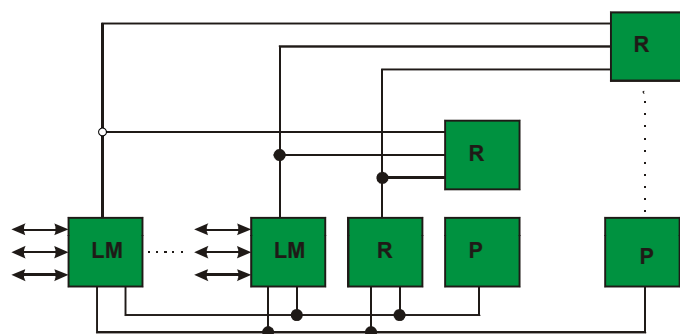


Sériové spojovanie

doc. Ing. Martin Medvecký, PhD.

Spojovanie s pamäťou



LM - Linkový modul

P - Pamäť

R - Riadenie

Charakteristika

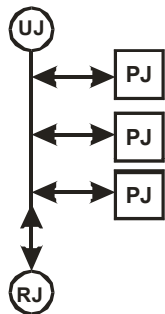
- Vhodné pre paketové spojovanie
- Typické pre siete LAN a MAN
- Nevhodné pre izochrónne služby
- Dva spôsoby
 - spojovanie s pamäťou
 - spojovanie na zbernici

Spojovanie na zbernici

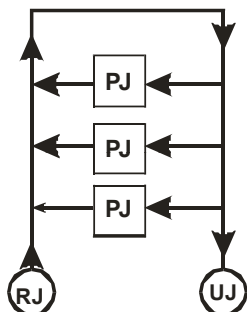
Charakteristika

- Koncové terminály sú navzájom spojené zbernicou, ktorá tvorí spoločné transportné aj prepájacie médium pre všetky signály.
- **Klasifikácia:**
 - podľa typu zbernice,
 - podľa procesu, ktorým jednotlivé terminály prístupujú na zbernicu

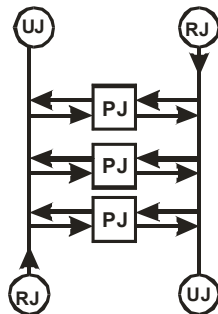
Obojsmerná zbernica



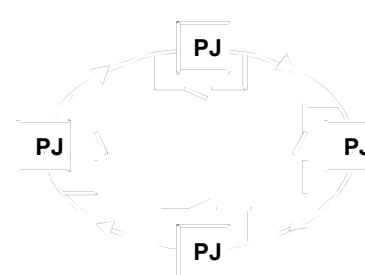
Jednosmerná zbernica



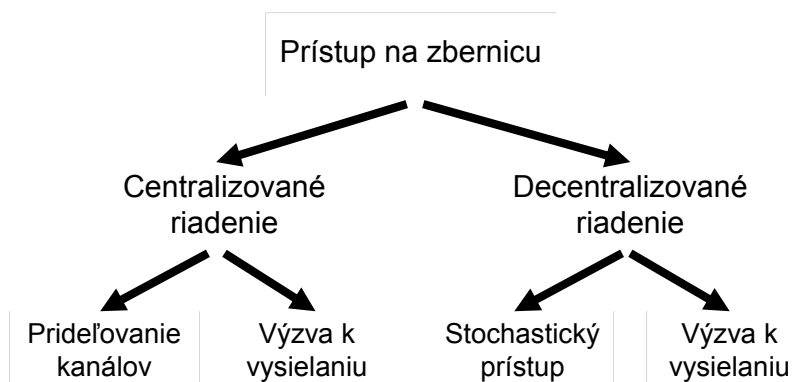
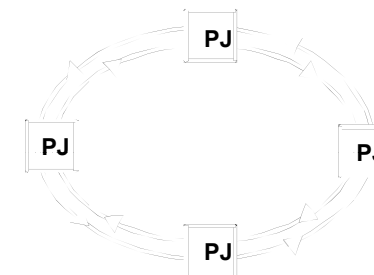
Dve jednosmerné zbernice



Kruhová zbernica



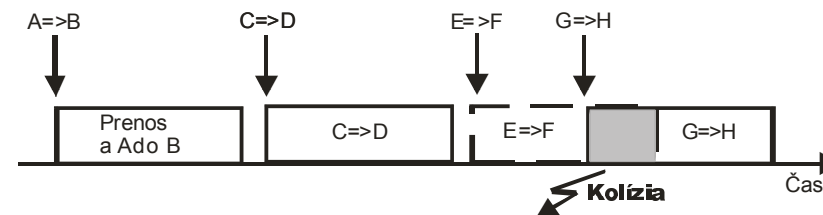
Dvojitá kruhová zbernica



ALOHA

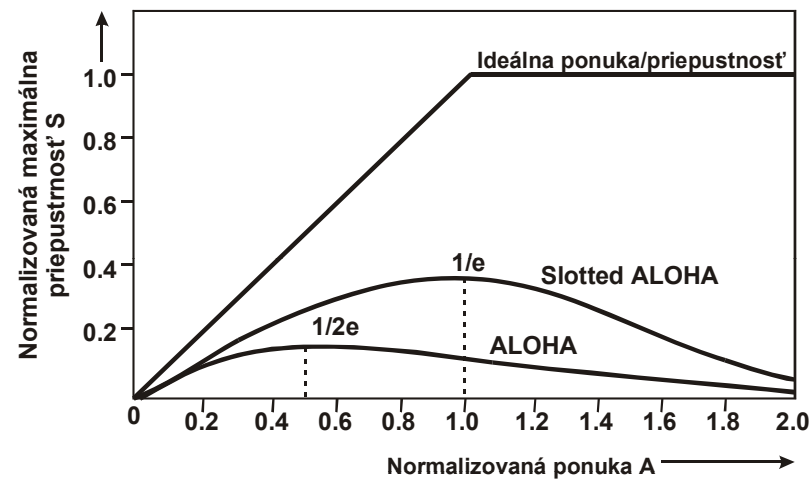
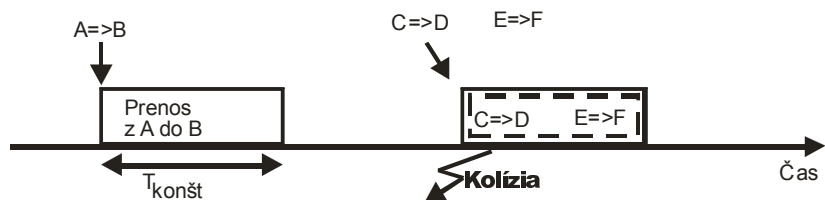
(Additive Link On-Line Hawaii Area)

- Normovaná priepustnosť zbernice: $S = A \cdot e^{-2A}$
- Maximálna priepustnosť zbernice: $1/2e = 0,184$

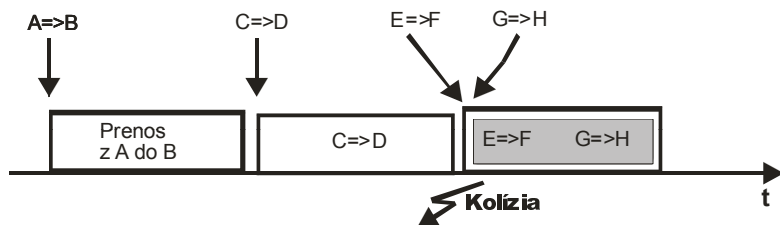


Slotted ALOHA

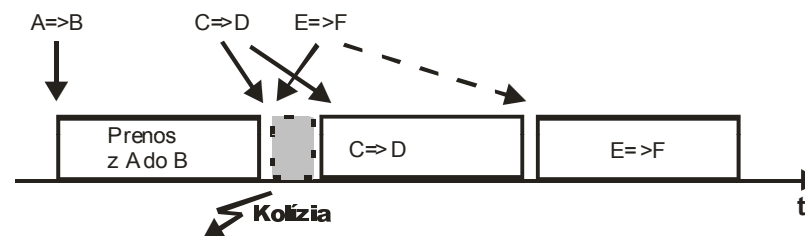
- Normovaná priepustnosť zbernice: $S = A \cdot e^{-A}$
- Maximálna priepustnosť zbernice: $1/e = 0,368$



CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

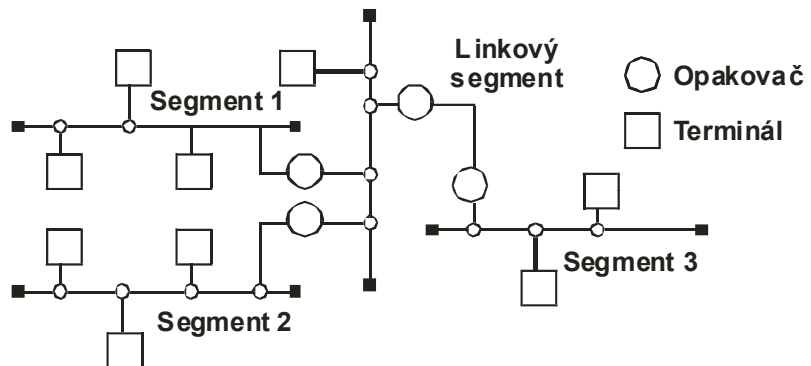


CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)

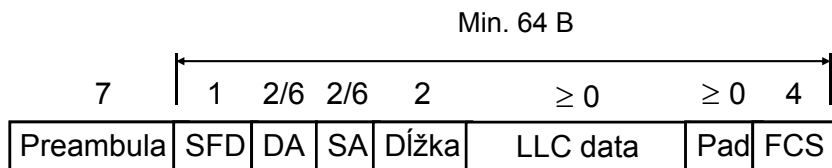


$$x = \text{random}(0, \min(2^y, 2^{10}))$$

Ethernet (IEEE 802.3)



Formát rámca



Preambula - postupnosť log. 0,1

SFD - Start Frame Delimiter (10101011)

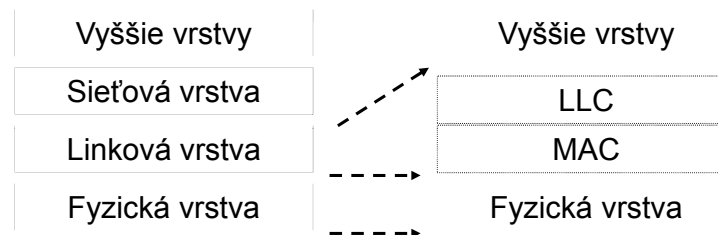
DA - Destination Address (16 alebo 48 bit MAC adresa)

SA - Source Address (16 alebo 48 bit MAC adresa)

FCS - Frame Check Sequence

Model OSI

Ethernet

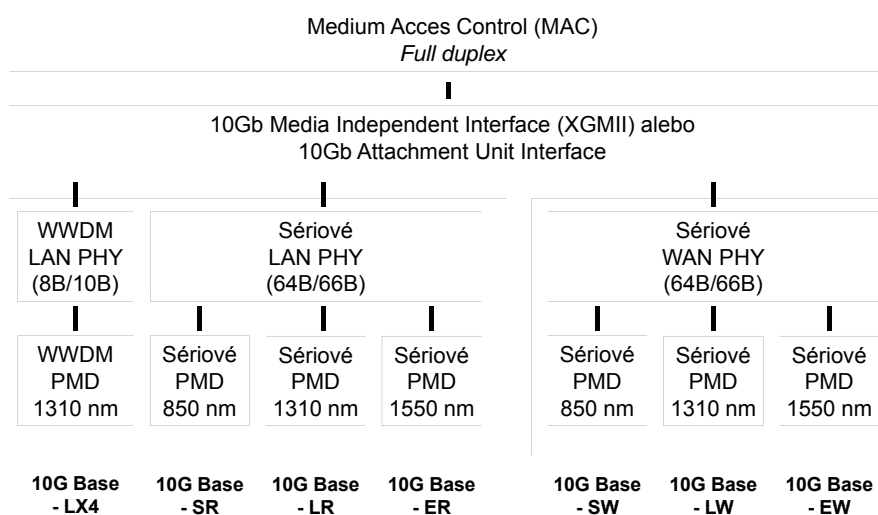


- 1 Base 5 -** UTP, Manchester, max. 500 m/segment, max. 2500 m sieť,
- 10 Base 5 -** 50 Ω koax. ("tlstý" = 10mm), Manchester, max. 500 m/segment, max. 2500 m sieť, max 100 uzlov/segment
- 10 Base 2 -** 50 Ω koax. ("tenký" = 5mm), Manchester, max. 185 m/segment, max. 925 m sieť, max 30 uzlov/segment
- 10 Base T -** UTP, hviezdicová topológia, max. 100 m/segment, max. 500 m sieť

- 10 Broad 36** - 75 Ω koax.,
DPSK kód (*Differential Phase-Shift Keying*),
2x(14MHz dátový kanál + 4MHz kolízny kanál) = 36MHz,
max. 1800 m/segment, max. 3600 m
- 10 Base FB** - optika, pre backbone a trunk, trunk segment do 2 km
- 10 Base FP** - optika, hviezdicová topológia, pasívna distribúcia,
do 500 m
- 10 Base FL** - optika, node-to-hub/koncentrátor, do 2 km

- 1000 Base SX** - 850 nm (*Short wavelength*), 8B/10B kódovanie,
MMF 50 $\mu\text{m} \leq 520$ m, MMF 62,5 $\mu\text{m} \leq 275$ m
- 1000 Base LX** - 1300 nm (*Long wavelength*), 8B/10B kódovanie,
SMF ≤ 3 km, MMF 50 $\mu\text{m} \leq 550$ m, MMF 62,5 $\mu\text{m} \leq 500$ m
- 1000 Base CX** - 150 Ω kábel (*Cluster*), 8B/10B kódovanie, max. 25 m
- 1000 Base T** - 4 páry UTP kat. 5 (dopor. kat. 5e), 125 Mbaud,
5 úrovňové PAM-5 kódovanie (+2, +1, 0, -1, -2),
segment max. 100 m, Φ 200 m
- 1000 Base TX** - 2 páry UTP kat. 6,

- 100 Base TX** - 2 páry UTP kat. 5, 125 Mbaud, binárne kódovanie
- 100 Base T4** - 4 páry UTP kat. 3, 25 Mbaud, ternárne kódovanie
- 100 Base T2** - 2 páry UTP kat. 3, 25 Mbaud, 5 stavové kódovanie + DSP
- 100 Base FX** - MMF 62,5 μm ,
 - 2000 m plný duplex,
 - 412 m polo duplex



10G Base SR / 10G Base SW

- 850 nm (*Short wavelength*), 64B/66B kódovanie,
- MMF 50 μm ≤ 300 m, MMF 62,5 μm ≤ 33 m

10G Base LR / 10G Base LW

- 1310 nm (*Long wavelength*), 64B/66B kódovanie,
- SMF ≤ 10 km

10G Base ER / 10G Base EW

- 1550 nm (*Extra-long wavelength*), 64B/66B kódovanie,
- SMF ≤ 40 km

10G Base LX4

- 1310 nm (*Long wavelength*), 8B/10B kódovanie,
- SMF ≤ 10 km, MMF 50 μm ≤ 300 m, MMF 62,5 μm ≤ 300 m

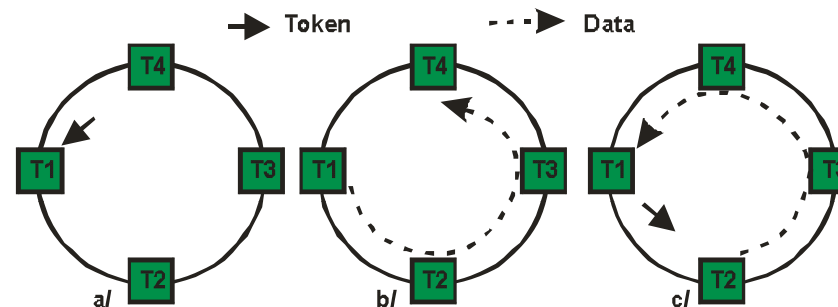
Označenie

- **Rýchlosť**
 - 40 = 40Gbit/s 100 = 100 Gbit/s
- **Médium**
 - Metalika
 - K = Backplane
 - C = Cable
 - Optika
 - S = Short Reach (100m)
 - L = Long Reach (10km)
 - E = Extended Long Reach (40km)
- **Kódovanie**
 - R = 64B/66B
- **Počet paralelných vedení / vlnových dĺžok**
 - Metalika: n = 4 alebo 10
 - Optika: n = počet vedení, alebo vlnových dĺžok

Popis PHY	Typ
40G Backplane PHY	40GBASE-KR4
40G Cable Assembly PHY 100G Cable Assembly PHY	40GBASE-CR4 100GBASE-CR10
40G MMF 100m PHY (Ribbon) 100G MMF 100m PHY (Ribbon)	40GBASE-SR4 100GBASE-SR10
40G SMF 10Km PHY 100G SMF 10Km PHY	40GBASE-LR4 100GBASE-LR4
100G SMF 40Km PHY	100GBASE-ER4

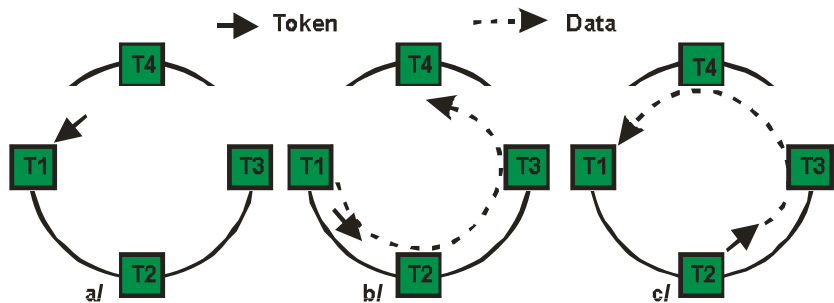
Schválený: Jún 2010

Single token passing



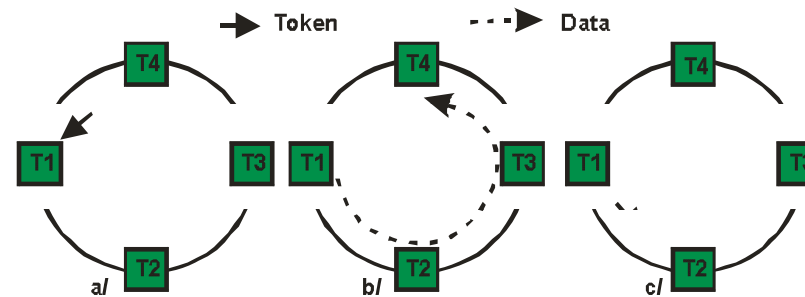
Na zbernici môže byť iba jeden token

Multiple token passing



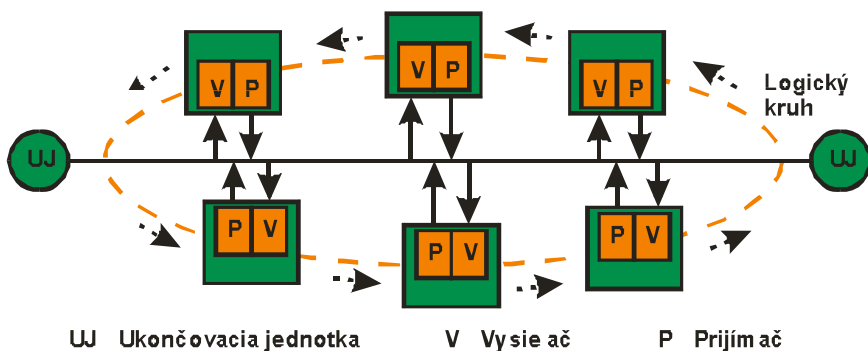
Na zbernici môže byť niekoľko tokenov

Single frame



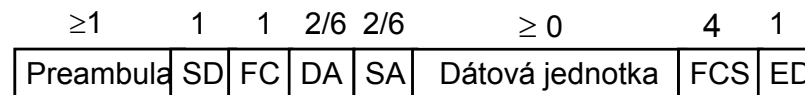
Token sa predáva k nasledujúcemu terminálu až keď vysielačia stanica kompletne odstráni rámec zo zbernice

Token Bus (IEEE 802.4)



U Ukončovacia jednotka V Vysie ač P Prijmáč

Formát rámca



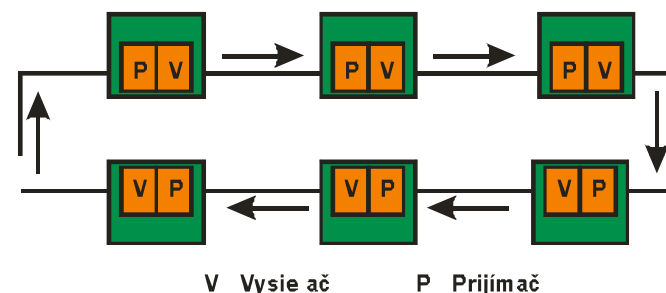
- Preambula - postupnosť log. 0,1
- SD - Start Delimiter (NN0NN00, N=nedátový symbol)
- FC - Frame Control
- DA - Destination Address (16 alebo 48 bit MAC adresa)
- SA - Source Address (16 alebo 48 bit MAC adresa)
- FCS - Frame Check Sequence
- ED - End Delimiter

Charakteristika

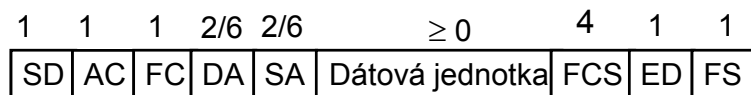
- 3 vrstvy: fyzická, MAC a LLC
- Fyzická vrstva:
 - umožňuje štyri rôzne prevádzky na zbernici
 - prenosové rýchlosti: 1, 5, 10 a 20 Mbit/s
 - médium: koaxiálny kábel (75 Ω), optické vlákno
- MAC podvrstva:
 - algoritmus: predávanie tokenov
 - 4 úrovne priority
- LLC podvrstva:
 - 8 druhov služieb

Token Ring

(IEEE 802.5)



Formát rámca

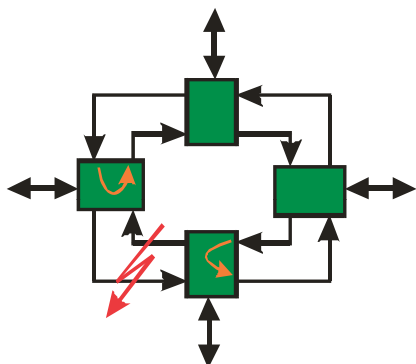


- SD - Start Delimiter
- AC - Access Control (3 bity - 8 priorít)
- FC - Frame Control
- DA - Destination Address (16 alebo 48 bit MAC adresa)
- SA - Source Address (16 alebo 48 bit MAC adresa)
- FCS - Frame Check Sequence
- ED - End Delimiter
- FS - Frame Status

Charakteristika

- 3 vrstvy: fyzická, MAC a LLC
- Fyzická vrstva:
 - prenosové rýchlosti: 4 / 16 Mb/s
 - médium: UTP / STP
 - max. počet opakovačov: 250
 - max. vzdialenosť medzi opakovačmi: nešpecifikovaná
- MAC podvrstva:
 - algoritmus: predávanie tokenov
 - 8 úrovni priority
- LLC podvrstva:
 - 8 druhov služieb

Fiber Distributed Data Interface



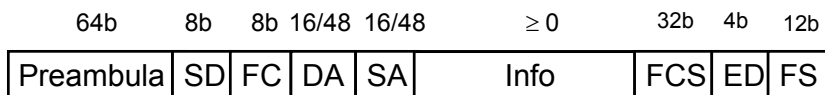
Zbernica: Dvojitá kruhová zbernica

MAC algoritmus: multiple token passing

Výhody:

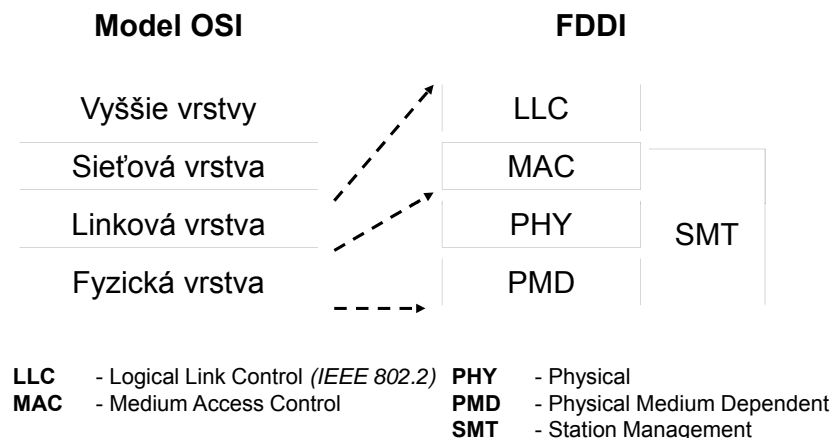
- nekladie obmedzenie na:
 - dĺžku liniek,
 - počet staníc,
 - celkový dosah
- dobré alokačné vlastnosti, relatívna necitlivosť na nevyvážené záťaže
- pokračovanie v prevádzke v prípade poruchy

Formát rámca



- SD - Start Delimiter (kód JK)
- FC - Frame Control
- DA - Destination Address (16 alebo 48 bit MAC adresa)
- SA - Source Address (16 alebo 48 bit MAC adresa)
- FCS - Frame Check Sequence
- ED - End Delimiter
- FS - Frame Status (indikátory „detekovaná chyba“, „adresa rozpoznaná“ a „rámec skopírovaný“ - symboly S a R)

Vrstvový model FDDI



Pole Frame Control

Typ	CLFF ZZZZ*	
Token bez obmedzenia	0000 0000	Synchrónny prenos a asynchrónny prenos bez obmedzenia
Token s obmedzením	1100 0000	Synchrónny prenos a asynchrónny prenos s obmedzením
	MAC rámce	
MAC	1L00 0001 až 1L00 1111	Rozsah hodnôt rezervovaných pre MAC riadiace rámce
Beacon	1L00 0010	Indikácia závažnej poruchy kruhu
Claim	1L00 0001	Služi na určenie stanice ktorá vygeneruje nový token určený na inicializáciu kruhu

* **C** - synchr./asynch. rámec, **L** - 16/48 bit adresa, **FF** - LLC/MAC riadiaci rámec

Synchrónna prevádzka

$$TTRT \geq T_{Dmax} + T_{Fmax} + T_{TT} + \sum T_{SAi}$$

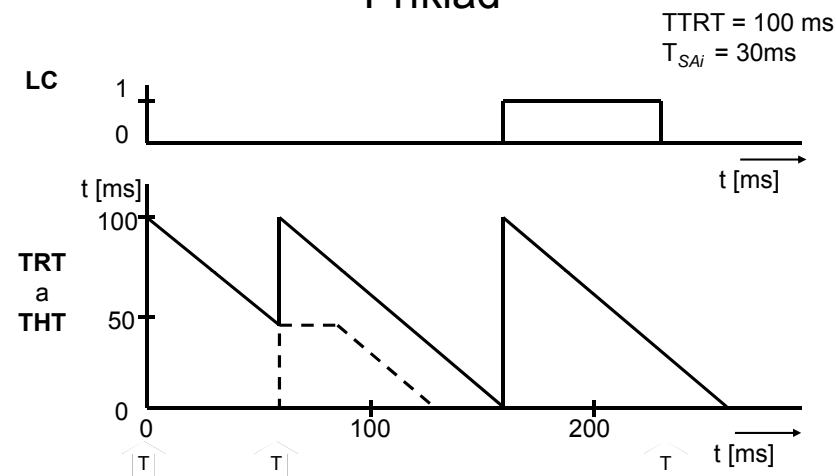
- TTRT** - Target Token Rotation Time (požadovaná doba obehu tokenu)
- T_{Dmax}** - doba obehu rámca
- T_{Fmax}** - doba potrebná na vyslanie rámca s max. dĺžkou (4500 oktetov)
- T_{TT}** - doba potrebná na vyslanie tokenu
- T_{SAi}** - doba vyhradená pre synchrónnu prevádzku pre stanicu i

Asynchrónna prevádzka

- 8 úrovní priority \Rightarrow každá stanica má množinu ôsmich prahových hodnôt T_{PR1} až T_{PR8}
- Asynchrónne dáta sú prenášané až po odovysielaní synchrónnych dát
- Stanica môže vysielat' asynchrónne dáta priority „i“ iba pokiaľ

$$THT > T_{PRi}$$

Príklad



Monitorovanie kruhu

- Ak je doba obehu tokenu dlhšia ako $2x TTRT \Rightarrow$ porucha
- 3 procesy na detekciu a korekciu porúch:
 - Claim-token proces
 - Inicializačný proces
 - Beacon proces

Claim-token proces

- Iniciovaný každou stanicou ktorá zistí stratu tokenu (LC=2)
- Cieľ - stanoviť novú hodnotu TTRT
- Claim-token rotuje sieťou, každá stanica môže vyslať vlastný claim-token ak:
 - navrhne kratšie TTRT
 - pri zhodnom TTRT má prednosť stanica so 48 bitovou adresou pred stanicou so 16 bitovou adresou
 - pri zhodnom TTRT a zhodnej dĺžke adresy má prednosť stanica s vyššou adresou
- Stanica ktorá prijme vlastný claim-token vyšle riadny token

Beacon proces

- Slúži na izolovanie porúch v sieti
- Stanica ho iniciuje, ak do určitej doby po zahájení claim-token procesu neobdrží claim-token alebo riadny token
- Stanica nepretržite vysiela beacon rámce
- Stanica očakáva príjem beacon rámcov od predošlej stanice
- Ak stanica prijme beacon rámec od predošlej stanice, postúpi ho ďalej
- Keď stanica prijme vlastný beacon rámec, považuje poruchu za odstránenú a zahájí claim-token proces

Inicializačný proces

- Inicializáciu robí stanica ktorá vyhrala claim-token proces
- Všetky stanice v kruhu identifikujú inicializáciu na základe predošlých claim tokenov
- Inicializačná stanica vyšle riadny token
- Pri prvom obehú sieťou token nemôže byť zadržaný žiadnou stanicou - slúži na ukončenie inicializácie a reset TRT

Fyzická vrstva

Médium	Optické vlákno	UTP
Prenosová rýchlosť	100 Mb/s	100 Mb/s
Kódovanie	4B/5B + NRZI	MLT-3
Max. počet uzlov	100	100
Vzdial. medzi uzlami	2 km	100m

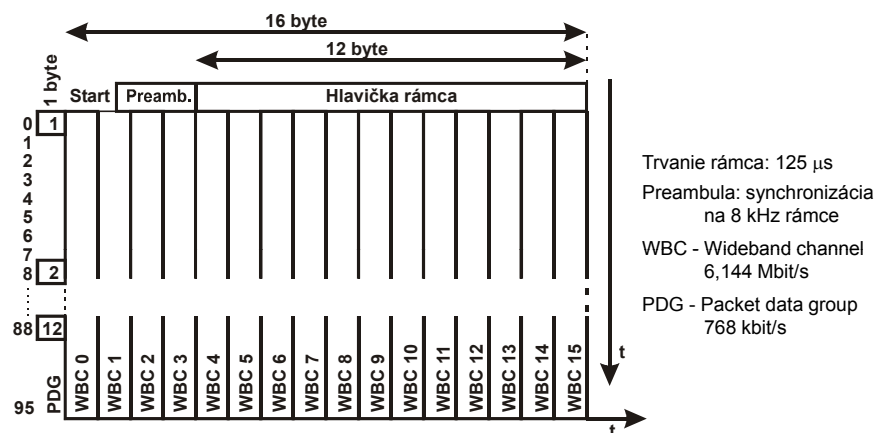
Typy staníc

- **DAS** (Dual-attachment station)
- **DAC** (Dual-attachment concentrator)
- **SAS** (Single-attachment station)
- **SAC** (Single-attachment concentrator)

Charakteristika

- Spätná kompatibilita s FDDI
- Vhodné aj pre CBR služby
- FDDI - II
 - paketový mód (asynchrónne služby)
 - izochrónny mód (synchrónne služby)

Formát rámca FDDI - II



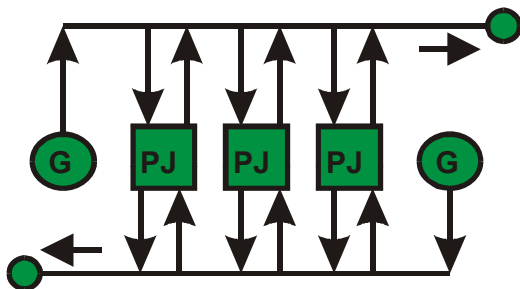
Distributed Queue Dual Bus (IEEE 802.6)

Charakteristika

- MAN technológia
- Kompatibilita s ATM
- Prenosová rýchlosť: (2,048) 34,368 - 155,520 Mbit/s
- Max. dĺžka: 160 km
- Max. vzdialenosť medzi stanicami: nedef.
- Max. počet staníc: 512
- MAC metóda: DQSM + slotted access
- Fyzické médium: SMF / MMF
- BER: 10^{-9}
- Kódovanie: 8B/9B + NRZI

Topológia

Dve jednosmerné zbernice (34,368 / 155,520 Mbit/s)



G - generátor rámcov PJ - prístupová jednotka

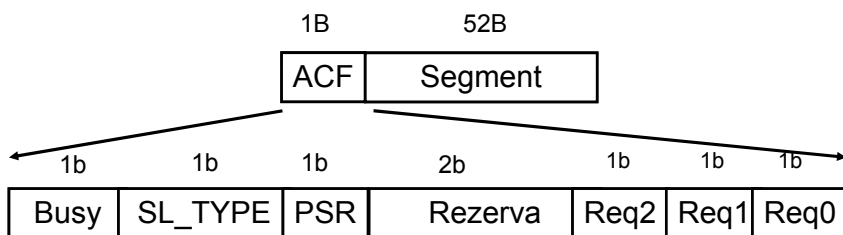
Čítanie dát uzlami neovplyvňuje prechádzajúce dáta,
zápis je realizovaný funkciou OR

MAC mechanizmus

- Sú definované dva prístupy na zbernicu:
 - QA (*Queued Arbitrated*) - prostredníctvom distribuovaného radu DQSM (*Distributed Queue State Machine*)
 - PA (*Pre-Arbitrated*) - pre izochrónne služby
- QA umožňuje 3 úrovne priority

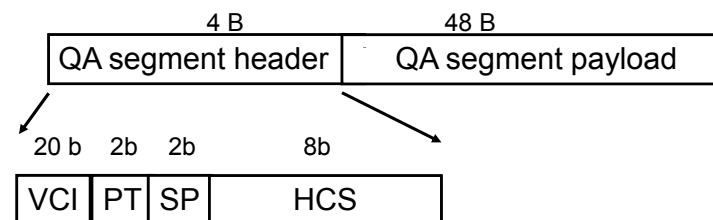
Formát rámca

Jednotná dĺžka: 53 B



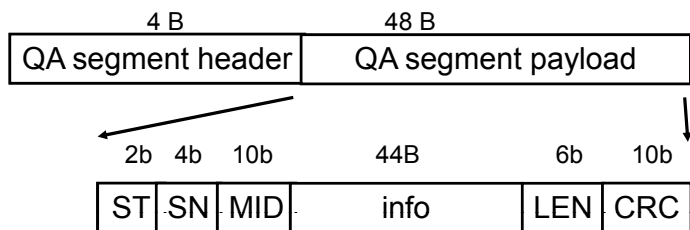
ACF - Access Control Field
 BUSY - 1 = obsadený, 0=prázdny
 SL_TYPE - 1 = QA slot, 0 = PA slot
 PSR - Previous Segment Received

QA segment



VCI - Virtual Channel Identifier
 PT - Payload Type
 SP - Segment Priority
 HCS - Header Check Sequence ($G(x) = x^3 + x^2 + x + 1$)

QA segment



- ST - Segment Type (00 = COM, 01 = EOM, 10 = BOM, 11 = SSM)
- SN - Segment Number
- MID - Message Identifier
- LEN - Length (násobok 4 v rozsahu 4-44)

QA prístup na zbernicu

- Každý segment má pre riadenie prístupu na zbernicu rezervované bity: *Busy bit (1x) a Request bit (3x)*
- Každý uzol má pre každý smer prenosu počítadlá: RC (request counter) a CD (countdown counter)

