 812$  rámců/s
- **minimální délka rámce**
  - ▣  $1 / (9,6 \cdot 10^{-6} + 72 \cdot 8 \cdot 100 \cdot 10^{-9}) = 14880$  rámců/s
- rychlost přenosu dat
  - ▣  $812 \cdot 1500 \cdot 8 = 9,744$  Mb/s
  - ▣  $14880 \cdot 46 \cdot 8 = 5,480$  Mb/s
  - ▣  $14880 \cdot 1 \cdot 8 = 0,119$  Mb/s

# Ethernet 100Base-X – vlastnosti

27

- synchronní vysílání, half/full-duplex, slot time 64B, mezera mezi rámci 96b, rámec 64 – 1518B
- standard (IEEE 802.3u), návrh firma Grand Junction
- doporučuje se, aby v jedné síti byl pouze **jeden hub**
- k jejich vzájemnému propojení je potřeba **switch**
- 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 byl na 200 MHz
  - 200 MHz je však frekvence, která překračuje fyzikální možnosti kroucené dvoulinky

# Ethernet 100Base-X – zvýšení rychlosti

28

- 10x násobné zrychlení se dosáhlo:
  - ▣ 10x násobným zkrácením bitového intervalu
  - ▣ zkrácením dosahu segmentů
  - ▣ efektivnějším kódováním
  - ▣ modulační rychlost 125 MBaud (kódování 4B/5B)
- přenos dat realizován prostřednictvím MLT-3 a NRZI kódování
- „fyzická vrstva“ Ethernetu se rozdělila na dvě podvrstvy
  - ▣ **Medium Independent Interface (MII)** a **Physical Layer Device (PHY)**

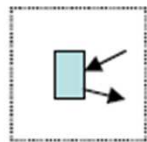
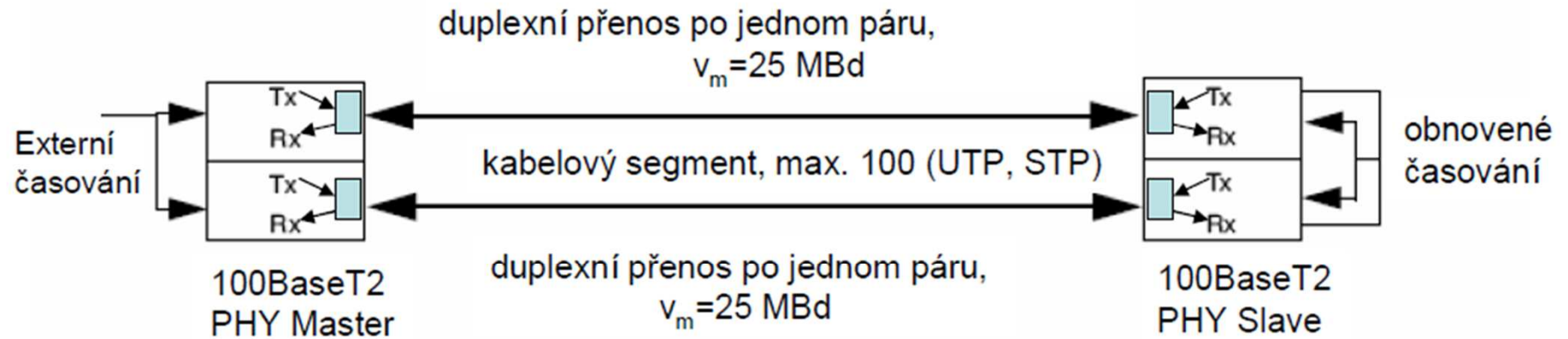
# Ethernet 100Base-T2

29

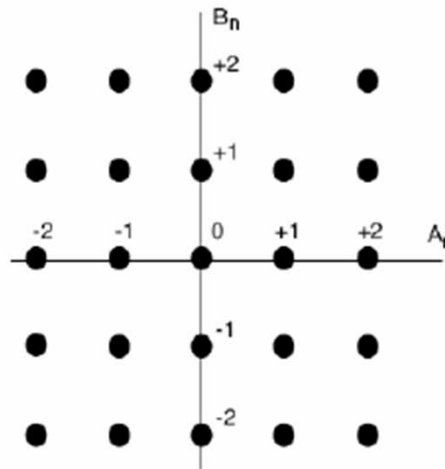
- Kompatibilní s algoritmem CDMA/CD
- Podpora režimu duplex
- Podporované kabely kategorie 3, 4 a 5 do max. 100 m
- Umožňuje použít jiné aplikace (telefon) na sousedních párech UTP
- Maximální vzdálenost stanic 205 m

# Ethernet 100Base-T2, schéma

30



- vidlice (Hybrid)



5-ti stavová  
PAM modulace  
- „stlačení“ šířky pásma signálu  
v souladu s možností  
kabelů nejnižší CAT3

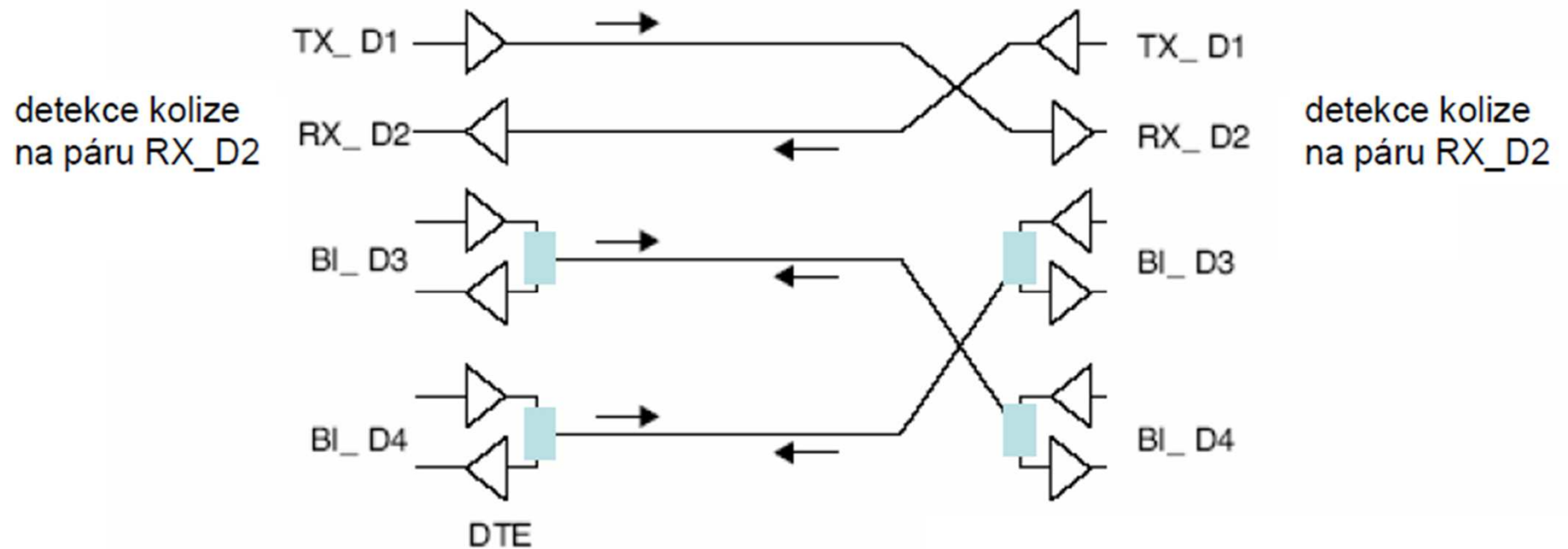
# Ethernet 100Base-T4

31

- Kompatibilní s algoritmem CSMA/CD pouze v poloduplexním režimu
- Podpora režimu duplex
- Kódování **8B6T** (náhrada bytu šesticí třístavových symbolů)
  - ▣ není nutné používat NRZI nebo MLT-3
- Podporované kabely kategorie 3, 4 a 5 do max. 100 m
- Umožňuje použít jiné aplikace (telefon) na sousedních párech UTP
- Maximální vzdálenost stanic 205 m

# Ethernet 100Base-T4, schéma

32





# Ethernet 100Base-X

33

- 100Base-TX
  - ▣ používá kabely kategorie 5 (UTP i STP), vystačí se dvěma páry vodičů
  - ▣ používá stejné zapojení vodičů jako 10BaseT
  - ▣ maximální vzdálenost dvou počítačů je 205 m
- 100Base-FX
  - ▣ používá multivídný (62.5/125) optický kabel
  - ▣ maximální vzdálenost dvou počítačů od sebe (součet délek jejich propojovacích kabelů) je 2 km

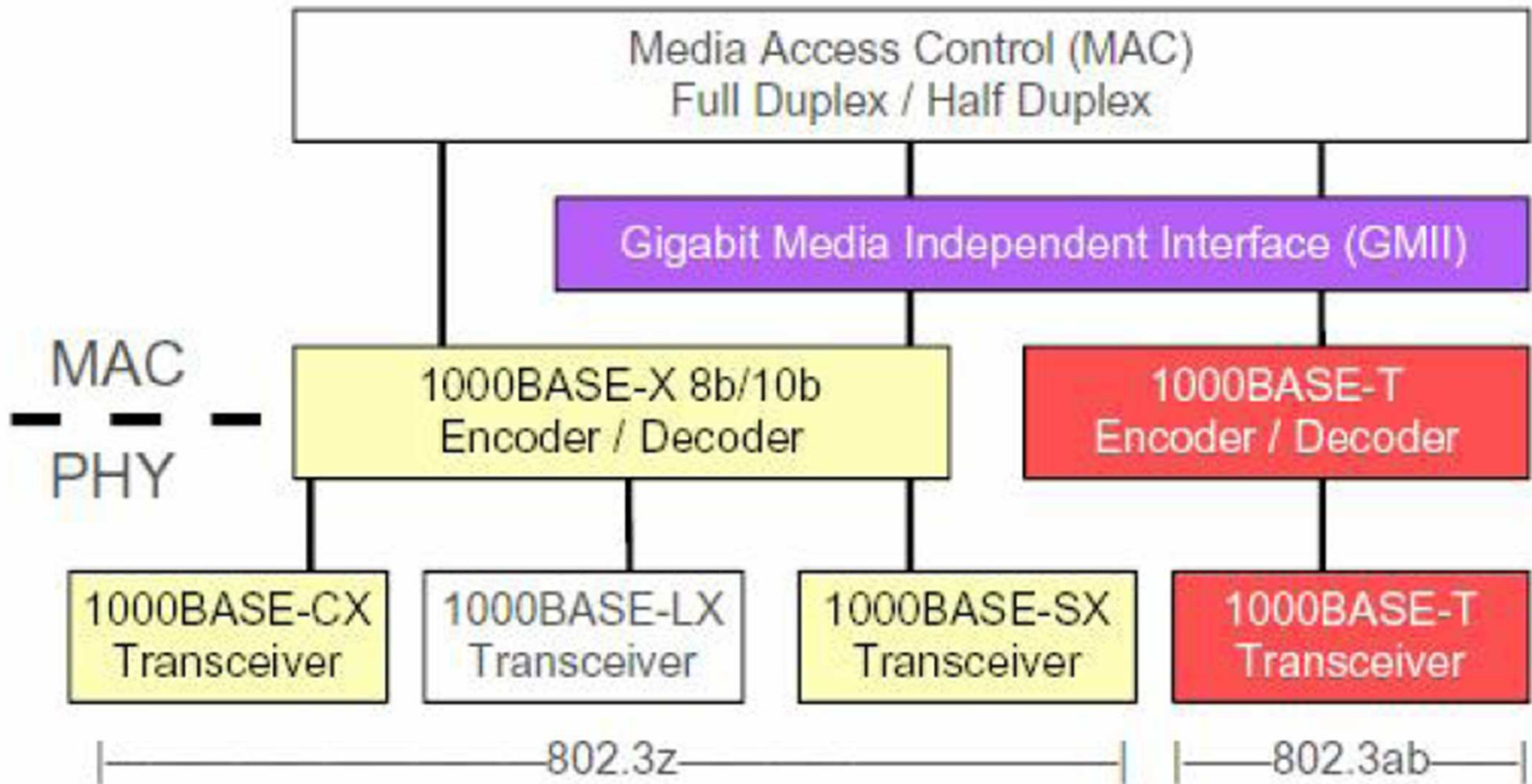
# Ethernet 1000Base-X

34

- 10násobné zrychlení = 10násobné zkrácení max. délky segmentu
  - ▣ na 20 metrů, to je neúnosné
- **odlišné kódování** - místo 4B/5B je použito 8B/10B
- **prodloužen** tzv. **slot-time** (doba na detekci kolize)
  - ▣ původně odpovídá min. délce rámce 64 B, nyní odpovídá 512 B
- **Carrier Extension** – rámce menší jak 64 B jsou "roztaženy" na 512 B doplněním o "vycpávku"
  - ▣ to ale plýtvá přenosovou kapacitou, zvláště u malých paketů
- **Packet Bursting**
  - ▣ v rámci jednoho slotu (512 až 1500 B) může být vysláno více menších rámců

# Ethernet 1000Base-X, standardy

35



# Ethernet 1000Base-SX

36

- využívá optický kabel (multi mode)
- laser s krátkou vlnovou délkou (770 nm - 860 nm)
- maximální délka optického kabelu je 550 m

<b>Fiber type</b>	<b>Modal bandwidth @ 850 nm (min. overfilled launch) (MHz · km)</b>	<b>Minimum range (meters)</b>
62.5 μm MMF	160	2 to 220
62.5 μm MMF	200	2 to 275
50 μm MMF	400	2 to 500
50 μm MMF	500	2 to 550
10 μm SMF	N/A	Not supported

# Ethernet 1000Base-LX

37

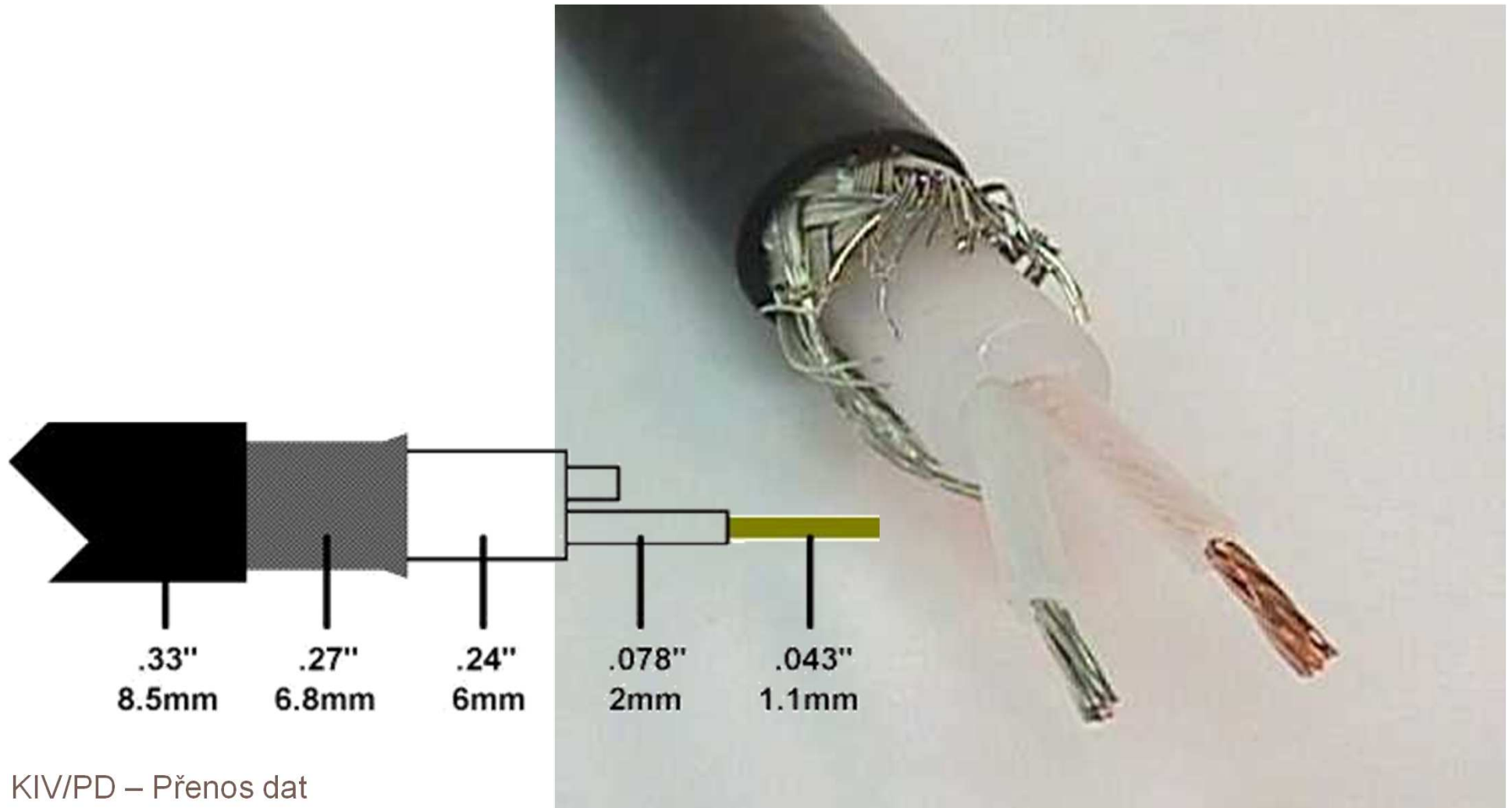
- využívá optický kabel (multi mode i single mode)
- laser s dlouhou vlnovou délkou (1270 – 1335 nm)
- maximální délka optiky je 550 m (MM) nebo 5000m (SM)

<b>Fiber type</b>	<b>Modal bandwidth @ 1300 nm (min. overfilled launch) (MHz · km)</b>	<b>Minimum range (meters)</b>
62.5 μm MMF	500	2 to 550
50 μm MMF	400	2 to 550
50 μm MMF	500	2 to 550
10 μm SMF	N/A	2 to 5000

# Ethernet 1000Base-CX

38

- používá stíněný twinaxiální kabel s maximální délkou 25 m



# Ethernet 1000Base-T

39

- realizace Gigabit Ethernetu pomocí kroucené dvoulinky kategorie 5e nebo lepší
- využívá všech čtyřech párů tak, že na každém páru posílá data rychlostí 250 Mb/s
- pro kódování se místo MLT-3 (PAM3 1,0,-1) používá PAM5 (Five Level Pulse Amplitude Modulation, 1,0.5,0,-0.5,-1)
- dosah max. 100 m

# Ethernet 10GBase-X

40

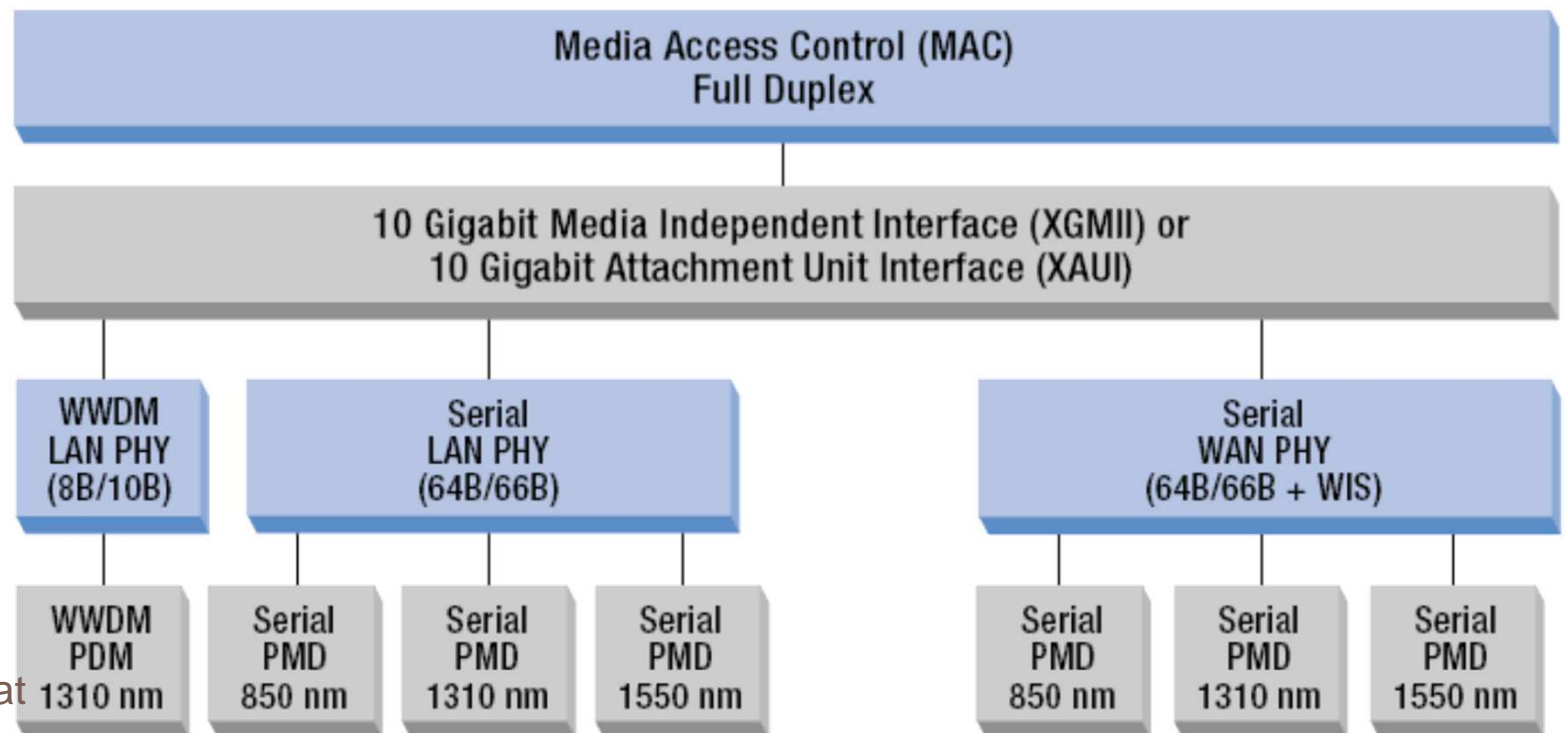
- Verze Ethernetu podporující přenosové rychlosti až 10 Gb/s
- Definován ve standardu **IEEE 802.3ae**
- Používá stejný formát adresy a stejný formát rámce jako Ethernet
- Pracuje pouze v režimu full duplex
- Původní specifikace zahrnuje jako přenosové médium pouze optický kabel (dvě optická vlákna)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



# Ethernet 10GBase-X, varianty připojení

41

- **R** je použito kódování 64B/66B
- **X** je použito kódování 8B/10B
- **W** se používá kódování 64B/66B a rozhraní WIS (Wide Interface Sublayer), které zapouzdřuje rámce sítě Ethernet, tak aby mohly být posílány přes kanál STS-192c sítě SONET



# Ethernet 10GBase-S

42

- 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
- zahrnuje podvarianty
  - ▣ **10GBase-SR** je určen pro použití s dark fiber (optický kabel, ke kterému není připojeno žádné jiné zařízení)
  - ▣ **10GBase-SW** je určen pro připojení k vybavení sítě SONET

# Ethernet 10GBase-L

43

- používá laser s dlouhou vlnovou délkou 1310 nm
- určen pro jednovidové optické kabely
- maximální délka kabelu je 10 km
- při použití kvalitnějšího kabelu je možné i propojení na větší vzdálenosti
- zahrnuje podvarianty
  - ▣ 10GBase-LR je určen pro použití s dark fiber
  - ▣ 10GBase-LW je určen pro připojení k vybavení sítě SONET

# Ethernet 10GBase-E

44

- 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 je určen pro použití s dark fiber
  - ▣ 10GBase-EW je určen pro připojení k vybavení sítě SONET

# Ethernet 10GBase-LX4

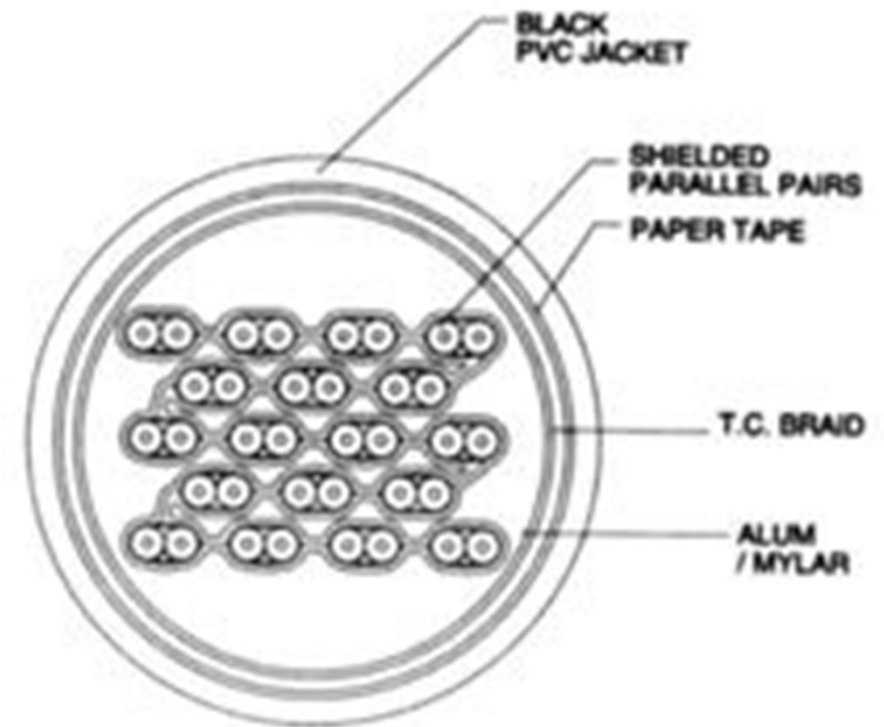
45

- používá technologii WDM multiplexování podle vlnové délky laseru
- 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

# Ethernet 10GBase-CX4

46

- ze specifikace IEEE 802.3ae vychází další specifikace umožňující použití měděných kabelů
- specifikována dokumentem IEEE 802.3ak
- používá twinaxiální kabel se 4 páry vodičů
- maximální délka kabelu je 15 m



# Ethernet 10GBase-T

47

- specifikována dokumentem IEEE 802.3an
- používá kroucenou dvojlinku
- maximální délka kabelu je až 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
- 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

# Budoucnost Ethernetu 40/100G

48

- Datastream pořád stejný
  - ▣ rozdíl pouze v MII (Media Independent Interface)

□ GMII	D0..D7	C	CLK		
□ XGMII	D0..D7 C0	D8..D15 C1	D16..D23 C2	D24..D31 C3	CLK
□ CGMII	D0..D7 C0	D8..D15 C1	Dy..Dz Cx	D56..D63 C3	CLK