

# 8 FDDI (Fiber Distributed Data Interface)

**Dr.h.c. Prof. Ing. RNDr. Ján Turán, DrSc.**

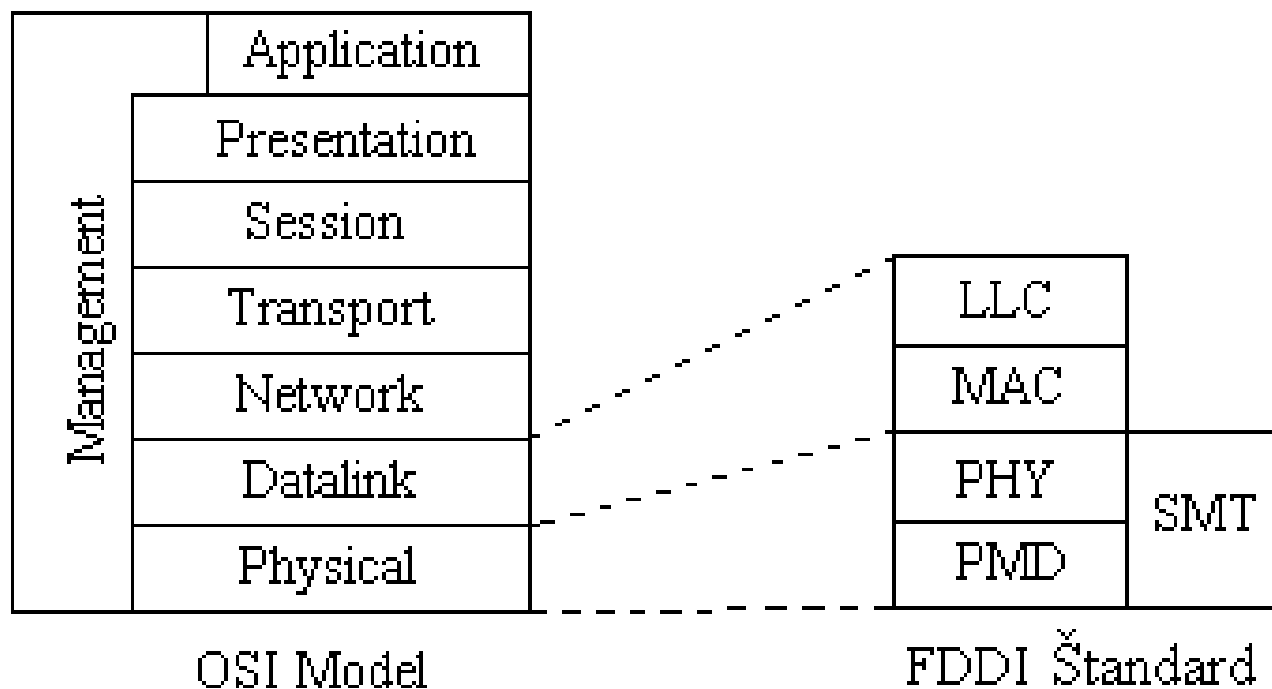
## 8.1 ÚVOD A ZÁKLADNÉ VLASTNOSTI

- **FDDI (Fiber Distributed Data Interface)** je 100 **Mb/s** optická lokálna sieť
  - **ANSI (American National Standards Institute)**
  - **LAN typu Ethernet**  
(10 - 100 **Mb/s**)
  - **Cambridská sieť (Token Ring)**  
(4 až 16 **Mb/s**)

## 8.1 ÚVOD A ZÁKLADNÉ VLASTNOSTI

- **Topológia dvojitého kruhu so stromami (Dual Ring of Trees)**
  - **Maximálne 500 staníc**
  - Maximálna vzdialenosť medzi stanicami
    - **2 km (MM OF) - 60 km SM OF**
  - Vzdialenosť medzi stanicami menšia ako 500 m - prenosové médium - skrútená telefónna dvojlinka
  - Komunikácia pomocou linky **SONET**
  - **Maximálna dĺžka použiteľného média – 200 km**
- **Komunikácia v FDDI prebieha po paketoch**
  - Dĺžka rámcov je 4500 bytov
  - Množstvo údajov - 4094 (4 k) bytov
    - 8 sektorov disku

- **Dva druhy komunikácií**
  - **Synchrónna komunikácia**
  - **Asynchrónna komunikácia**
- **Asynchrónna komunikácia**
  - **Nevyhradená (Nonrestricted)**
  - **Vyhradená (Restricted)**
  - **8 prioritných úrovní pre asynchrónny mód komunikácie**
- **Distribučovaná podstata** - riadenie je decentralizované
- **FDDI** kompatibilný s **IEEE 802** štandardmi  
**CSMA / CD (IEEE 802.3 – Ethernet), Token Ring (IEEE 802.5 - Cambridge Ring) a Token Bus (IEEE 802.4) celosvetový štandard**

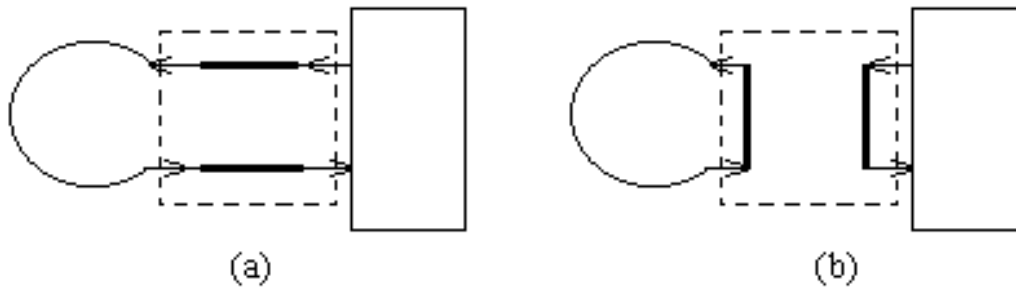


**Obr. 8.4 Sedem vrstiev ISO/OSI protokolov sieťovania a FDDI.**

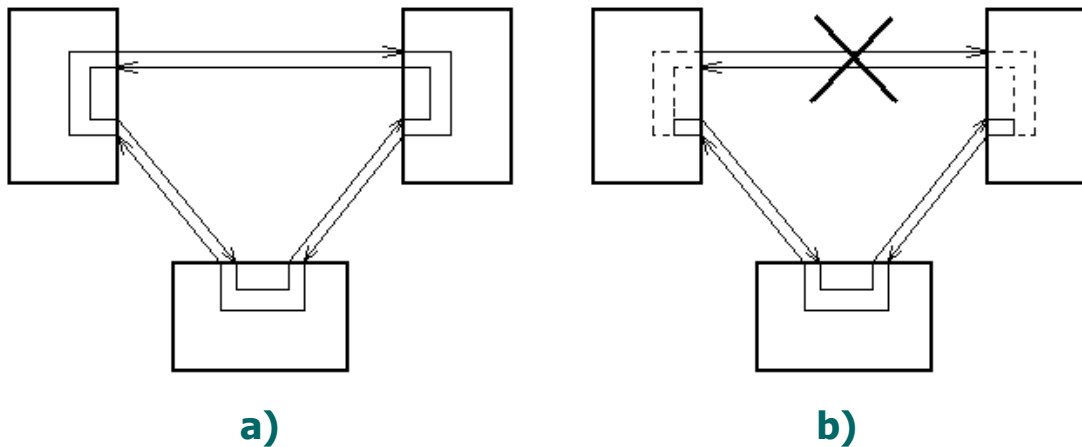
- **Vlastnosti FDDI**

- **Veľká šírka pásma - 100 Mb/s**
- **Veľká vzdialenosť staníc**
  - pre MM OF 2km pre SM OF 60km
- **Veľký dosah siete**
  - 200km OF a 100 km optického kábla
- **Veľký počet uzlov - 500 staníc**
- **Prenos v reálnom čase umožňuje synchrónny mód komunikácie v FDDI**
- **Integrácia rečovej /dátovej/ komunikácie**
- **Vysoká dostupnosť siete**
- **Vysoká spoľahlivosť siete, chybovosť -  $10^9$**
- ❑ **Nedetegovateľná chyba  $10^{-20}$**
- **Vysoká bezpečnosť**
- **Imunita voči šumu, elektromagnetickej interferencie**

- **Vysoká spoľahlivosť v FDDI**
  - **Preklopenie staníc (Bypass)**
  - **Dvojitý kruh**



Obr. 8.1 Preklopenie (Bypass) staníc.



Obr. 8.2 Dvojitý kruh umožňuje pri prerušení komunikáciu po ostrovoch:  
a) pred poruchou,  
b) po poruche.

- **ISO OSI (Open System Interconnection)**  
Referenčný model
- **Štandard FDDI**

## Fyzická a dátová vrstva a ich manažment

- **Fyzická vrstva závislá od média**
  - **PMD (Physical Layer Medium Dependent)**
    - Špecifikuje použité optické komponenty
    - Opisuje charakteristiky optického signálu
- **Fyzická vrstva nezávislá od média**
  - **PHY (Physical Layer Medium Independent)**
    - Algoritmy prekonania rôznych časovacích impulzov
    - Detekcia chýb prijatých bitov
    - Linkové kódovanie



- **Riadenie prístupu k médiu**
  - **MAC (Media Access Control)**
  - Pravidlá zdieľania média rôznymi stanicami
  - Určuje formát tokenu a rámcov
  - Pravidlá inicializácie tokenu
- **Riadenie prenosovej linky**
  - **LLC (Logical Link Control)**
  - Multiplex, demultiplex rámcov (paketov)
  - Podľa štandardu IEEE 802
- **Manažment staníc**
  - **SMT (Station Management)**
  - Protokoly a formát rámcov používaných na automatickú lokalizáciu a izoláciu porúch
  - Rekonfiguráciu a inicializáciu siete

- **Koncentrátor**

- **Koncentrátor bez pripojenia**

- **NAC (Null Attachment Concentrator)**

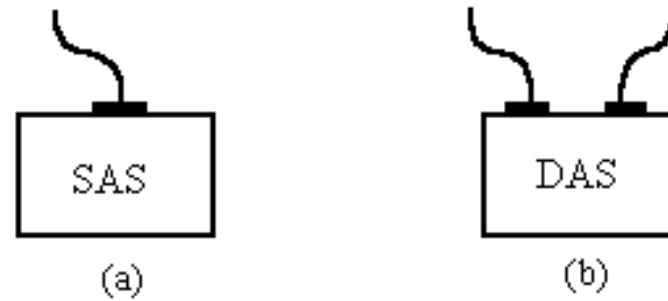
- **Koncentrátor s jedným pripojením**

- **SAC (Single Attachment Concentrator)**

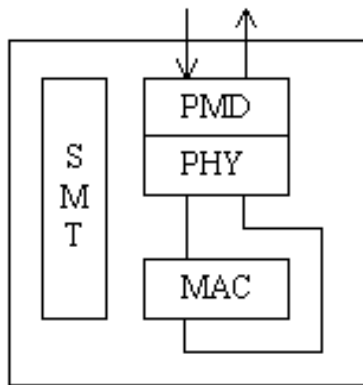
- **Koncentrátor s dvomi pripojeniami**

- **DAC (Dual Attachment Concentrator)**

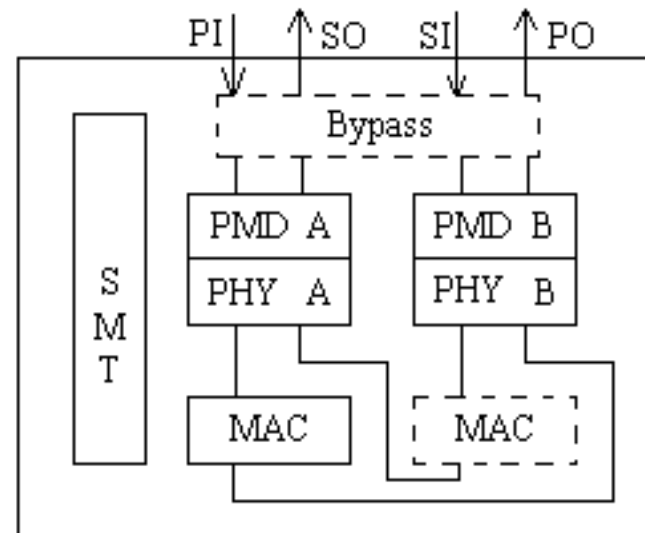
- **Uzly s jedným pripojením (SAS a SAC)**
  - jeden port - **S (Slave) port**
- **Uzly s dvomi pripojeniami (DAS a DAC)**
  - dva porty
    - **A – port** (k primárnemu PI a k sekundárnemu SO)
    - **B – port** (k primárnemu PO a sekundárnemu SI)
- **Koncentrátor všeobecne (NAC, SAC a DAC)**
  - **S – porty** (SAS alebo SAC) v stromovej štruktúre siete
  - označenie **M(Master) port**
    - **A – a B – porty DAC a S – port SAC sa nazývajú horné porty**
    - **NAC nemá horný port**
- **Všeobecná topológia siete FDDI** - topológia dvojitého kruhu so stromovými štruktúrami (**Dual ring of Trees**)
- **Každá podmnožina tejto štruktúry je tiež povolená**



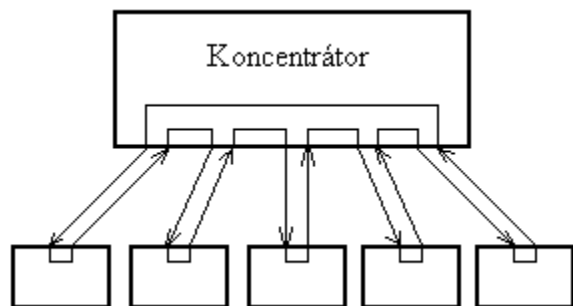
obr. 8.5 Typy staníc: (a) SAS, (b) DAS.



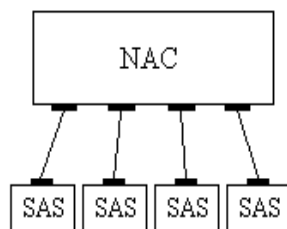
Obr. 8.6 Protokolová štruktúra SAS.



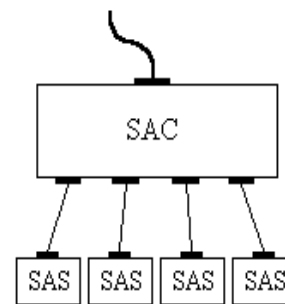
Obr. 8.7 Protokolová štruktúra DAS.



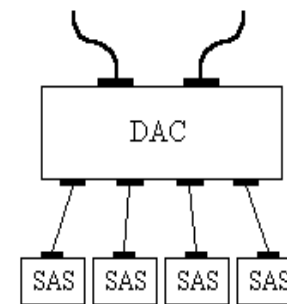
**Obr. 8.3 Koncentrátor.**



**a)**

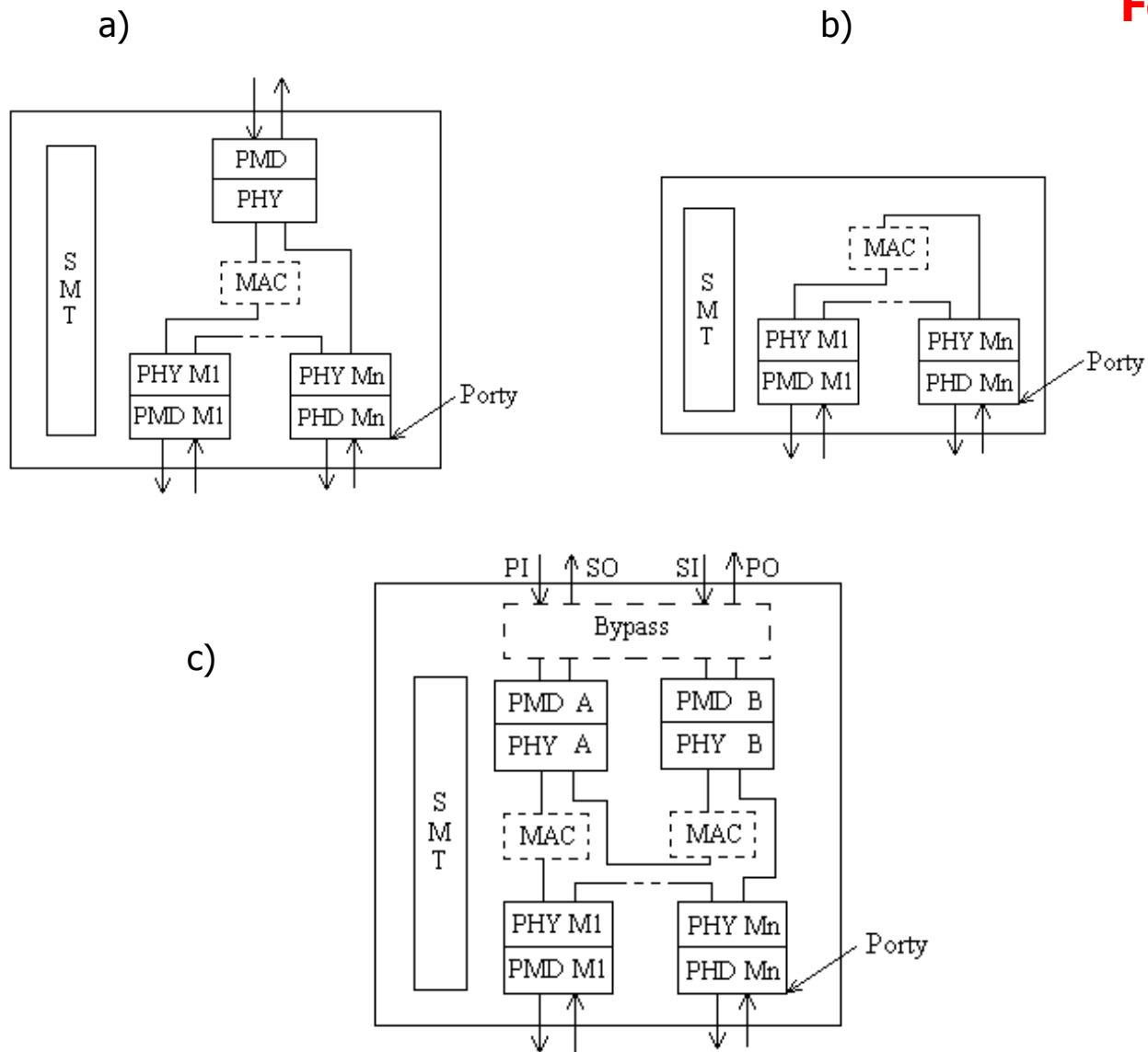


**b)**



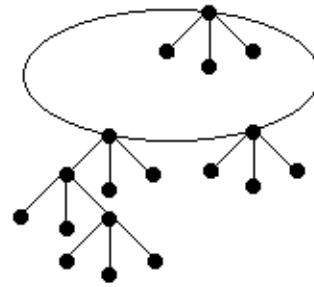
**c)**

**Obr. 8.8 Typy koncentrátorov:  
a) NAC, b) SAC a c) DAC.**

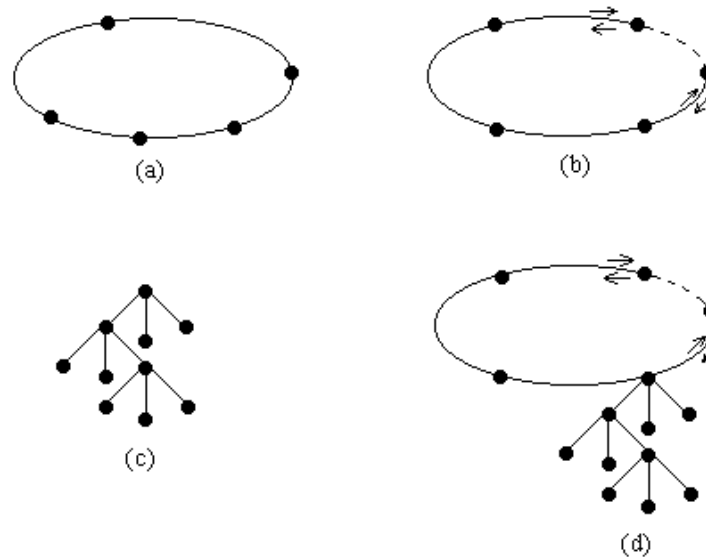


Obr. 8.9 Protokolové štruktúry koncentrátorov: a) NAC, b) SAC a c) DAC.

- **LCC** je rovnaký ako pre štandard **IEEE 802**
- **FDDI sieť** je tvorená z uzlov
- **Uzly sú aktívne komponenty siete**
- **Dva typy uzlov**
  - **Stanice** - prijímajú a vysielaajú údaje (informácie)
  - **Koncentrátory** - umožňujú prepojenie viacerých staníc
- **Dva typy staníc**
  - **Stanica s jedným pripojením** – **SAS** (Single Attachment Station) používa k pripojeniu na sieť jeden optický kábel (dve optické vlákna)
  - **Stanica s dvomi pripojeniami** – **DAS** (Dual Attachment Station) používa k pripojeniu na sieť dva optické káble (štyri optické vlákna)
- Stanica **SAS** má jeden **PMD, PHY, MAC** a **SMT**
- Stanica **DAS** - pripojená k obidvom kruhom
- **Dvojica PMD / PHY = Port**
- **SAS** má jeden a **DAS** dva **Porty**



Obr. 8.10 Všeobecná topológia siete FDDI.



Obr. 8.11 Povolené topológie siete FDDI: (a) dvojité kruh, (b) prerušený dvojité kruh, (c) strom, (d) prerušený dvojité kruh so stromom.



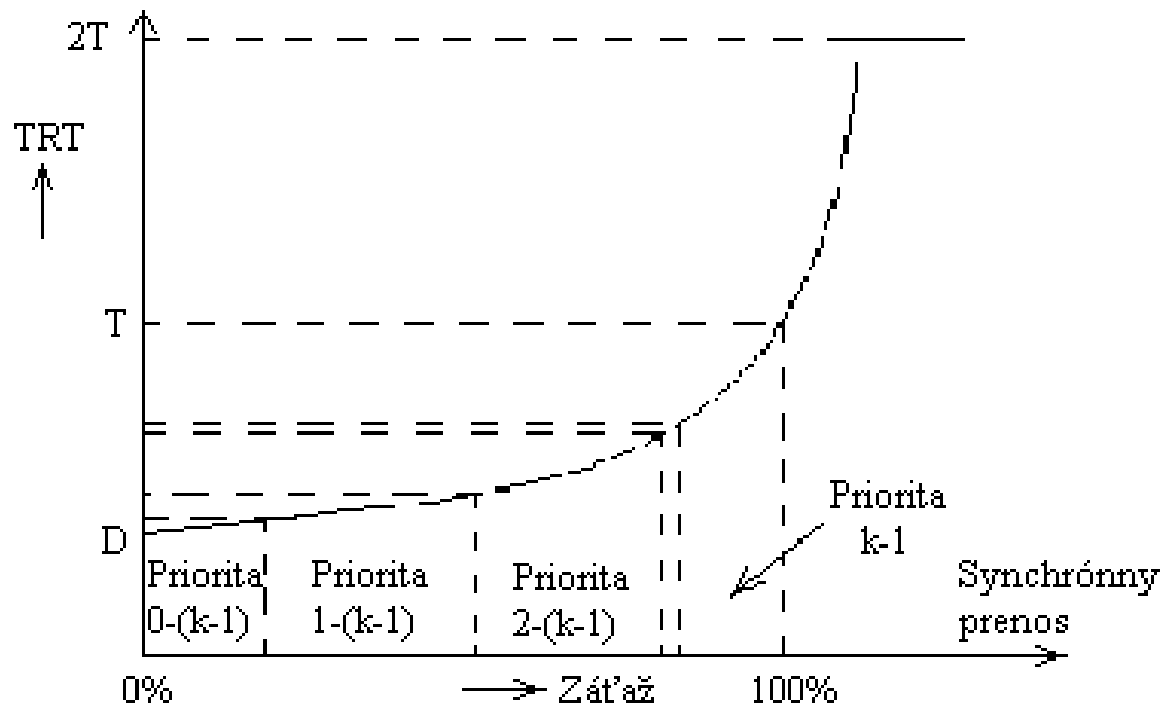
## 8.2 RIADENIE PRÍSTUPU K MÉDIU

- Viaceré stanice využívajú prenosovú kapacitu používaného média
- **Metódu časového Tokenu** podobná - **IEEE 804.4 Token Bus**
- Stanica, ktorá získala token, môže vysielat' svoje rámce len určitý pevne určený čas - **čas držania tokenu** – **THT** (**T**oken **H**olding **T**ime)
- Čas medzi dvomi nasledujúcimi príchodmi tokenu – čas rotácie tokenu – **TRT** (**T**oken **R**otation **T**ime)
- $TRT = N_A \cdot THT + TTT$
- **TTT** je **čas prechodu tokenu cez sieť**
- Účinnosť siete

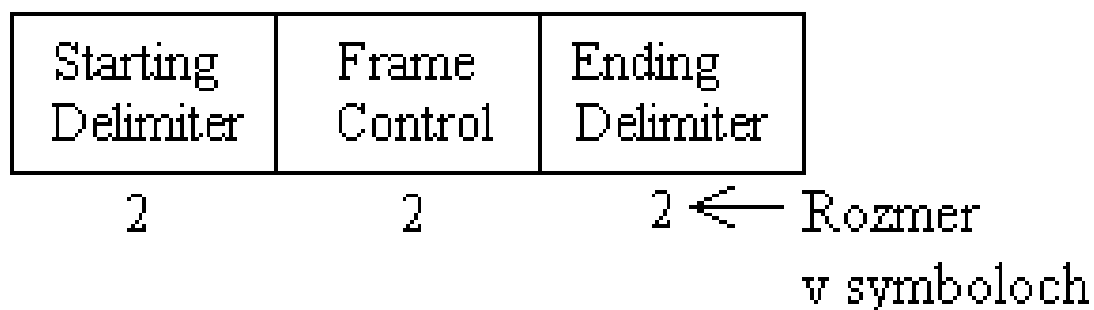
$$\eta = \frac{THT}{THT + \Delta}$$

$\Delta$  je latencia siete

- Stanice sa dohodnú na **cieľovej hodnote času rotácie tokenu** – **TTRT** (**T**arget **T**oken **R**otation **T**ime)
  - **Token sa oneskoruje** - stanica nevysiela
  - **Token je skorý** - stanica vysiela



Obr. 8.13 TRT ako funkcia zaťaženia siete.



Obr. 8.14 Formát Tokenu.

- **Ohraničenie THT**

$$\text{THT} = \text{TTRT} - \text{TRT}$$

- Metóda sa využíva pre prenos dát v asynchrónnom móde komunikácie
- Synchronna komunikácia sa uskutoční pri každom zachytení tokenu

- **Vyslanie tokenu na žltú**

- Rámce vyslané do siete sú strhávané vysielajúcou stanicou
- Prenosy s nižšou prioritou sú povolené len ak zaťaženie siete je malé
- Pri nulovom (0%) zaťažení je **TRT** =  $\Delta$
- Pri 100% zaťažení je

$$\sum_{i=1}^n \text{TRT}_i \leq \text{TTRT} + F_t + T_t + \Sigma \text{ sync.}$$

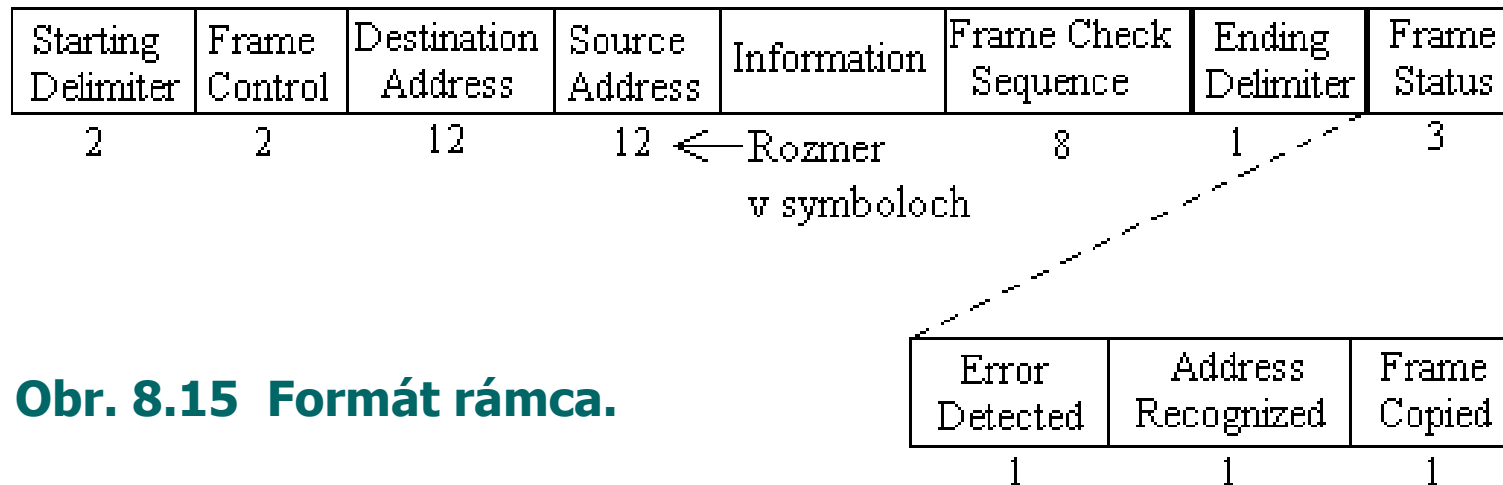
$F_t$  je čas trvania rámca a  $T_t$  čas trvania tokenu a sync. je čas rezervovaný na synchronne prenosy

- Po n rotáciách tokenu

$$\text{TRT}_i \leq n\text{TTRT} + F_t + T_t + \Sigma \text{ sync.}$$

- Údaje sa prenášajú po štvoriciach bitov  
**Quartery - Pol – byty**
- **Symboly** - 16 dátových symbolov: 0,1,2,...,9,A,B,...,F
  - Linkový kód 4B/5B ako **5 – bitové kódové slová**
  - Celkom 32 symbolov
  - 16 dátových symbolov
  - 16 riadiacich symbolov siete
    - označené H, I, J, K, L, R, S, T, V
- **Token - šesť symbolov**
  - Začína ohraňením začiatku  
(**Starting Delimiter**) – Symboly J – K
  - Končí ohraňením konca  
(**Ending Delimiter**) – Symboly T – T
  - Uprostred - riadiace pole rámca (**Frame Control**)
  - Môžu byť:  $1000\ 0000_2$  – **Nevyhradený Token**  
 $1100\ 0000_2$  – **Vyhradený Token**

- **Formát rámca**
  - **Začiatok rámca- Symboly J – K**
  - **Riadiace pole rámca**
  - **Adresa miesta určenia (**Destination Address**)**
  - **Adresa zdroja (**Source Address**) - 16 alebo 48 bitová**
  - **Informačné pole (**Information Field**)**
  - **(**Frame Check Sequence**) - 32 bitová chyba indikujúce kontrolné slovo**
  - **Ohraničenie konca rámca – Jeden symbol T**



**Obr. 8.15 Formát rámca.**



Tab. 8.1 Riadiace slová FDDI

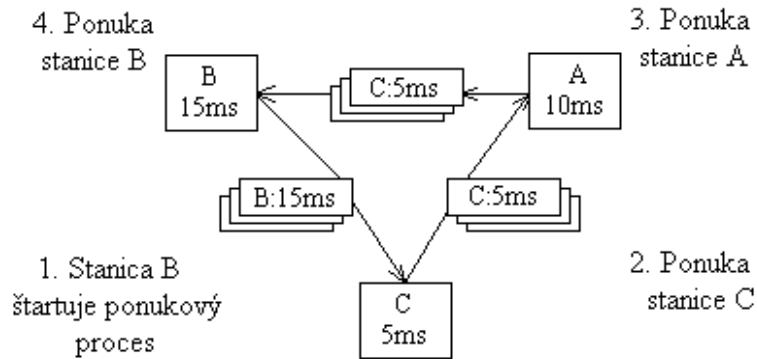
Riadiace slovo rámca	Typ rámca
0X00-0000	Prázdne rámce, X=0 alebo 1
0L00-0000 to 1111	Rámce manažmentu siete 0100-0001=SMT 0100-1111=NSA
1000-0000	Nevyhradený token
1100-0000	Vyhradený token
1L00-0001 to 1111	MAC rámce 1L00-0010=Signalizačné rámce 1L00-0011=Požadované rámce
CL01-rppp to rppp	LLC rámce
CL10-r000 to r111	Implementačné rámce
CL11-rrrr	Rezervné rámce

- **Bit C označuje mód služby**
  - **0 – asynchrónny**
  - **1 – synchrónny**
- **Bit L označuje dĺžku adresy**
  - **0 – krátka 16 bitová adresa**
  - **1 – dlhá 48 bitová adresa**
- **Bity FF ZZZ (6bitov) - typy rámcov**
  - **LLC rámce**
  - **Tokeny**
  - **MAC rámce**
  - **SMT rámce**
  - **Prázdne (void) rámce**
  - **Implementačné rámce**
  - **Rezervné rámce pred vyslaním vysielat' 16 symbolov preambule**

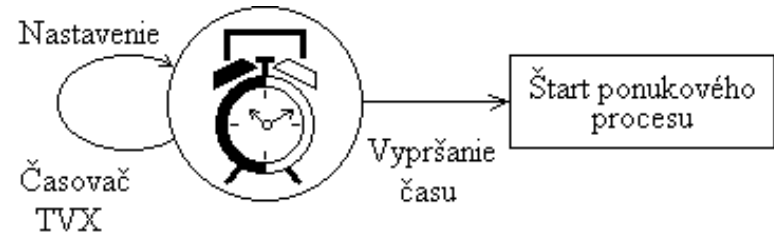


**Proces inicializácie Tokenu sa nazýva  
Claim Token Process**

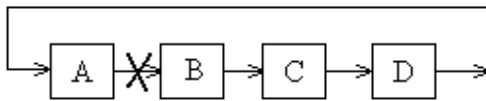
**- Realizovaný použitím distribuovaného ponukového procesu  
(Bidding Process)**



a)



b)



c)

**Obr. 8.18 Distribuovaný ponukový proces a), funkcia časovača b) a signalizačný proces c).**

- Každá stanica začne vysielat' špeciálne MAC rámce  
Ponukaná hodnota  $T\_Bid_i$  pre TTRT
  - Na prenos týchto rámcov nie je potrebný Token
  - Ak je prijatá hodnota  $T\_Bid_i$  menšia ako vlastná ponúkaná hodnota, stanica sa odmlčí
  - Ak je prijímaná ponuka väčšia ako ponuka stanice, stanica blokuje prichádzajúce ponukové rámce a vysielá do siete len svoje vlastné rámce
  - Ak je prijímaná ponuka rovnaká ako ponuka stanice, stanica porovná veľkosti adres, ak je adresa prijatého rámca väčšia, ponukové rámce sa opakujú, v opačnom prípade sú generované nové ponukové rámce
  - Ak niektorá stanica prijme jej vlastné ponukové rámce, je **vít'azom ponukového procesu**
  - Ak stanica vysielá ponuku dlhú dobu (viac ako 165 ms), došlo v sieti k poruche, na sieti – spustí sa signalizačný proces (**Beacon Process**)
  - **Beacon Process**) sa používa na lokalizáciu prerušenia kruhu a identifikáciu stanice, pred ktorou došlo k prerušeniu - 10 sekúnd
- Každá stanica monitoruje správnu prácu kruhu - časový poplachový mechanizmu s použitím čítača správneho prenosu
  - **TVX (Valid Transmission Timer) - čas 2,5 ms**
- Poruchu vo vnútri stanice detekuje mechanizmus vrstvy **MAC**

## 8.3 FYZICKÁ VRSTVA NEZÁVISLÁ OD MÉDIA

- **Kľúčové funkcie**

- **Linkové kódovanie** - kód **NRZI** (**N**on **R**eturn to **Z**ero **I**nverted) – **blokový kód 4B/5B**
- **32 kódových slov**
- **16 sa používa na prenos dát**
- **J – K, R, S, T sú riadiace symboly**
- **I (Idle), H (Halt) a Q (Quet) - stav prenosovej linky**
- **Štandard FDDI – II** - ohraničenie začiatku rámca - symboly **I-L**

- **Kódovacia účinnosť**

- **NRZI kódu je 100%**
- **Kódu 4B/5B je 80%**

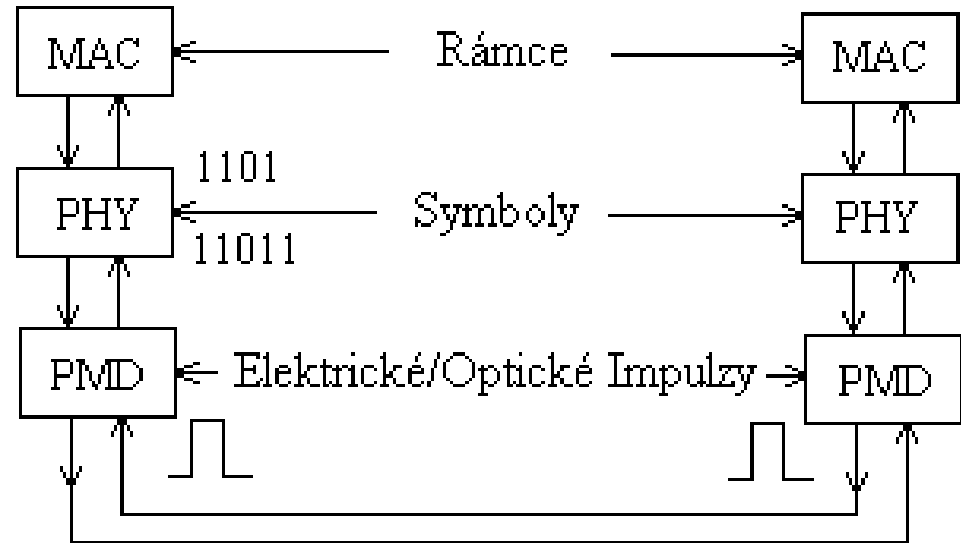
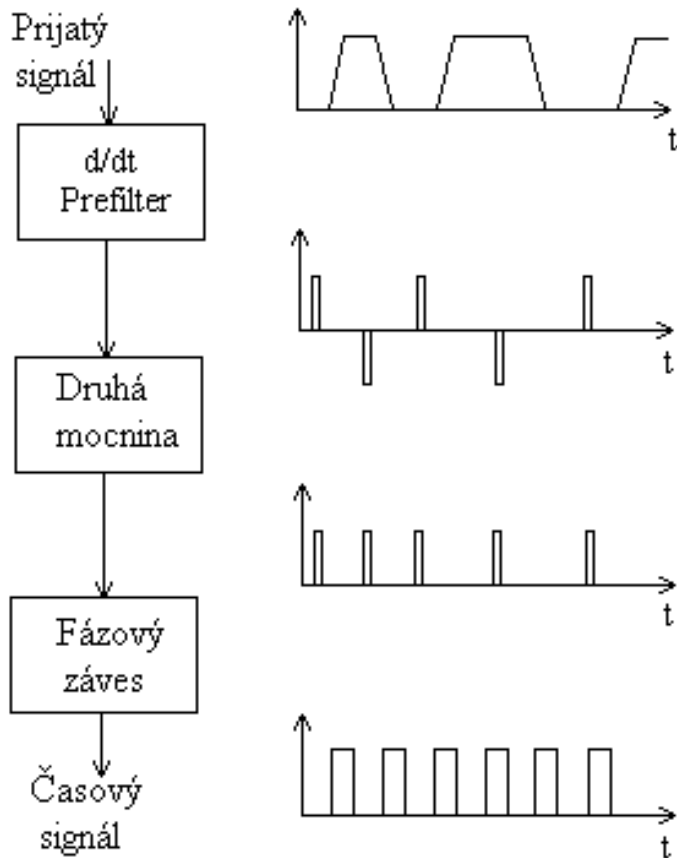
- Prenosová rýchlosť signálu je **125 Mbaud**

- **NRZI a 4B/5B kódovanie** v **FDDI** umožňuje jednoducho obnoviť časový signál

**Tabuľka 8.2 :**

<b>Kódové bity</b>	<b>Symbol</b>	<b>Význam</b>	<b>Kódové bity</b>	<b>Symbol</b>	<b>Význam</b>
<b>Datové symboly:</b>			<b>Riadiace symboly:</b>		
11110	0	0000	11000	J	Prvý symbol štartu
01001	1	0001	10001	K	Druhý symbol štartu
10100	2	0010	00101	L	Ohraničenie
10101	3	0011	01101	T	Ukončenie dát
01010	4	0100	00111	R	Logická nula (reset)
01011	5	0101	11001	S	Logická jednotka (set)
01110	6	0110	<b>Neplatné symboly:</b>		
01111	7	0111	00001	VH	
10010	8	1000	00010	VH	
10011	9	1001	00011	V	
10110	A	1010	00110	V	
10111	B	1011	01000	VH	
11010	C	1100	01100	V	
11011	D	1101	10000	VH	
11100	E	1110			
11101	F	1111			
<b>Symboly stavu linky:</b>					
00000	Q	Hluchá			
11111	I	Pracuje			
00100	H	Stop			

- Vrstvy (**PMD, PHY** a **MAC**) siete **FDDI** komunikujú pomocou rôznych objektov **Rámcov, Symbolov, resp. Elektrických/Optických impulzov**
- **Vyrovňavajúca pamäť**
- **Vyhľadzoací filter**
- **Opakovací filter**
- **Indikácia stavu linky:**
  - **Quiet Line State (QLS)** – hluchý stav linky
  - **Idle Line State (ILS)** – chod linky naprázdno
  - **Active Line State (ALS)** – aktívny stav linky
  - **Master Line State (MLS)** – vysiela sa osem alebo viac dvojíc **H – Q** (6,25 **MHz** signál)
  - **Halt Line State (HLS)** – vysiela sa 16 alebo viac **H** symbolov (12,5 **MHz** signál)
  - **Line State Unknown (LSU)** – stav linky neznámy
  - **Noise Line State (NLS)** – šumový stav linky
  - **Štandard FDDI – II - Cycle Line State (CLS)** – stav linky pri vysielaní cyklu

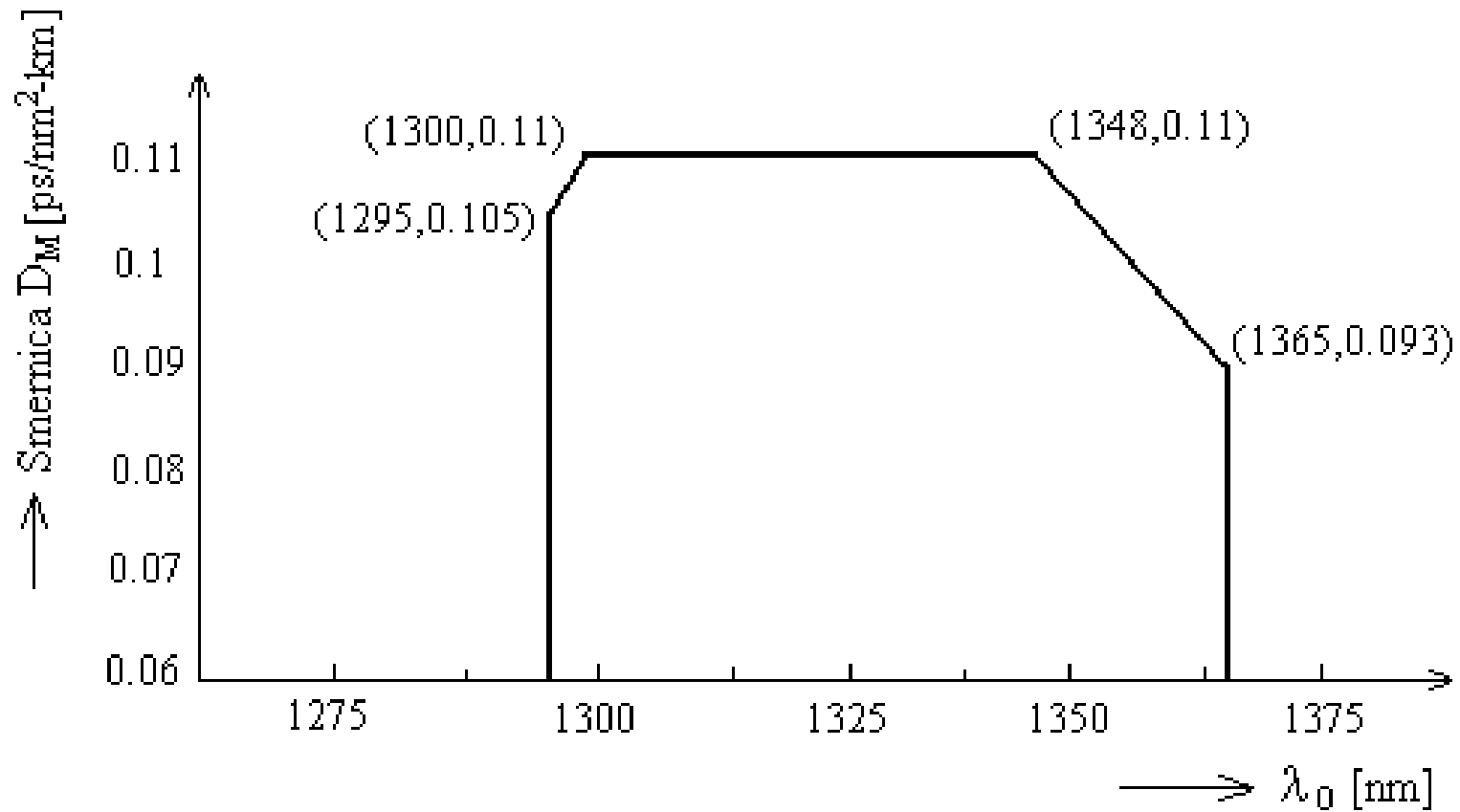


Obr. 8.21 Komunikácia medzi jednotlivými vrstvami dvoch susedných FDDI staníc.

Obr. 8.20 Bloková schéma obnovy časovacieho signálu.

## 8.4 PMD S MNOHOVIDOVÝM OPTICKÝM VLÁKNOM

- **Fyzická vrstva závislá od média – PMD** (**P**hysical Layer **M**edium **D**ependent) opisuje parametre použitých elektricko/optických prvkov, vysielačov, prijímačov
- **PMD s využitím mnohovidových OV**
  - MMF – PMD** (**M**ulti **M**ode **F**iber - **PMD**)
    - **MM – GI** vlákno
    - Rozmer **OV** je 62,5/125 , tolerancia priemeru plášťa  $\pm 3\mu\text{m}$   
vlákna iných rozmerov : 50/125, 85/125 alebo 100/140
    - Numerická apertúra 0,275 - akceptačný uhol  $16^\circ$
    - Maximálne celkové tlmenie optickej linky 11 dB - tlmenie **OV** ( $\alpha_f = 2 \text{ dB/km}$ ,  $L = 2 \text{ km}$ ), konektory (1dB), spojky (0,5 dB) a optické preklopenie
    - Kvalita **OV** pri  $\lambda = 1,3 \mu\text{m}$  - 500 **MHz.km** - čas nárastu/spádu optického impulzu  $5 \mu\text{s}$
    - Dĺžka **OV** - menšia ako 2 km
    - Smernica materiálovej disperzie **OV** - určená diagramom
    - **OV** iných rozmerov 50/125 ( $\text{NA} = 0,20 ; 0,21$  alebo  $0,22$ ), 85/125 ( $\text{NA} = 0,26$ ) a 100/140 ( $\text{NA} = 0,29$ )
  - Dovoľuje aj zmiešanie (prepájanie) rôznych mnohovidových **OV**



**Obr. 8.22** Smernica materiálovej disperzie v oblasti s nulovou materiálovou disperziou.



- **MMF – PMD - parametre optického vysielacza**
- Centrálna vlnová dĺžka od 1270 do 1380 **nm** (t.j. okolo 1,3  $\mu\text{m}$ )
- Priemerný optický výkon: minimálne – 20 **dBm**, (10  $\mu\text{W}$ ), maximálne –14 **dBm** (40  $\mu\text{W}$ ); meraný pre postupnosť **H** symbolov (štvorcové signály 40 **ns**, 1, 40 **ns**, resp. 12,5 **MHz**)
- Čas nárastu impulzu: maximálny 3,5 **ns**, minimálny 0,6 **ns**
- Čas spádu impulzu rovnaký ako čas nárastu
- Spektrálna šírka emisnej čiary: definovaná grafom
- Jitter : cyklu (< 2 **ns**), datove závislý (< 0,6 **ns**)  
náhodný (< 0,26 **ns**)
- Extinkčný pomer  $E = \frac{P(1)}{P(0)} < 10 \%$
- Tvar impulzu spadajúci do vzorovej obálky
- Čas pripravenosti vysielacza < 1  $\mu\text{s}$

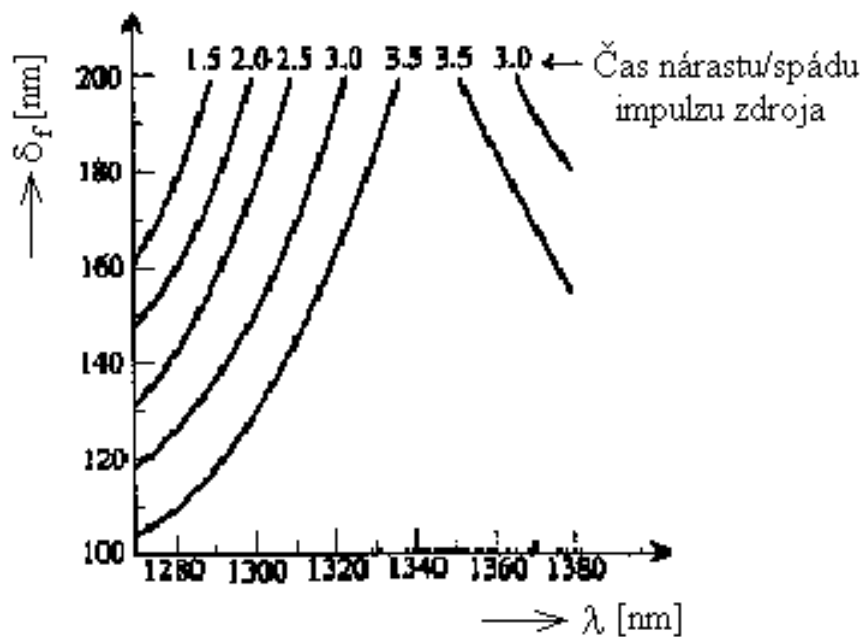
Typ vlákna	Naviazanie vysielča	Naviazanie prijímača	Straty linky OV
50/125 $\mu\text{m}$ (NA=0.20)	-5.0 dB	0.0 to 1.0 dB	6.0 to 7.0 dB
50/125 $\mu\text{m}$ (NA=0.21)	-4.5 dB	0.0 to 1.0 dB	6.5 to 7.5 dB
50/125 $\mu\text{m}$ (NA=0.22)	-4.0 dB	0.0 to 1.0 dB	7.0 to 7.5 dB
50/125 $\mu\text{m}$ (NA=0.26)	2.0 dB	0.0 to -2.6 dB	10.4 to 13.0 dB
100/140 $\mu\text{m}$ (NA=0.29)	2.0 dB	0.0 to -4.0 dB	9.0 to 13.0 dB

Tabuľka 8.3:

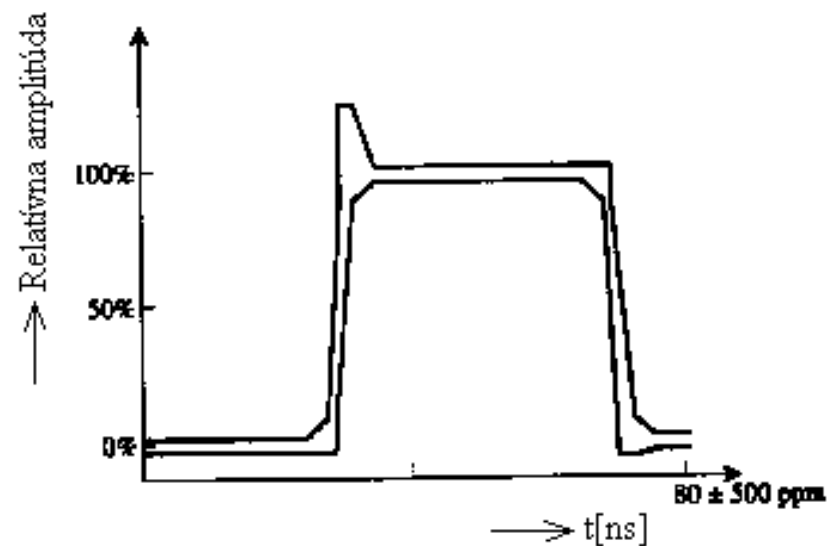
Vysielacie OV						
Prijímacie OV	50 $\mu\text{m}$ NA=0.2 0	50 $\mu\text{m}$ NA=0.2 1	50 $\mu\text{m}$ NA=0.2 2	50 $\mu\text{m}$ NA=0.27 5	50 $\mu\text{m}$ NA=0,2 6	50 $\mu\text{m}$ NA=0.2 9
50 $\mu\text{m}$ (NA=0.20)	0.0	0.2	0.4	2.2	3.8	5.7
50 $\mu\text{m}$ (NA=0.21)	0.0	0.0	0.2	1.9	3.5	5.3
50 $\mu\text{m}$ (NA=0.22)	0.0	0.0	0.0	1.6	3.2	4.9
62.5 $\mu\text{m}$ (NA=0.275)	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.3
80 $\mu\text{m}$ (NA=0.26)	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.8
100 $\mu\text{m}$ (NA=0.29)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabuľka 8.4:

- **MMF – PMD - parametre optického prijímača**
- Centrálna vlnová dĺžka od 1270 do 1380 **nm** (t.j. okolo 1,3  $\mu\text{m}$ )
- Priemerný optický výkon : minimálny – 31 **dBm** (0,8  $\mu\text{W}$ ),  
maximálny – 14 **dBm** (40  $\mu\text{W}$ )
- Čas nárastu impulzov < 5 **ns**
- Čas spádu impulzu : minimum 0,6 **ns**, maximum 5 **ns**
- **Jitter** : cyklu (< 1 **ns**), datove závislý (< 1,2 **ns**) a náhodný (< 0,76 **ns**)
- Špeciálne **FDDI** duplexné konektory s kľúčovaním  
vložené tlmenia konektora sú od 0,2 do 1 **dB**
- Možné použiť optické preklopenie pre **DAS** na hlavnom dvojitom kruhu
- **Parametre preklopenia**
  - Malé straty maximálne vložené tlmenie 2.5 **dB**
  - Vysoká izolácia minimálne 40 **dB**
  - Čas prerušenia média ( maximum 15 **ms** )
  - Rýchly čas prepnutia ( maximum 25 **ms** )



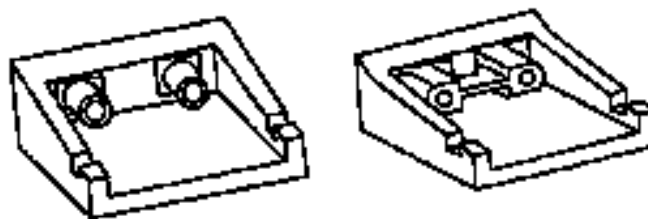
Obr. 8.23 Spektrálna šírka emisnej čiary.



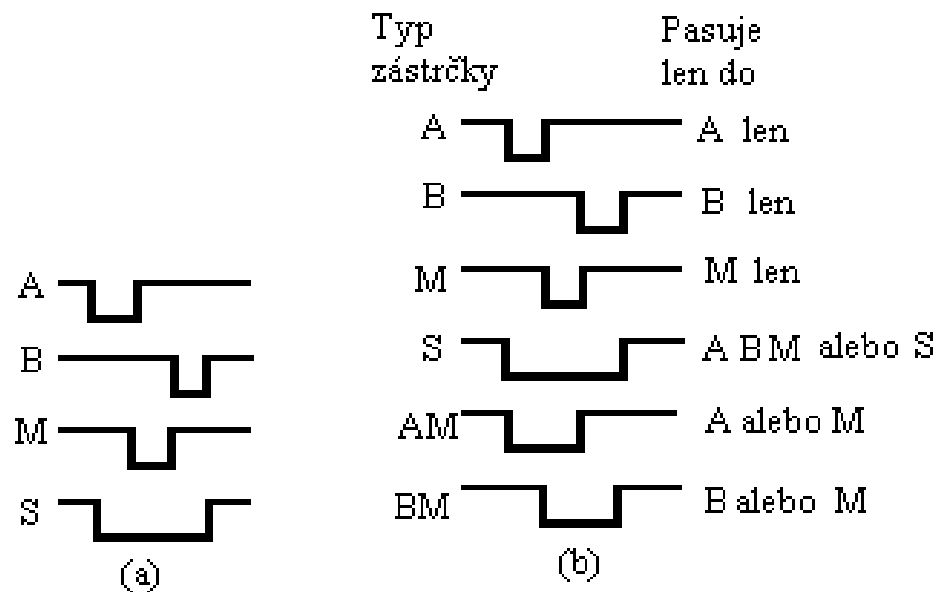
Obr. 8.24 Vzorová obálka impulzu.

## 8.5 PMD S JEDNOVIDOVÝM OPTICKÝM VLÁKNOM

- **PMD s jednovidovým optickým vláknom - SMF – PMD**  
( **Single Mode Fiber PMD** ) umožňuje preklenúť väčšie vzdialenosti medzi stanicami ( 40 až 60 **km** )
- **Hlavné rozdiely medzi MMF – PMD a SMF –PMD**
  - **Dve kategórie vysielача / prijímača**
    1. **Kategória I** rovnaké - ako pre štandard **MMF – PMD**
    2. **Kategória II** sú výkonnejšie a citlivejšie zariadenia
  - **Väčšie straty v optickom vláknovom obvode 33dB**
    - ❑ 1**dB** alokujeme ako zálohu tlmenie optickej vláknovej trasy
    - ❑ 32 **dB** na **OV** s tlmením 0,5 **dB/km**
  - **Potreba optických atenuátorov** - presnejšie (a aj drahšie) optické konektory
  - **Je možné aby niektoré optické linky siete boli realizované na základe štandardu MMF – PMD**



Obr. 8.25 Duplexný konektor FDDI.



Obr. 8.26 Klúčovanie MMF – PMD konektorov: (a) zásuvka, (b) zástrčka.

- **Špecifikácia optických vlákien pre SMF – PMD**
- **Rozmery** : priemer plášťa  $125 \mu\text{m} \pm 2 \mu\text{m}$ , excentricnosť jadra  $\pm 2\%$  a koncentricnosť  $\pm 1 \mu\text{m}$
- **Priemer vidového poľa**  $\omega_0 = 8,7 \mu\text{m} \pm 0,5 \mu\text{m}$
- **Kritická vlnová dĺžka**  $\lambda_c = 1260 \text{ nm}$
- **Disperzia** : Hodnota nulovej materiálovej disperzie má byť z intervalu 1300 až 1322 **nm**. Smernica priebehu materiálovej disperzie v tejto oblasti má byť menšia alebo rovná  $0,095 \text{ ps/nm}^2\text{km}$ . Maximálna hodnota disperzie v oblasti vlnových dĺžok 1285 až 1330 **nm** musí byť menšia ako  $3,5 \text{ ps/nm}^2\text{km}$
- **Dĺžka OV** – ohraničená tlmením a disperziou
- **Tlmenie optickej linky** závisí od použitej kategórie vysielačov a prijímačov
- **Optické vláknové konektory**
  - Iné kľúčovanie
  - Špeciálne dvojvláknové konektory
- **Možné poškodenie zraku**
- Možné použiť optické preklopenie stanice
  - Parametre – rovnaké ako pre štandard **MMF- PMD**
  - Odraz má byť menší ako **20 dB**

## 8.6 PMD S LACNÝM OPTICKÝM VLÁKNOM

- **LCF-PMD (Low Cost Fiber - PMD)**
  - Vlnová dĺžka z okna 1300 **nm**
  - Optické vlákno **GI-MM** s rozmerom 62.5- 125 **µm**
  - Optický konektor: používa sa duplexný **FDDI** konektor **SC** s tlmením 0.3 **dB** a odrazom 43 **dB**
  - Vysielač/prijímač: rozsah vysielača je – 22 až – 14 **dBm**  
rozsah prijímača je – 29 až – 14 **dBm**  
tlmenie prenosovej trasy len 7 **dB**- dosah 500 **m**
  - Disperzia **OV** – nie je špecifikovaná
  - **Jitter** nie je problém
  - Čas nárastu – spádu impulzu – pre prijímač 4,0 **ns** a pre vysielač 4,5 **ns**
  - Optické preklopenie je možné – v praxi neuvažované použitie
- Je možné použiť aj iné typy **OV**: 50/125, 100/140 a 200/230 **µm** je ale potrebné prepočítať výkonovú bilanciu



## 8.7 PMD S KOVOVOU SKRÚTENOU DVOJLINKOU

- **TP- PMD (Twisted Pair PMD)**
- Na metalickom médiu telefonna dvojlinka (koaxiálny kábel) vzdialenosť 100 **m**
- **Základné charakteristiky**
  - Kategória dovolených káblov: **UTP**, **STP** a koaxiálne káble
  - Výkonová úroveň je riešená špeciálnou kódovacou metódou
  - Elektromagnetická interferencia pre **UTP** káble použitie trojhladinového kódu (**MLT-3**)
  - Konektory sú typu **DB-9**(pre **STP**) a **RJ-45**(pre **UTP**)
- Trojhladinový kód **MLT-3**-rozšírenie **NRZI** na **tri hladiny: +1,0,-1**
- Bitová rýchlosť 125 **Mb/s**
- Signál má frekvenciu 62,25 **MHz**
- Pre **MLT-3** kód je dĺžka cyklu 4 bity a teda frekvencia signálu je 31,25 **MHz**

## 8.8 PMD NA SIETI TYPU SONET/SDH

- **SONET(Synchronous Optical NETwork)**
- **Štandard ANSI a ECSA (Exchange Carriers Standard Association)**
- **Adoptovaný CCITT-SDH (Synchronous Digital Hierarchy)**
- **SONET/SDH**
- Sieť, cez ktorú užívateľ transparentne prenáša digitálne signály z jedného koncového bodu do druhého koncového bodu
- 2488 **Gbit/s** môže niesť až 16 paralelných **FDDI** liniek
- Jediná vrstva (**PMD**) sieťového protokolu zodpovedá štyrom vrstvám protokolu **SONET/SDH**
- **SONET systém** – vopred definované dátové prenosové rýchlosti- **STS-N Synchronous Transport Signal Level, N Synchronmy Transportný Signál Úrovne N**
- **STS-1-51,84 Mbit/s**
- Prenosové rýchlosti **STS-N-N** násobkom **STS-1**

- **Na optickej úrovni- OC-N**  
**(Optical Carrier level N- Optická Nosná úroveň N)**
- Prenosové rýchlosti **OC- N** a **STS-N** rovnaké
- **Pre SDH-STM – N**  
**Synchronous Transport Module N**  
**Synchrónny Transportný Modul N**
- Najnižšia **STM-1-155,52 Mbit/s**
- Prenosová rýchlosť **STM-N- N-krát STM-1**
- Rámec s dĺžkou 125  $\mu$ s
- **Synchrónna prenosová obálka – SPE**  
**Synchronous Payload Envelope**
  - **OC-3 SPE 2430 bytov**
  - **OC – 12 SPE 9720 bytov**
- **SONET PMD** berie výstup z **FDDI** fyzikálnej vrstvy, čo je postupnosť **4B/5B** kódovaných bitov a umiestňuje ich do zodpovedajúcich bitov **STS- 3c SPE**
- **STS - 3c SPE** je tvorené 2349 bytmi

- Každých 125  $\mu\text{s}$  sa prenáša jedna **SPE**
- Dostupná prenosová rýchlosť  
(2340 x 8)/125 = 149,74 **Mbit/s**
- Je to viac ako vyžaduje **FDDI** (125 **Mbit/s**)
- Zobrazenia **SONET FDDI**
- Stuffingové riadiace bity - až 9
- Preklopenie možných časových rozdielov  
**SONET** (  $\pm 20 \text{ ppm}$  ) a **FDDI** (  $\pm 50 \text{ ppm}$  )
- Toto zobrazenie **FDDI** do **SONET** systému sa nazýva asynchrónne zobrazenie s super prenosovou rýchlosťou

## 8.9 FDDI – II

- **Garantovaný prenos n bitov každých T  $\mu$ s**
- Aplikácia vyžaduje izochrónny mód (resp.službu) komunikácie
- **FDDI- II – podporuje izochronný mód komunikácie**
  - **Protokolové komponenty MAC-2, PHY2 a SMT – 2**
  - **Nie je zmena v komponente PMD**
  - **Prenosová rýchlosť 100 Mbit/s**
  - **Základný mód - ako FDDI – I**
- **Hybridný mód – podporuje izochrónny mód komunikácie**
  - **Multimediálne aplikácie**
  - **Izochrónny mód komunikácie FDDI-II-prenosové možnosti sa opakujú každých 125  $\mu$ s**
  - Generuje špeciálny rámec nazývaný **cyklus**
  - Pri prenosovej rýchlosti 100 **Mbit/s** možno za 125  **$\mu$ s** prenieť 1562,5 bytov
  - **1560 bytov použitých pre cyklus**
    - ❑ 2,5 bytov sa používa ako medzera (preambula) medzi cyklami

- **Na kruhu môže vzniknúť niekoľko cyklov**
- Jednotlivé byty cyklu sú alokované pre rôzne kanály
- **1560 bytov cyklu – 16 širokopásmových kanálov**

**WBC (Wide Band Channel)** po 96 bytov

- **WBC** poskytuje prenosovú rýchlosť **6144 Mbit/s**  
(96 bytov za 125  $\mu$ s)
- Dostatočná na jeden **TV** prenos, štyri kvalitné stereo programy alebo 96 telefónnych konverzácií
- Niektoré zo 16 **WBC** môžu byť alokované pre paketový mód komunikácie
- 16 **WBC** využíva 1536 bytov z celkového počtu 1560 bytov cyklu
- 24 bytov – 12 bytov sa používa ako hlavička cyklu a 12 bytov je vždy alokovaných pre paketový mód komunikácie
- **Priradená paketová skupina – DPG (Dedicated Packet Group)**  
zaručuje, že minimálne prenosová rýchlosť **0,768 Mbit/s** bude vždy prítomná pre paketový mód komunikácie
- **Manažment siete (SMT protokol)**

- **Protokolové komponenty FDDI- II**
  - **Fyzická vrstva závislá od média – PMD (Physical Layer Medium Dependent): FDDI-I** bez zmeny
  - **Fyzická vrstva nezávislá od média – PHY (Physical Layer Medium independent):** nová verzia **PHY-2**
  - **Hybridný multiplexor – H-MUX** (Hybrid Multiplexer)
  - **Paketový MAC-P-MAC (Packet MAC):** nová verzia **MAC-2**
  - **Izochrónny MAC-I-MAC (Isochronous MAC):**  
kombinácia **H-MUX** a **I-MAC** sa nazýva hybridné riadenie kruhu **HRC (Hybrid Ring Control)**
  - **Manažment staníc – SMT (Station Management)**
  - **Logické riadenie linky- LLC (Logical Link Control):**  
rovnaké ako pre **FDDI-I**
  - **Multiplexer pre repínanie okruhov – CS-MUX (Circuit Switsinng Multiplexer)**
- **Uzol siete FDDI-II stanica alebo koncentrátor a môže mať nulu, jeden alebo dva porty**

- **Stanice FDDI-II- dvoch tried**
  - **Monitorovacie a Nemonitorovacie**
    - Monitorovacie stanice majú schopnosť **generovať a udržiavať cykly**
    - Každá monitorovacia stanica **má rád stanice**, číslo od 1 do 63
    - **Monitorovacia stanica s najväčším rádom je pánom cyklu**
    - Vyrovnávacia pamäť – **LAB (Latency Adjustment Buffer)**
    - **Pán cyklu** vykonáva špeciálne služby a hovoríme, že pracuje **v nadriadenom (master) mode**
  - **Formát cyklu FDDI-II**
    - Byty **WBC** sú prekladané
    - **Cyklické skupiny** – **CG (Cyclic Group)** – je ich 96
    - Cyklická skupina **CG<sub>i</sub>** obsahuje i-te byty širokopásmových kanálov 1 až 16
    - Pred každou osmicou cyklickej skupiny sa prenáša 1 byte 12 bytovej informácie označovanej ako **priradená paketová skupina**
    - **DPG (Dedicated Packed Group)**
    - Na začiatku cyklu vysiela 2,5 bytov (5 symbolov) dlhá **preambula** a 12 bytová **hlavička**



- **Formát hlavičky cyklu**

- Dvojica symbolov **J-K** – ohraničenie začiatku
- Symbol **C1**- riadenie synchronizácie cyklu
- Symbol **C2**-riadenie sekvencie cyklov
- Číslo sekvencie cyklu – dva symboly označené **CS**
- 16 symbolov – **P0** až **P15** - stav programovacej masky pre širokopásmové kanály **WBC<sub>0</sub>** až **WBC<sub>15</sub>**
- Posledné dva symboly- určene pre izochrónny údržbový kanál- **IMC-(Isochronous Maintenance Channel)** rečový signál - použitý pri údržbe siete

- Nie je potrebný symbol pre ukončenie cyklu- dĺžka cyklu je presne určená
- Token a formáty rámcov použité pre **FDDI-II** sú podobné ako pre **FDDI-I**
- Rozdiel je, že na ohraničenie začiatku rámcov sa používa dvojica symbolov **I-L**
- Maximálny rozmer rámca pre **FDDI-II** 9000 symbolov
- Prvý krok inicializácie **FDDI-II** požadovačný (**Claim**) proces určí sa hodnota **TTRT**

- Užívatelia, ktorý chcú komunikovať prostredníctvom izochrónnej služby **FDDI-II** potrebujú **vytvoriť medzi sebou okruh** dovoľujúci prenos požadovaného prenosového kanálu s požadovanou prenosovou rýchlosťou
  - Každý užívateľ môže písať do bytov alokovaného kanála a čítať ich
  - Cez jeden okruh môžu komunikovať viacerí užívatelia
  - Použiteľne na konferenciu
  - **FDDI-II** sieť podporuje rôzne aplikácie s prepínaním paketov a okruhov
- **Manažment šírky pásma**
  - **WBC** manažment
  - Manažment prenosových kanálov
  - Pán cyklu indikuje alokáciu **WBC** v cykle použitím programovateľných šablón
  - Rozloženie kanálov monitoruje **I-MAC** v stanici tabuľkou-riadiaca mapa-  
**(Steering Map)**
- **Hybridný multilexor (H-MUX)**
  - Proces identifikácie cyklov
  - Vyrovnávacia pamäť – **LAB**
  - Proces prepínania kanálov

## 8.10 ROZVOJ ŠTANDARDIZÁCIE FDDI

- **FDDI Follow- On LAN (FOOL)** – lokálna sieť nasledujúca po **FDDI 1 Gbit/s**
  - **Pripojenie FDDI-I, FDDI-II, B-ISDN, ATM aj DQDB sietí**
  - **Multimediálne a hypermediálne aplikácie**
- **FFOL sú povolené nasledujúce služby**
  - **Prenos ATM buniek**
  - **Prenos paketov (synchronný, asynchronný, vyhradený asynchronný)**
  - **Izochrónny prenos**
- **Nie je výhodné riadenia prístupu pomocou Tokenu**
- **Riadenie prístupu programovaným časovým intervalom a registrov rozmiestnených po kruhu siete**
- **Blokové kódy 8B10B, 16B20B, 32B40B**
- **Uvažuje o priestorovom znovuvyužití rámcov**
- **Topológia siete zostáva dvojitý kruh so stromovou štruktúrou**
- **Protokolové komponenty: PMD, PHY, SMT, SMUX, IMAC a AMAC**
- **SMUX (Service multiplexer)** multiplexuje izochrónny a asynchronny prenos:
  - **IMAC (Isochronous MAC)**
  - **AMAC (Asynchronous MAC)**