



ČESKÉ
VYSOKÉ
UČENÍ
TECHNICKÉ
V PRAZE

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ KATEDRA TELEKOMUNIKAČNÍ TECHNIKY



B2B32DAT Datové sítě

Ing. Pavel Bezpalec, Ph.D.

Katedra telekomunikační techniky
FEL ČVUT v Praze

Pavel.Bezpalec@fel.cvut.cz

Harmonogram přednášek

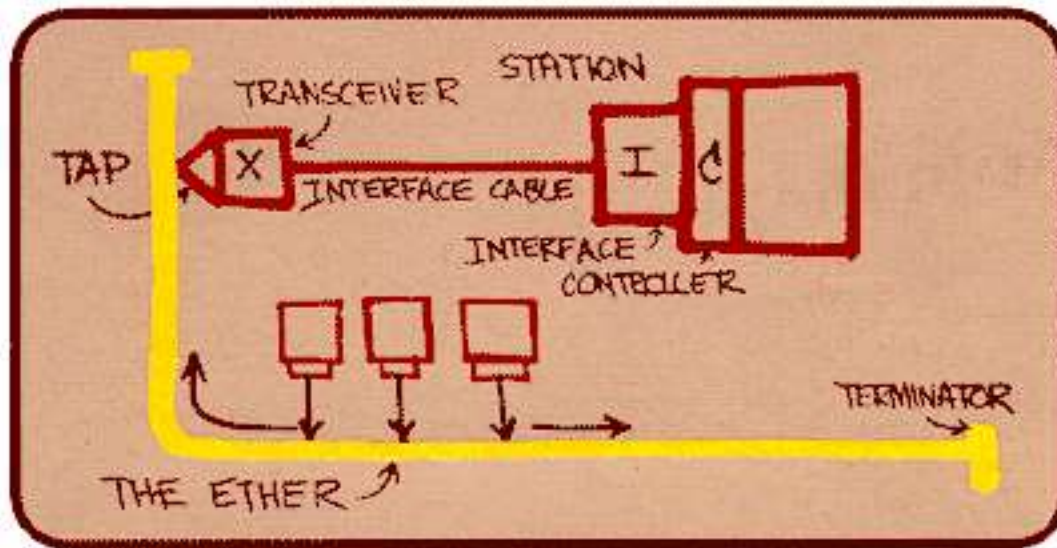


Týden	Datum	Náplň přednášek
1.	27. 9.	Úvod do datových sítí, základní pojmy, rozdělení datových sítí, historický vývoj.
2.	4. 10.	Internet, virtualizace, cloud, sociální sítě.
3.	11. 10.	Modely datové komunikace, formální zápis funkce komunikačního protokolu.
4.	18. 10.	Adresace v internetu – princip VLSM, přidělování, překlad.
5.	25. 10.	Aplikační protokoly – socket, web, telnet.
6.	1. 11.	Architektura systému doménových jmen.
7.	8. 11.	Přenos elektronické pošty v Internetu.
8.	15. 11.	Směrování v datových sítích. AS. Směrovací algoritmy.
9.	22. 11.	Lokální sítě. Síťové prvky v datových sítích. Virtualizace datových sítí.
10.	29. 11.	Ethernet – koncept, nasazení, využití.
11.	6. 12.	Internet věcí.
12.	13. 12.	Počítačová bezpečnost.
13.	20. 12.	Sítě WAN (MPLS, VPN, PPP).
14.	10. 1.	Základní principy správy a řízení datových sítí

Ethernet – historie



- Havaii – radiová síť ALOHA na propojení ostrovů
 - ½ 70. let 20. století
- PARC (Palo Alto Research Center) – Ethernet
 - 2,94 Mbit/s – XEROX (patentováno 1976)
 - 10 Mbit/s – DEC, Intel, XEROX (DIX Ethernet, 1980)
- Standardizace
 - 1983 – IEEE 802.3 CSMA/CD, ISO 8803.2



Ethernet – historie



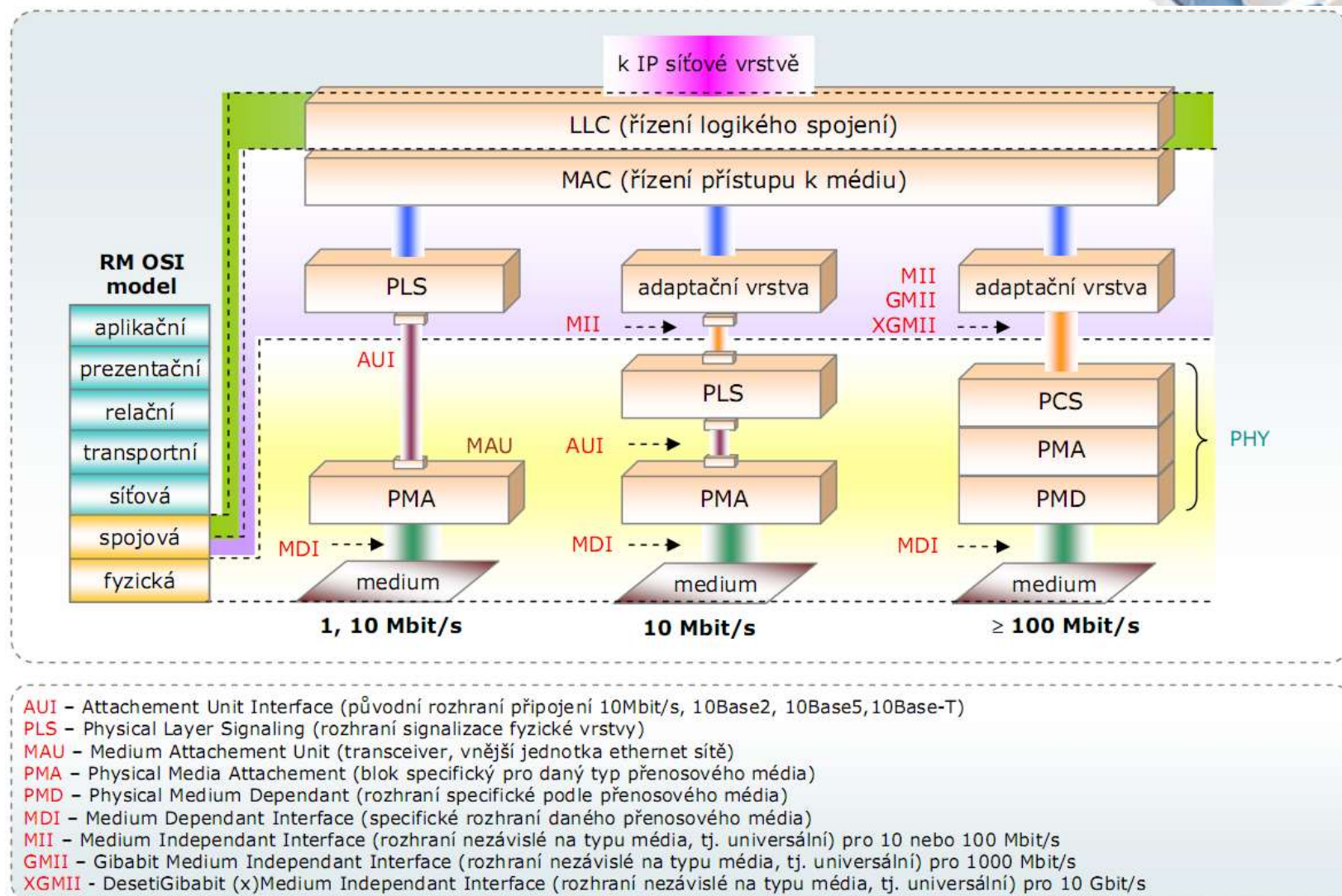
- Standardizace
 - 1980 – založena skupina IEEE802
 - 1982 – vzniká Ethernet II v konsorciu DIX, zvaný též DIX Ethernet
 - 1985 – pracovní skupina IEEE 802.3 vydává 1. standard
 - „IEEE 802.3 Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications“
 - vůbec se tam nevyskytuje slovo „Ethernet“
 - licenční důvody (trademark vlastní Xerox)
 - 2018 – poslední konsolidace dokumentu IEEE 802.3
- Dnes se veškerý vývoj odehrává pouze ve skupině IEEE802

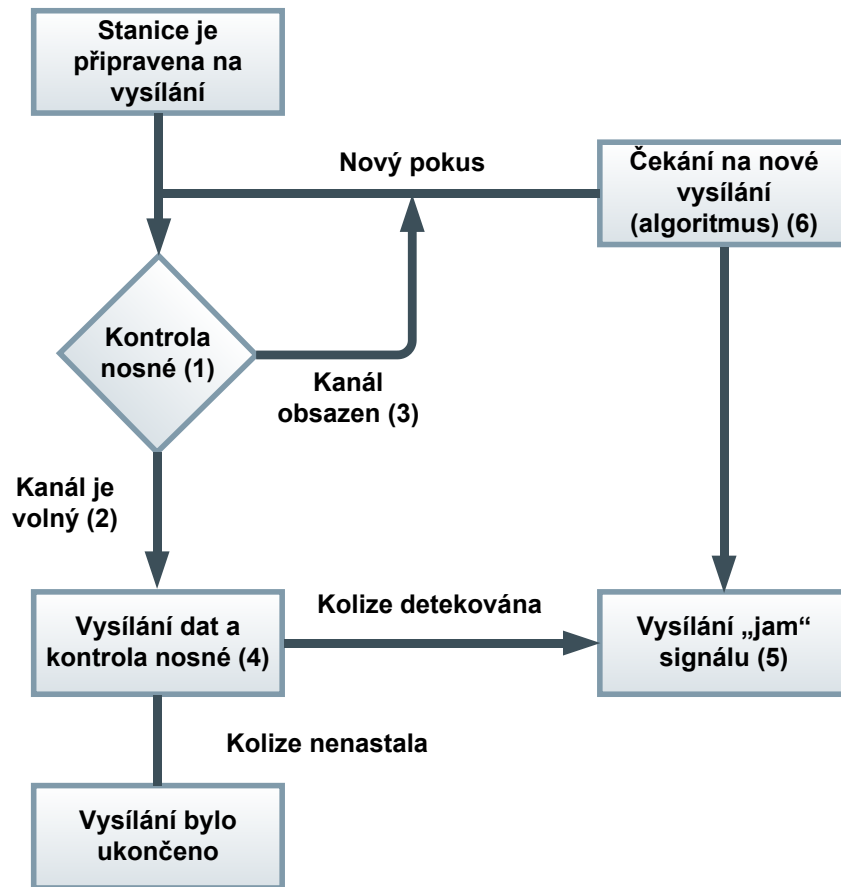
Ethernet



- Technologie pro přenos dat po sdíleném médiu
- Přístupová metoda CSMA/CD 1-persistentní
- Definován protokoly spojové a fyzické vrstvy RM OSI
- Spojová vrstva rozdělena na podvrstvy
 - LLC – *Logical Link Control (IEEE 802.2)*
 - řízení logického spojení
 - nezávislá na fyzické interpretaci sítě
 - MAC – *Medium Access Control (IEEE 802.3)*
 - řídí přístup na médium
 - závislá na fyzické interpretaci sítě a přístupové metodě
 - adresuje rámce pomocí fyzických adres
- Dnes převažuje přepínaný Ethernet, v kombinaci s full-duplex komunikací a mikrosegmentací, čímž se CSMA/CD obchází
 - médium je pořád volné
 - nemůže nastat kolize

Architektura Ethernetu, IEEE 802





- CS – Carrier Sense
 - Hovoří někdo ?
- MA – Multiple Access
 - Slyším, co ostatní
- CD – Collision Detection
 - Hovoří nás více !
 - Chvilku počkám a pak to zkusím znovu
- CSMA používáme při normálním telefonním hovoru

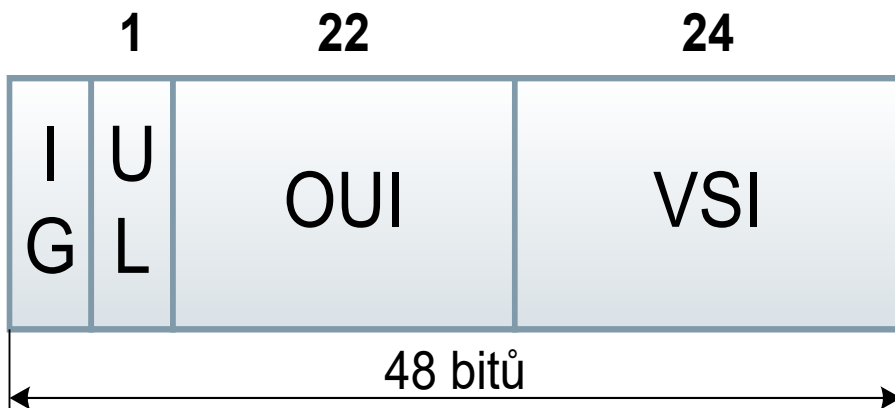
Struktura rámce



7B Preamble	1B SoF	6B DA	6B SA	2B Type/Length	46B-1500B Data	4B FCS
----------------	-----------	----------	----------	-------------------	-------------------	-----------

- Preamble – tvar 10101010.... ,
 - dočasná synchronizace vysílače a přijímače
 - od 100Mb Ethernetu zbytečná, synchronizace se dělá jinak
- SoF – Start of Frame Delimiter – 10101011
 - signalizuje začátek rámce
- DA, SA – adresní pole (cílová a zdrojová adresa)
- Type/Length
 - *if* hodnota < 0x0600 *then* délka datové části, *else* typ zapouzdřených dat
 - např. IPv4 protokol má hodnotu 0x0800
- Data – užitečná data, LLC/SNAP
- FCS – kontrolní součet pomocí CRC32

MAC adresa



- 48 bitů dlouhá
 - zápis: `xx:xx:xx:xx:xx`
- nehierarchická struktura
- povinné označení
 - zdrojová stanice
 - cílová stanice

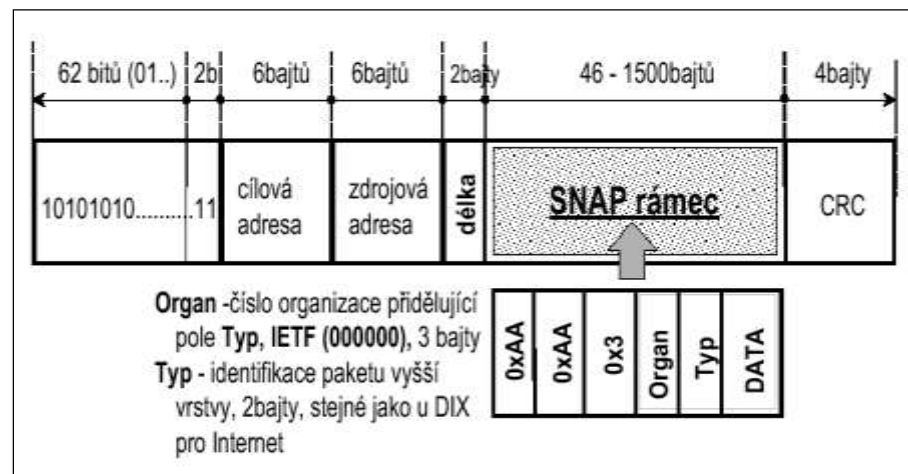
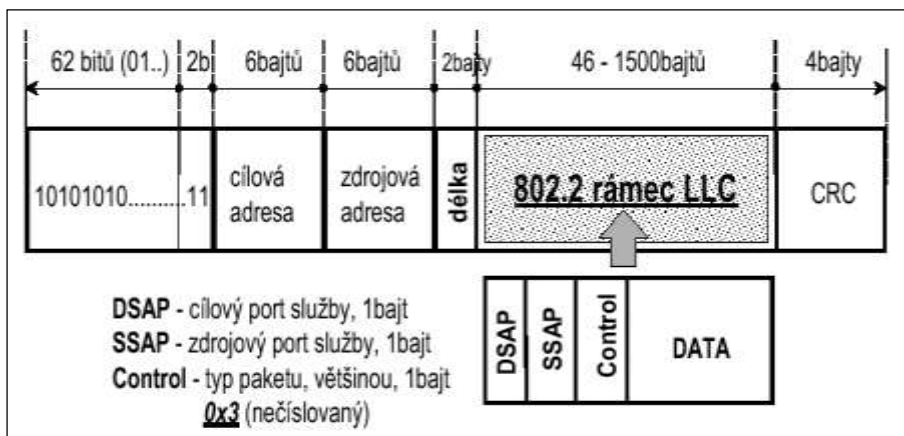
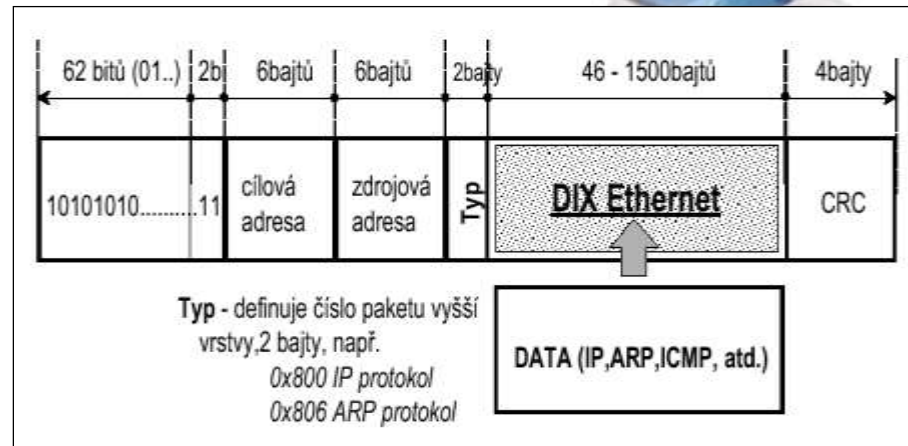
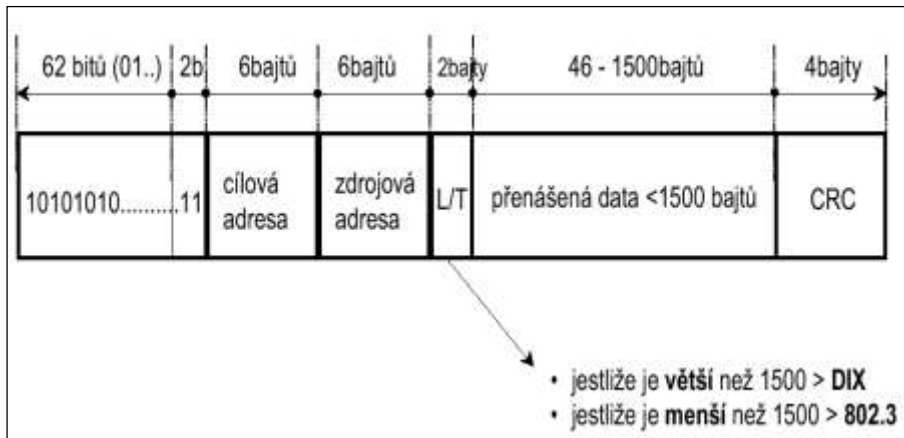
- I/G *Individual / Group address*
 - adresa stanice
 - skupinová adresa
 - multicast
 - broadcast
 - `FF:FF:FF:FF:FF:FF`
- U/L *Universal / Local admin.*
 - globální správa MAC
 - lokální správa MAC
- OUI *Organizational Unique Id*
 - označení výrobce
- VSI *Vendor Specific Id*
 - sériové číslo, výrobní číslo ...

Velikost rámce



- Minimální velikost rámce 64 B (46 B datové pole)
 - šíření kolizí
- Maximální velikost rámce 1518 B (1500 B datové pole)
 - více (historických) důvodů:
 - větší rámec = větší max. zpoždění na segmentu
 - stanice musí čekat konec vysílání, před svým pokusem, a čím delší rámec je, tím déle
 - větší rámec = větší PRST výskytu chyby a nutná retransmise
 - teoreticky nekonečně velký rámec bude vždy obsahovat chybu a nikdy se nepřenese
 - větší rámec = větší nárok na vyrovnávací paměť v NIC
 - hlavní důvod pro 1500B rámec v 70. letech – cena paměti
- Maximální délka se několikrát zvětšovala
 - 802.1q ~ 1522B
 - GE – Jumbo Frames (až 9216 octets)
 - non-standard vendor specific

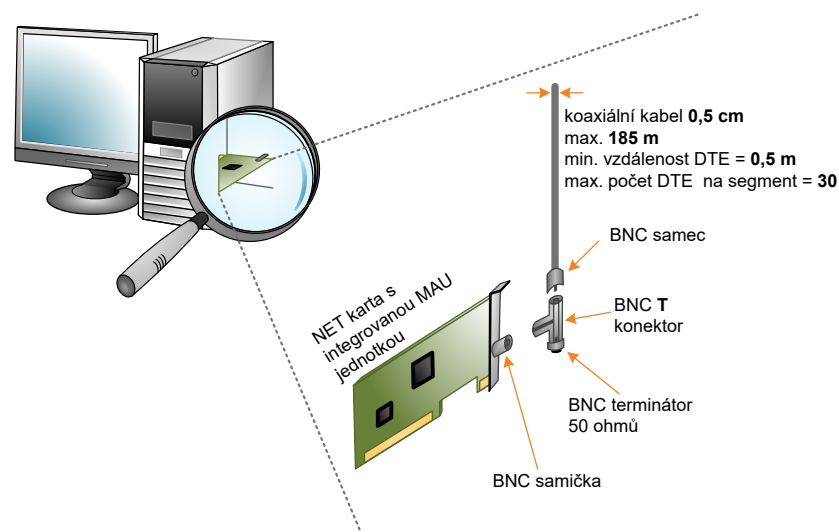
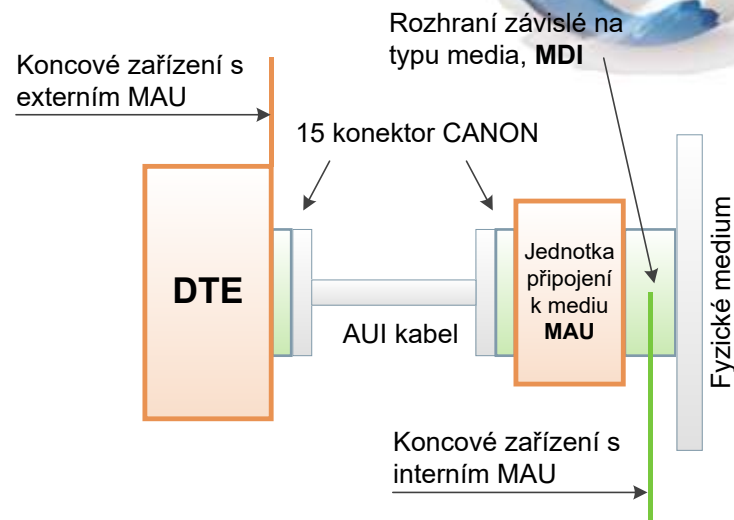
Typy rámců



Technologie ... 10 Mbit/s



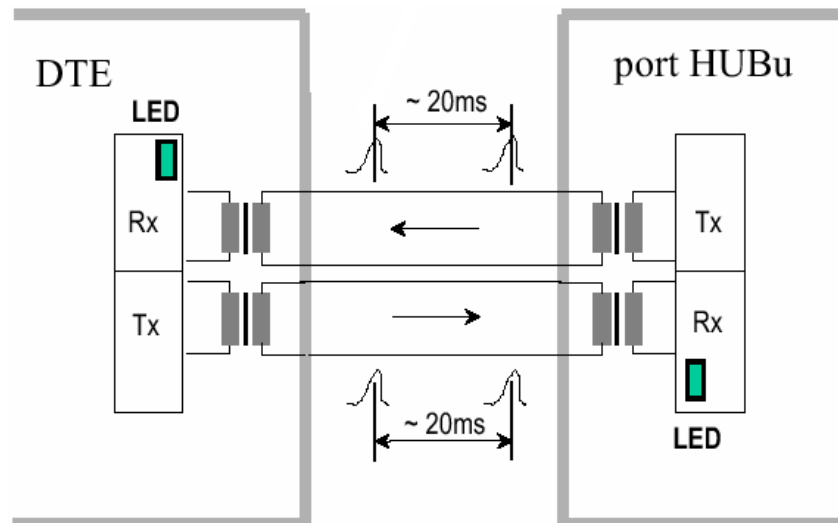
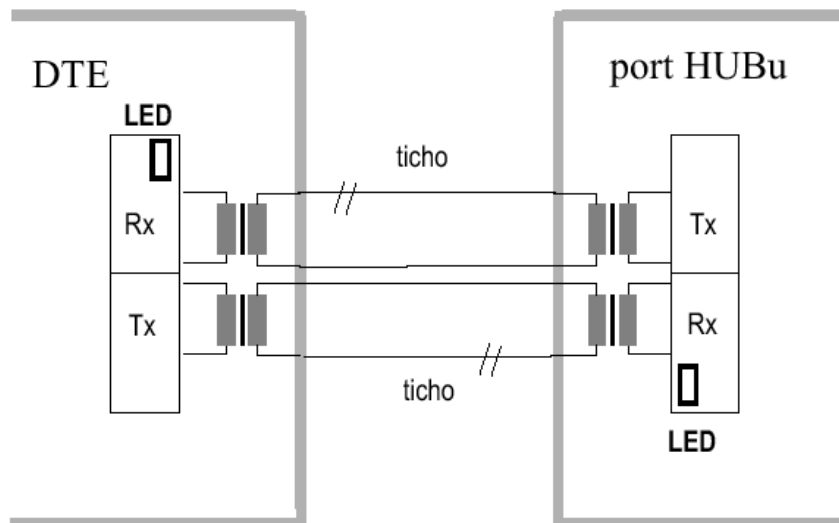
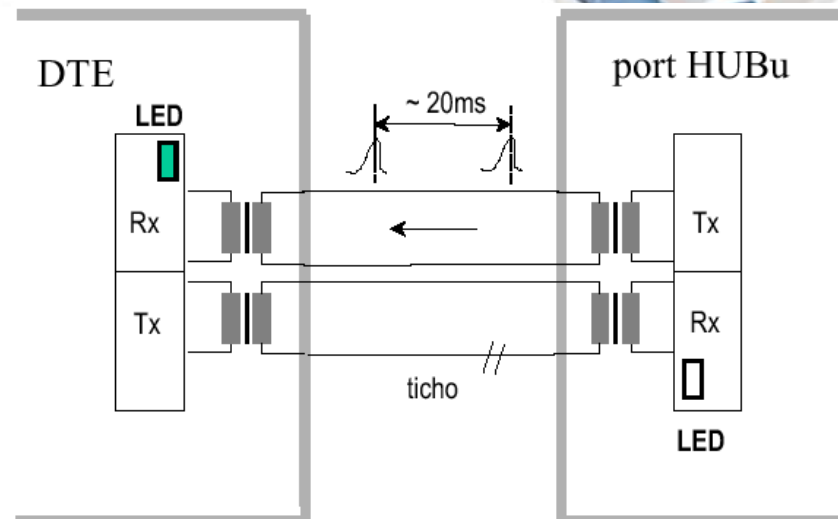
- **10BASE-5**
 - Přenos v základním pásmu bez předmodulace
 - Max. délka segmentu 500m, 1024 stanic
 - Medium: tlustý koaxiální kabel
 - Topologie: sběrnice
- **10BASE-2**
 - Přenos v základním pásmu bez předmodulace
 - Max. délka segmentu 185m
 - Medium: tenký koaxiální kabel
 - Topologie: sběrnice
- **10BASE-T**
 - Přenos v základním pásmu bez předmodulace
 - Max. délka segmentu 100m
 - Medium: UTP Cat 3, 4, 5; používá 2 páry
 - Topologie: strom



10 BASE-T, NLP – Normal Link Pulse



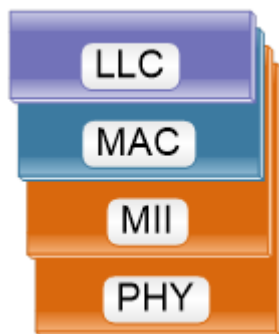
- zajištění integrity spojení
- nevysílají-li se data
 - 100 ns puls
 - každých 16 ± 8 ms



Technologie ... 100 Mbit/s

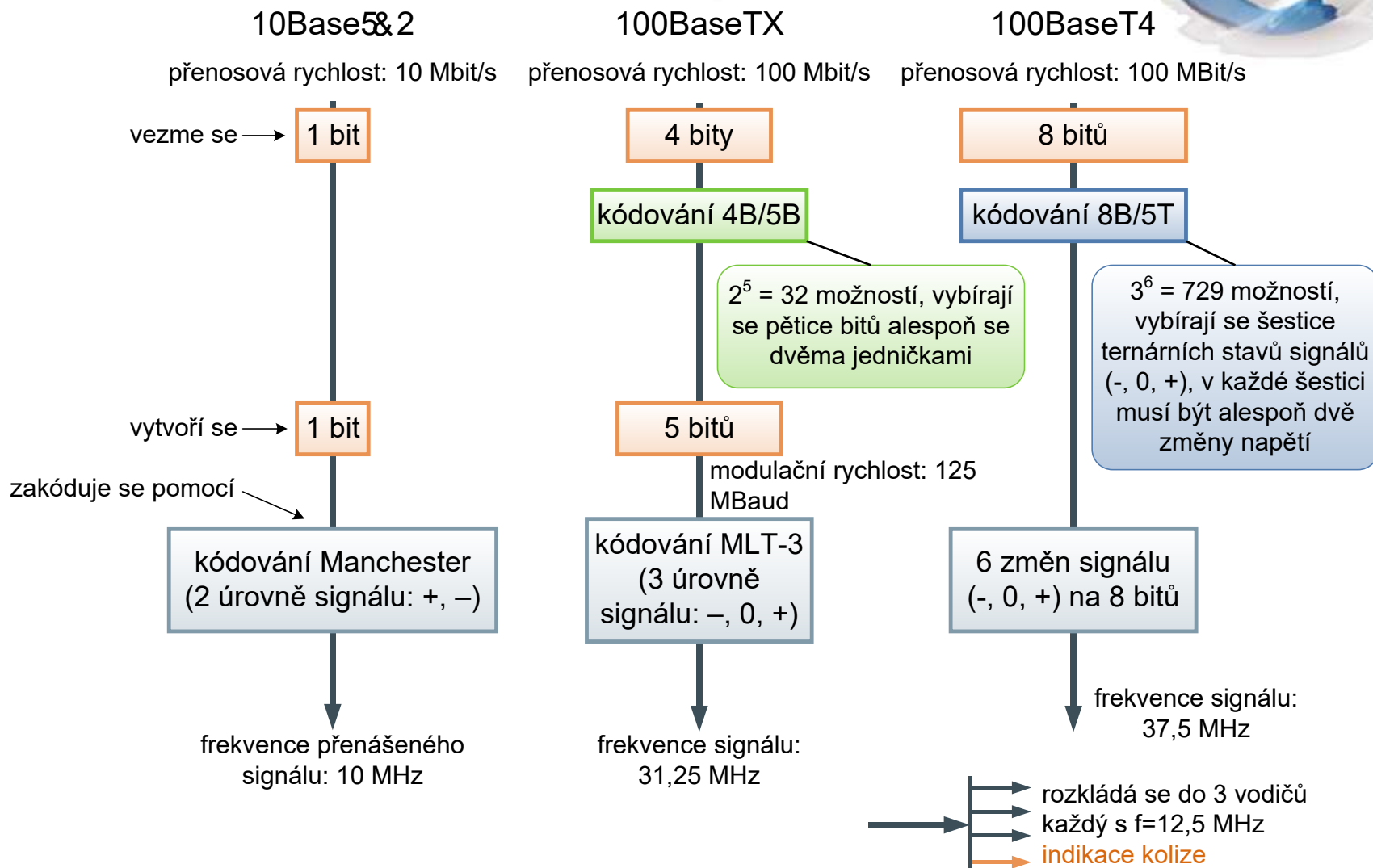


- FastEthernet – IEEE 802.3u,y
- Změny oproti 10 Mbit/s Ethernetu
 - 10× zkrácení bitového intervalu
 - efektivnější kódování
 - 10 Mbit: Manchester
 - 100 Mbit: 4B/5B a NRZI/MLT3
 - mechanismus detekce rychlosti a řízení toku
 - délka segmentu max. 100m
 - topologie: strom
 - 10× zmenšení IFG
 - 9,6 μ s \rightarrow 0,96 μ s
 - rozdělení fyzické vrstvy
 - PHY, MII



- 100BASE-Tx
 - přenos v základním pásmu bez předmodulace
 - kódování 4B5B, scrambling MLT-3
 - médium: UTP Cat 5 a STP
 - s využitím dvou párů
- 100BASE-T2
 - modulace PAM-5
 - kódování 4B5B, scrambling MLT-3
 - médium: UTP Cat 3, 4, 5
 - s využitím dvou párů
- 100BASE-T4
 - modulace PAM-3
 - kódování 8B5T, scrambling MLT-3
 - médium: UTP Cat 3, 4, 5
 - s využitím čtyř párů
- 100BASE-Fx
 - délka segmentu max. 200m
 - médium: multimodové optické vlákno
 - max. délka opt. vlákna
 - Full duplex 2000m
 - Half duplex 412m

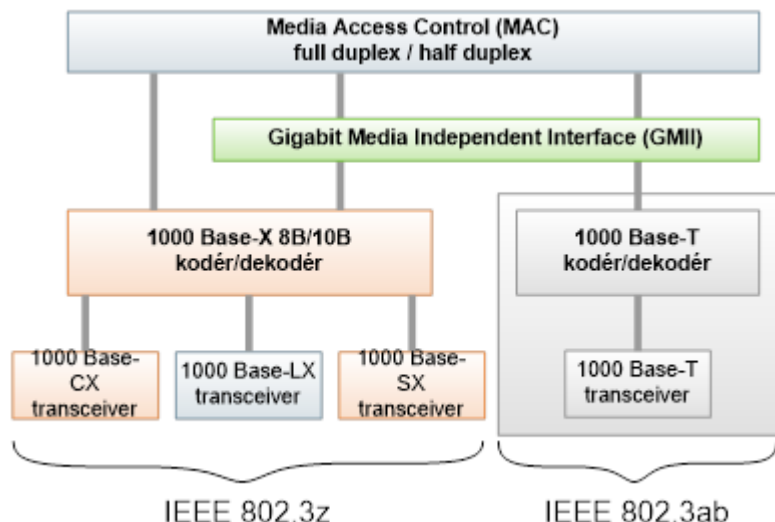
10/100 BASE-x – překódování bitů



Technologie ... 1000 Mbit/s



- 1996 – založena GE aliance
- Změny oproti 100 Mbit/s Ethernetu
 - plný duplex
 - bezkolizní prostředí
 - neplatí omezení na max. vzdálenost
 - polovičního duplexu
 - prodloužení „slot time“
 - 64B → 512 B
 - nelze použít hub, pouze switch



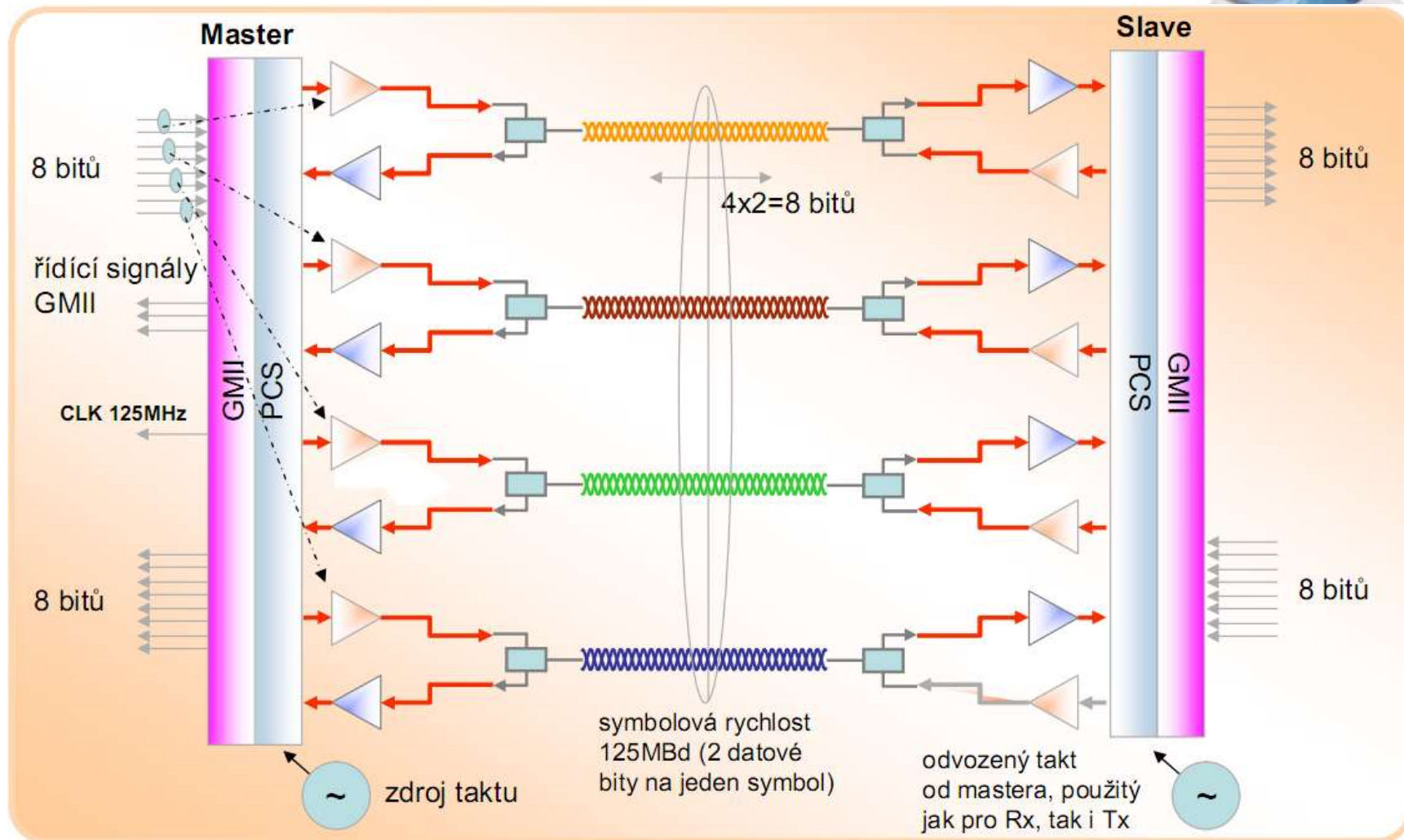
- 1000BASE-T/CX IEEE802.3ab
 - kódování 4B5B
 - modulace PAM5 (4 dimenze, 5 úrovní)
 - max. délka segmentu 100m
 - médium: UTP Cat 5+
 - s využitím čtyř párů
 - full duplex
 - topologie: strom
- 1000BASE-SX/LX IEEE802.3z
 - kódování 8B10B
 - max. délka vlákna 5000m
 - médium: optické vlákno
 - krátkovlnný laser (SX), dlouhovlnný laser (LX)
 - singlemod (LX), multimod (LX i SX)
 - full duplex
 - topologie: strom

Standard 1000BASE-T

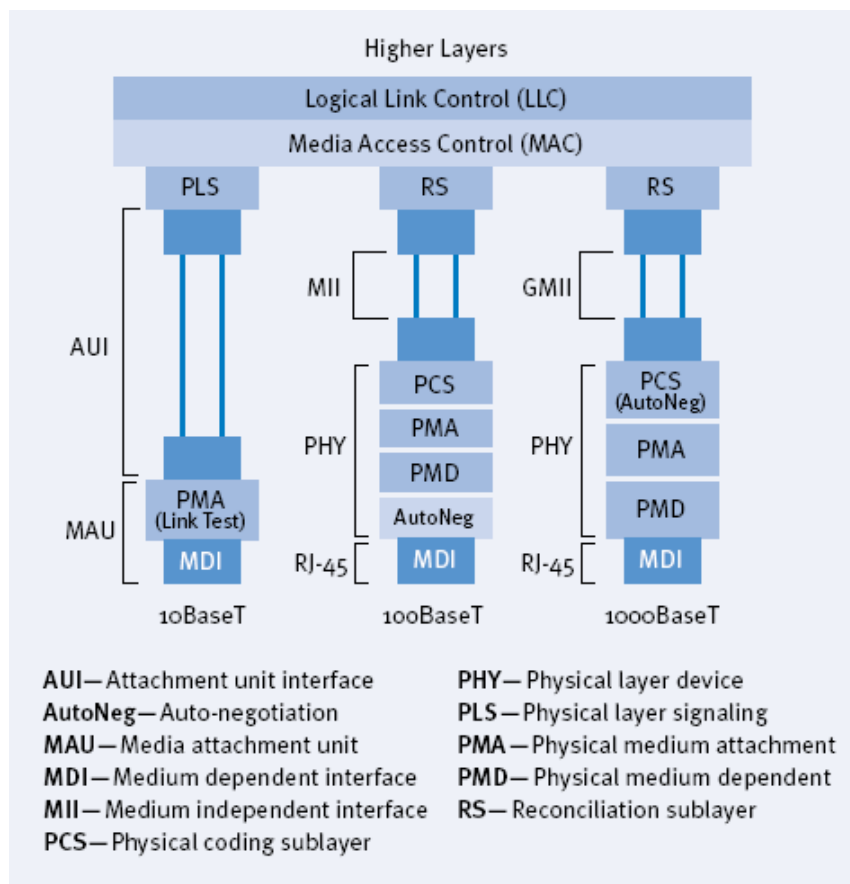


- definuje IEEE 802.3ab
- vlastnosti
 - plný duplex
 - dosah do 100 metrů
 - 4 páry UTP Cat 5+
 - všechny páry používají pro současné vysílání i příjem
 - způsob kódování
 - datový tok se rozloží do 4 párů vodičů
 - 250 Mbit/s na
 - frekvence signálu
 - 31,25 MHz
- autodetekce rychlosti přenosu
 - zpětná kompatibilita s 100BaseT a 10BaseT
 - řeší se pomocí pulsů NLP a FLP
 - není řešena v rámci optických variant
- negotiation
 - domluva parametrů
 - half/full duplex
 - flow control
 - ...
 - existuje u všech verzí GE
 - ne pulsy FLP, ale speciální rámce

1000 BASE-T



Auto-Negotiation

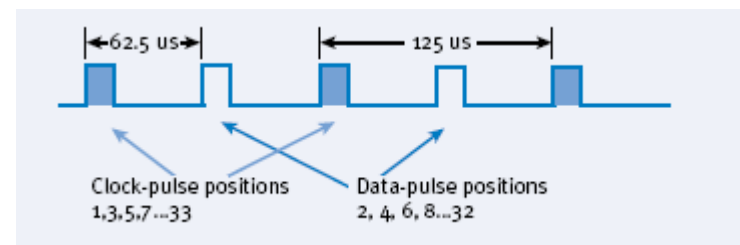
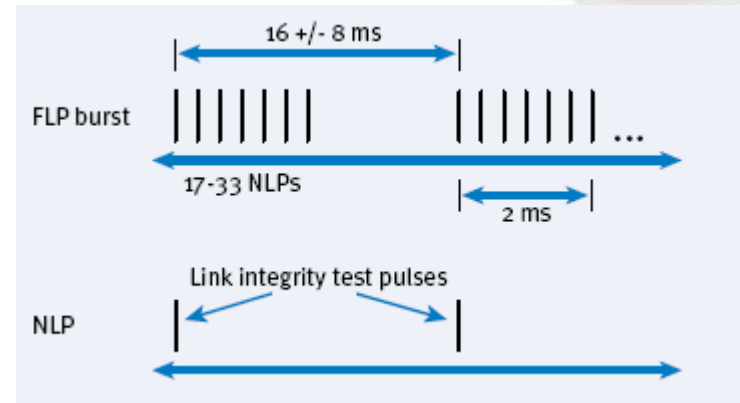


- část standardu Ethernetu
 - **volitelná**
 - 10 BASE-T, 100 BASE-T
 - **povinná**
 - 1000 BASE-T
- umožňuje docílit nejlepší možný přenosový režim
 - **přenosová rychlost**
 - 10, 100, 1000 Mbit/s
 - **mód přenosu**
 - HDX, FDX
- pomocí FLP (Fast Link Pulse)
 - založeno na NLP

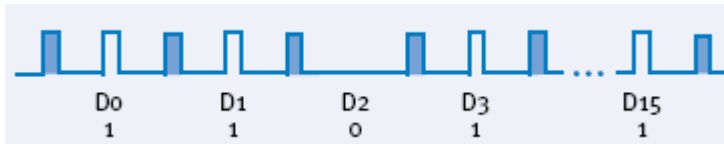
FLP – Fast Link Pulse



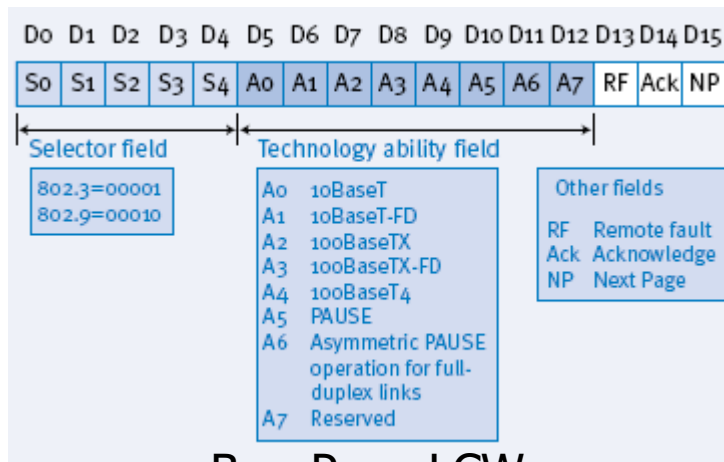
- FLP dávka (*burst*)
 - 17-33 pulsů
 - šířka pulsu – 100 ns
 - perioda stejná jako NLP
 - 16 ± 8 ms
- pulsy na liché pozici
 - synchronizace FLP
- sudé pozice
 - datové slovo LCW



LCW – Link Code Word



kódování LCW



BasePage LCW

- kódování LCW
 - sudé pozice FLP
 - existence pulsu \rightarrow log. 1
 - neexistence pulsu \rightarrow log. 0
- rozlišení typu LCW
- dle bit D15, NP
 - 0 \rightarrow Base Page FLP
 - 1 \rightarrow Next Page FLP

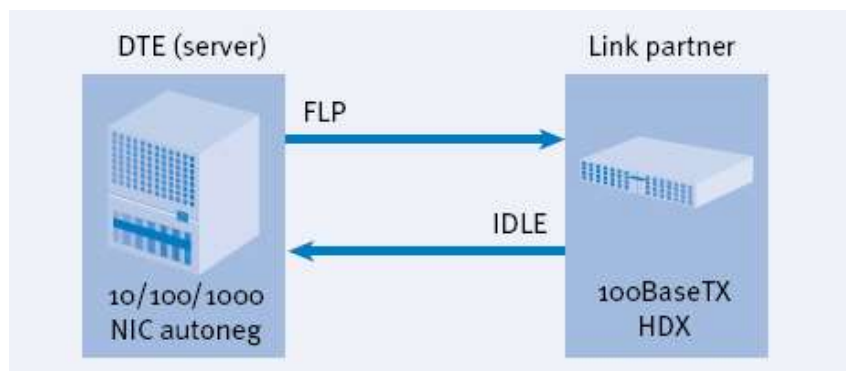
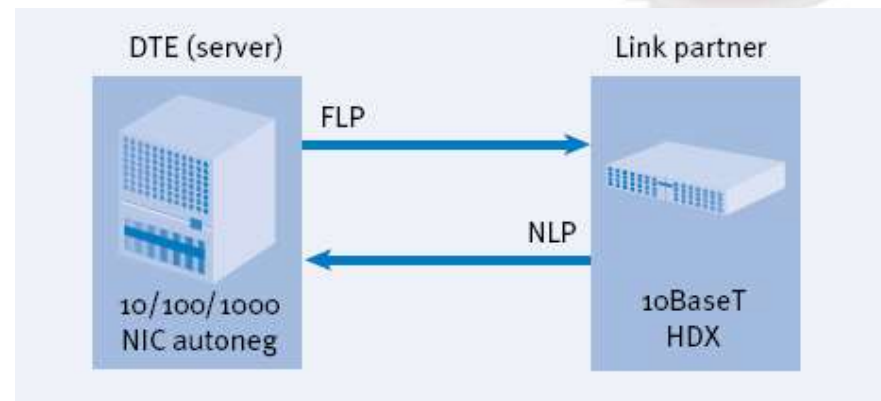
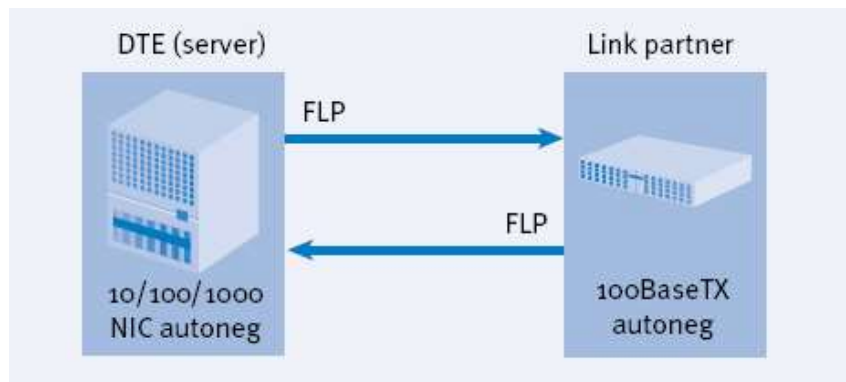
Postup Auto-Negotiation



- BasePage FLP
 - dohodnutí parametrů spojení podle priority
 - vyšší se vždy přizpůsobí
- Next page FLP
 - je pro 1000 BASE-T
 - nastavení dalších parametrů
 - přenosová rychlost
 - mód přenosu
 - režim Master-Slave

Priority	Technology
1 (highest)	1000BaseT — Full duplex
2	1000BaseT — Half duplex
3	100BaseT2 — Full duplex
4	100BaseTX — Full duplex
5	100BaseT2 — Half duplex
6	100BaseT4
7	100BaseTX — Half duplex
8	10BaseT — Full duplex
9 (lowest)	10BaseT — Half duplex

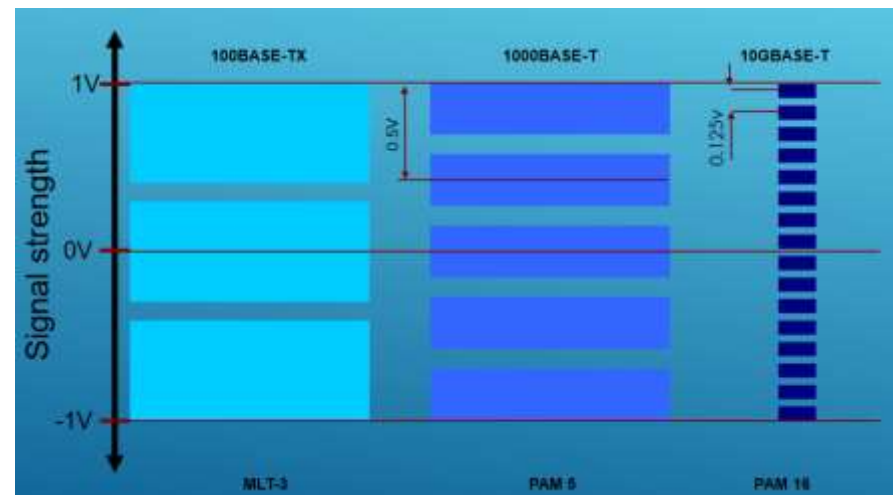
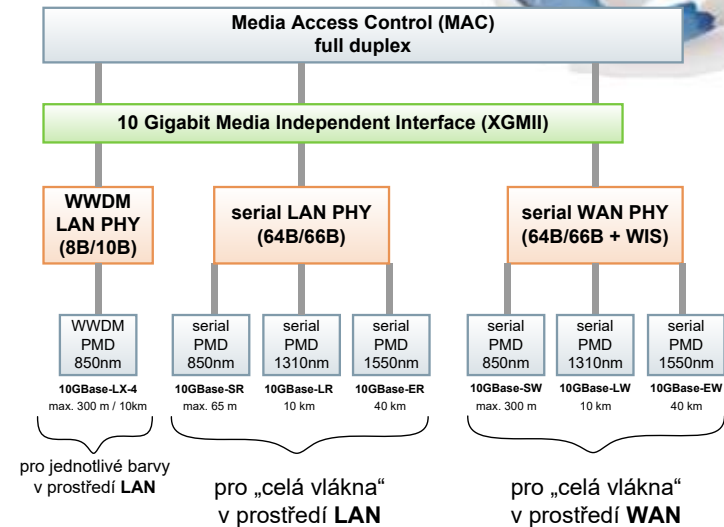
Auto-Negotiation – příklady



Technologie ... 10GE



- 1999 – 10GE aliance
- 2003 – standard IEEE802.3ae
- Změny oproti 1 GE
 - pouze plný duplex
 - optické vlákno
 - dosah až 40km
 - „plné“ vlákno
 - mnohovid
 - jednovid
 - „barvy“ získané DWDM
 - metalika
 - CAT 6 – dosah max 56m
 - CAT 7 – dosah max 100m
 - modulace
 - PAM16



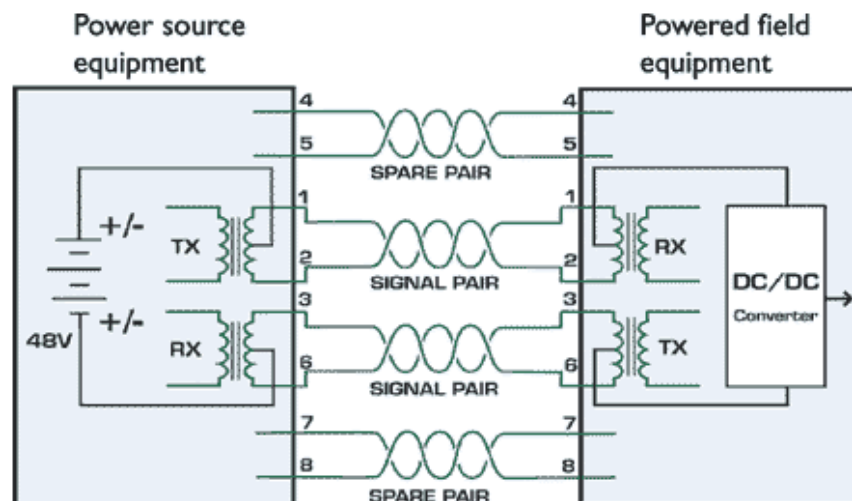
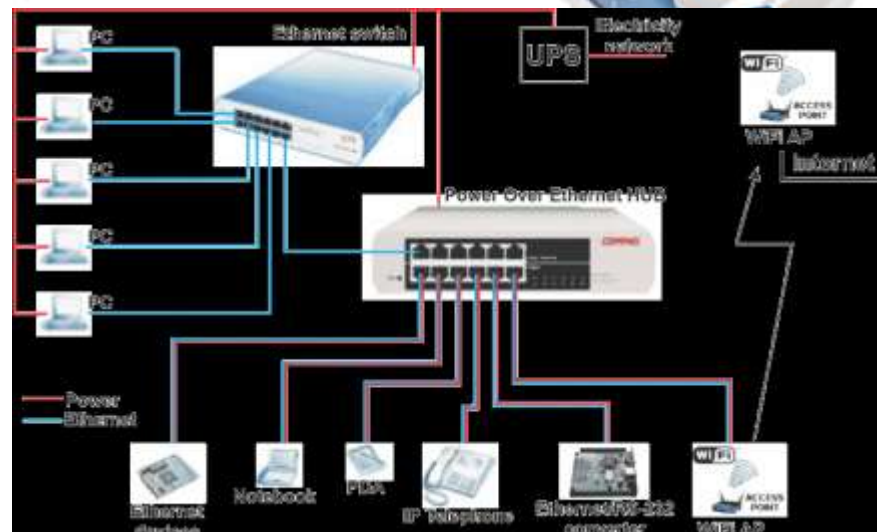
Technologie ... 40GE, 100GE, ...



- Standard IEEE802.3ba
 - 40GE = 4x 10GE paralelně
 - max 100m (
 - max 10km – optické vlákno
 - 100GE = 10x 10GE paralelně
- Standard IEEE802.3df
 - 200 Gb/s, 400 Gb/s, 800 Gb/s, 1.6 Tb/s

PoE – Power over Ethernet

- 1999 – první myšlenka
 - IP telefonie
 - jiná „malá“ Eth. zařízení mají malý příkon ... proč je tedy nenapájet po datovém kabelu
 - WiFi AP, kamery, čidla, čtečky karet, dveřní zámky ...
- Vlastnosti
 - 44 – 57V
 - max. 550mA
 - typicky: 10 – 350mA
 - klidový stav: max. 5mA
- IEEE802.3af – 2003
 - max. 12,5W
- IEEE802.3at – 2009
 - max. 25,5W
- IEEE802.3bt – 2018
 - max. 60W, popř. 100W



PoE – model komunikace



- Detekce
 - 2,8 – 10V
 - detekce 25k Ω rezistoru
- Určení výkonové třídy
 - 15,5 – 20,5V
 - max. 75ms
- Aktivace PD
 - 30 – 44V
 - nabíjení kondenzátorů
- Napájení
 - 44 – 57V
- Klidový režim
 - 0 – 2,8V



PSE
(Power Sourcing
Equipment)

PD
(Powered Device)

Třída	Proud	Max. příkon PD	Max. výkon PSE	Popis
0	0 – 4 mA	12.95W	15.4W	Neznámý příkon PD se neidentifikoval
1	9 – 12 mA	3.84 W	4.0W	Nízký příkon PD
2	17 – 20 mA	6.49 W	7.0W	Střední příkon PD
3	26 – 30 mA	12.95 W	15.4W	Vysoký nebo plný příkon PD
4	36 – 44 mA	12.95 W	15.4W	Vyhrazeno pro budoucí použití

Dotazy

