

#1 LAN

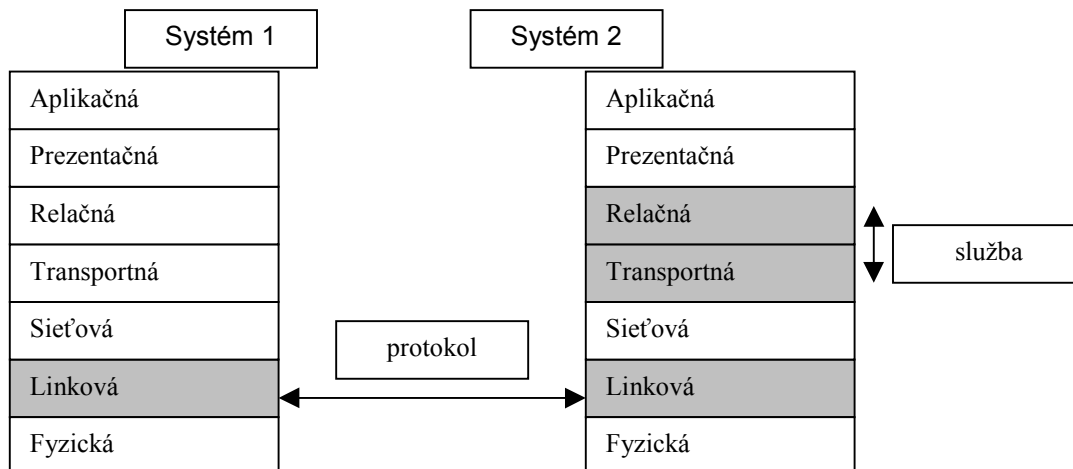
Úvod

RM OSI model

7-vrstvový komunikačný referenčný model (ISO/IEC 7498-1: 1994).

- Application
 - Presentation
 - Relation
 - **Transport**
 - **Network** asi najzložitejšia vrstva
 - **Data-link** skoro všetky štandardy boli vyvinuté z HDLC (LAPB pri X.25 a LLC pri 802.x LAN)
 - **Physical**
- my sa budeme zaoberať najnižšími 4 – po transportnú - sme katedra telekomunikácií
 - načo je dobré RM/OSI? – ako referencia, na opis, podporuje tvorbu štandardov
 - vždy spodnejšia vrstva poskytuje služby vrstve nad sebou
 - peer-vrstvy navzájom komunikujú pomocou komunikačného protokolu

obrázok znázorňuje dva komunikačné dva komunikačné systémy



Komunikačná služba

je to súbor primitív (operácií) ktoré daná vrstva poskytuje vrstve nad ňou. Vzťahuje sa na interfejs medzi dvomi vrstvami. Možno to prirovnáť k volaniu funkcie s naplnením príslušných údajov.

Komunikačný protokol (peer protokol)

súbor pravidiel a formátov rámcov, paketov resp. správ, ktoré sú vymieňané medzi peer-entity na úrovni rovnakej vrstvy

Pre užívateľa teda definujem služby prostredníctvom servisných primitív, čo sú správy vymieňané medzi vrstvami. Hovoríme o 4 druhoch primitív:

- request
- indication
- response
- confirm

Ako zabezpečím samotné služby, to je už záležitosťou protokolu, ktorý zostáva pre používateľa skrytý.

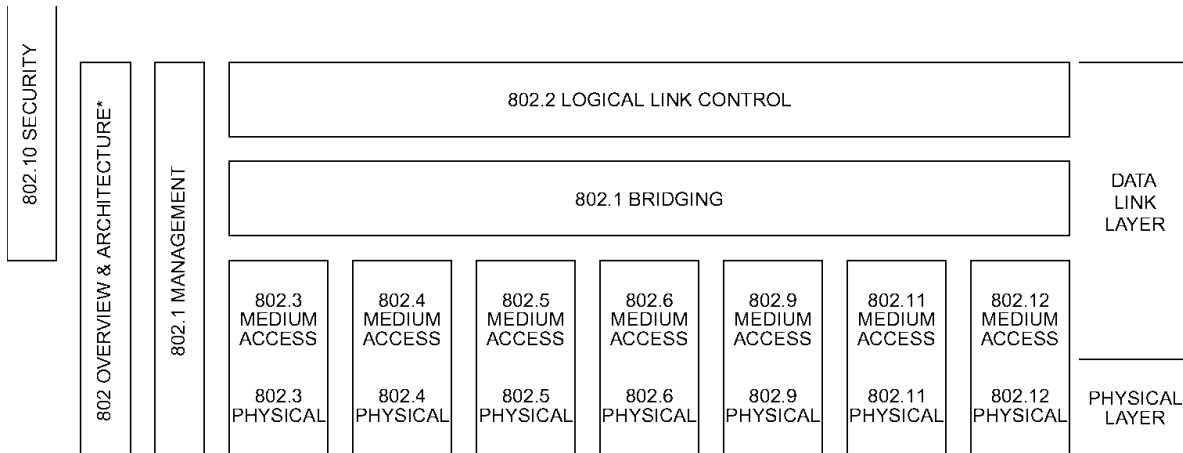
Protocol suite – sústava protokolov, na jednej vrstve ich môže byť definovaných aj viacero

Protocol stack – sústava protokolov, na každej vrstve je však definovaný iba 1 konkrétny

LAN - Local Area Network

- je to prepojenie distribuovaných skupín DTE (spravidla počítačov, serverov, periférnych zariadení...) umiestnených v jednej budove, príp. komplexe budov. Všeobecne však ide o akékoľvek komunikujúce zariadenia – špeciálne technológie, snímače, ústredne, vysielače – čokoľvek.
- z hľadiska zaradenia do RM OSI modelu – špecifikujú PHY a DL vrstvu
- najrozšírenejšie sú štandardy IEEE rady 802.x, ktoré sú buď vytvárané a prispôbované de-facto štandardom (napr. Ethernet, Token Ring...). Tieto štandardy sú preberané aj ako ISO štandardy, označované sú ISO 8802.3,

zaradenie IEEE 802.x štandardov k vrstvám RM OSI



* Formerly IEEE Std 802.1A.

o čom hovoria jednotlivé štandardy:

- 802.1 Higher Layer Interface
- 802.2 LLC
- 802.3 CSMA/CD (Ethernet)
- 802.4 Token Bus
- 802.5 Token Ring
- 802.6 MAN –DQDB
-
- 802.11 Wireless LAN
- 802.12 100 (Base) VG-AnyLAN

Fyzická vrstva

Zahŕňa nasledovné služby

- encoding/decoding of signals
- preamble generation/removal (for synchronization)
- bit transmission/reception

okrem toho definuje aj samotné prenosové médium

DataLink vrstva je pri LANoch pomerne komplexná, rozdelená na dve podvrstvy – LLC a MAC.

Dôvody sú dva:

- tradičné Layer-2-data-link nepoznajú riadenie prístupu pre viaceré zdroje a na viaceré ciele
- jedno LLC môže byť spojené s viacerými MAC

MAC podvrstva

úlohy:

- assembling data into a frame with address a CRC
- disassembling the frame into data, error detection (CRC validation), address recognition
- governing access to LAN transmission medium

Bez ohľadu na samotnú prístupovú metódu (CSMA/CD, Token ring, token bus, wireless) je definovaný štandardný súbor primitív pre LLC podvrstvu, aby táto mohla prenášať LLC PDU protiľahlej vrstve.

MAC sublayer service primitívy sú:

MA_UNITDATA.request, MA_UNITDATA.indication, MA_UNITDATA.confirm,
a tieto sú vymieňané medzi príslušnými podvrstvami – LLC a MAC. Každá service primitíva má priradené parametre, ako napr. destination address, service data unit (v tomto prípade je to LLC PDU), požadovaná class of service (pri token ringu, token buse prioritá)

LLC podvrstva

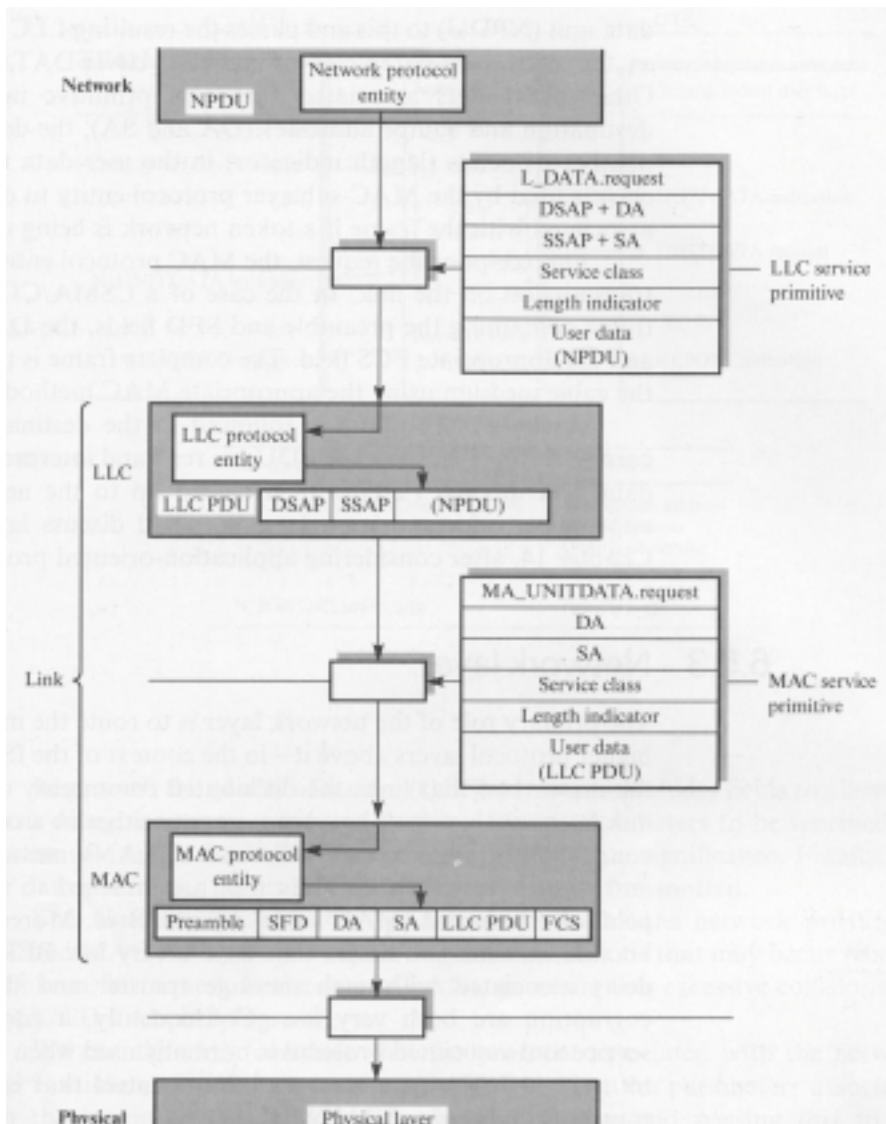
- providing one or more SAPs (service access point)
 - pre spoľahlivé (connection-oriented) služba aj: error control, flow control, link management
- Poskytuje služby pre vyššie vrstvy prostredníctvom SSAP. (802.2 definuje 8-bitový formát SAP adres)
- LLC poskytuje tri druhy služieb:

- Unacknowledged connectionless service
- connection-mode service
- acknowledged connectionless service

Tieto služby sú definované prostredníctvom primitív a ich parametrov, podobne ako to bolo u MAC. Pri LANoch je však spravidla využívaná send-data-with-no-acknowledgment, teda COLS. Táto služba má iba dve primitívy, a to:

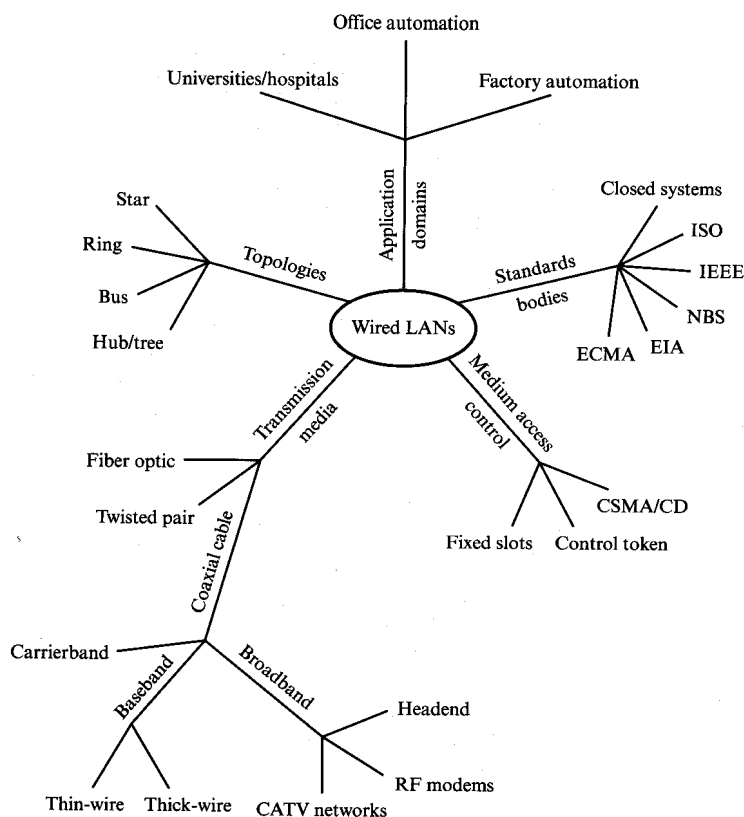
L_DATA.request a L_DATA.indication, a sú posielané v UI rámcoch (unnumbered information)

nasledovný obrázok zobrazuje interakcie medzi LLC a MAC podvrstvami



Druhy LAN-ov

podľa prenosového média sú wired a wireless, v tejto časti budeme hovoriť o **WIRED**:



topológie môžu byť logické a fyzické, napr. fyzická zbernica pri token bus, je logický ring, lebo token "behá dokruhu"

prístupové metódy

CSMA_CD – predstaviteľom je Ethernet, resp. 802.3

Control Token – Token Ring, Token Bus

Iné prístupové metódy – DQDB, FDDI, VG-AnyLAN – Round robin scheduling algorithm

príklady najrozšírenejších 802.3 LAN sietí:

ISO 8802 and IEEE 802 Standards

		IEEE 802.2			
LLC		<ul style="list-style-type: none"> • UACK connectionless service • Connection-oriented service • ACK connectionless service 			
MAC		CSMA/CD	Token bus	Token ring	Token ring
Physical	IEEE 802.3	Baseband coaxial 10 Mbps (2 versions) Unshielded twisted pair 1, 10 Mbps Broadband coaxial 10 Mbps	IEEE 802.4 Broadband coaxial 1, 5, 10 Mbps Carrierband 1, 5, 10 Mbps Optical fiber 5, 10, 20 Mbps	IEEE 802.5 Shielded twisted pair 4, 16 Mbps Unshielded twisted pair 4 Mbps	FDDI Optical fiber 100 Mbps

LAN siete typu Ethernet

možno definovať 3 kategórie, hlavne podľa prenosových rýchlostí
 špecifikácie Ethernet a IEEE802.3 – 10Mbps na koaxiálnom kábli
 špecifikáciu Fast Ethernet – 100Mbps na Twisted-pair
 špecifikáciu Gigabit Ethernet – 1000Mbps

je to relatívne stará technológia, prežila vďaka flexibilitě, jednoduchosti a spätnej kompatibilitě

história

baseband LAN špecifikácia od Xerox-u

postavená na koaxiálnom kábli, rýchlosti 10Mbps, používajúc CSMA/CD v 70-tych rokoch

pomenovanie Ethernet sa v súčasnosti používa pre všetky CSMA/CD siete

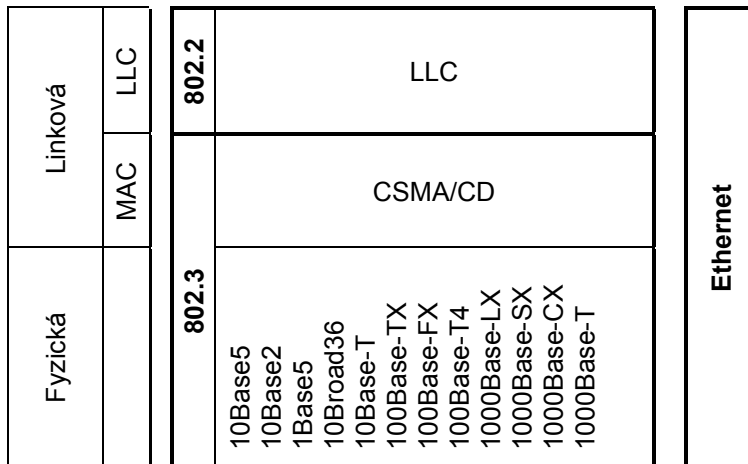
v roku 1980 bolo na jeho základe vytvorené IEEE 802.3

Ethernet version 2 – spoločný vývoj DEC, Intel, Xerox – je kompatibilný s 802.3

Koexistencia Ethernet a 802.3

zaradenie do RM OSI

– hlavný rozdiel v špecifikáciách Ethernet a 802.3



základné vlastnosti

- Ethernet LANy sú broadcast-based siete, t.j. všetky stanice vidia všetky rámce v sieti. Takže každá stanica musí rozhodnúť, či jej daný rámec patrí, alebo nie. (v promiscuidnom móde chytám všetky rámce)

- používa prístupovú metódu CSMA/CD

- určený hlavne pre aplikácie, pri ktorých komunikačné médium musí vedieť prenášať sporadickú, príležitostne obrovskú trafiku pri veľkých rýchlostiach. Nezaručuje však napr. doručiteľnosť správy (QoS) do určitého času – neexistujú priority, prístup je stochastický, pri preťažení siete ide priepustnosť prudko dole a žiadne stanice – bez rozdielu – sa nedostanú k zdrojom.

Na druhej strane je táto technológia rozšírená aj v takých oblastiach, ako sú výrobné prevádzky, riadiace systémy a pod. Je to vďaka "hrubej sile", teda predimenzovaniu kapacít, ktoré Ethernet technológia ponúka.

Fyzicky sú tieto metódy implementované hardwarovo, t.j. spravidla ako karta (PCI) alebo priamo na MB.

Ethernet špecifikácia definuje iba jedno fyzické rozhranie (koax), 802.3 ich definuje viacero, pričom prvá časť je číslo označujúce rýchlosť v Mbps, druhé pásmo (baseband, broad), a tretie samotné prenosové médium (T – twisted pair, FX – fibre, ak je to číslo, tak sa jedná o koaxiálny kábel, pričom číslo označuje jeho max. dĺžku v 100-kách metrov)

prístupová metóda CSMA/CD

MA – multiple access

- viaceré stanice zdieľajú jedno spoločné médium, a spoločne ho zdieľajú

- v danom okamihu môže používať médium iba jeden

CS – carrier sense

– všetky počúvajú nosnú, a zisťujú, či je médium obsadené alebo prázdne

CD – collision detection

- detekujú vzniknuté kolízie a následne sa podľa toho správajú

ešte existujú mnohé modifikácie, napr. CA- collision avoidance – predchádzanie kolíziám.

princíp

- vysvetliť na chodbe (počúvanie za dverami, beh do druhých dverí, keď niekoho stretnem, tak sa vrátim, náhodne si nastavím časovač a znovu vyrazím)
- stanica počúva, keď je ticho, tak začne vysielat' svoj rámeč
- zároveň aj počúva, či ho niekto iný svojím vysielaním neporušil
- to môže nastať vtedy, keď stanice začnú vysielat' naraz, resp. vysielanie jednej ešte nedorazilo k ďalšej vysielania chlivej stanici, ktorá teda predpokladá, že médium je voľné
- pri takejto kolízii obe stanice teda zastavia vysielanie, dokonca ešte vyšlú signál, ktorým to "pokazia úplne", nastavia si back-off timer na náhodne vygenerovanú hodnotu a po takomto čase znovu skúsia vysielat'.
- štatisticky sú vygenerované backoff-timre tak rozdielne, že nedôjde ku kolízii tých už raz kolidovaných staníc
- pri tejto metóde nie sú priority –je to stochastický prístup zdieľania média
- medzi jednotlivými fámkami musí byť Inter Frame Gap – časová medzera pre ostatných

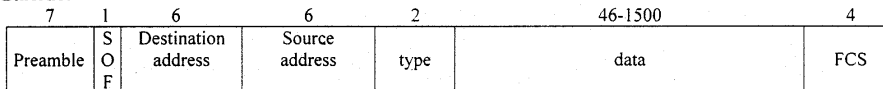
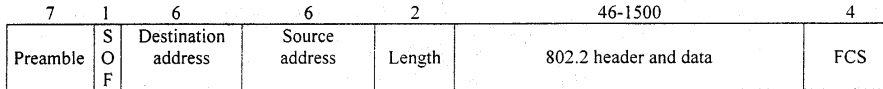
Porovnanie fyzických charakteristík Ethernet a 802.3 špecifikácií

Characteristic	Ethernet Value	IEEE 802.3 Values				
		10Base5	10Base2	10BaseT	10BaseFL	100BaseT
Data rate (Mbps)	10	10	10	10	10	100
Signaling method	Baseband	Baseband	Baseband	Baseband	Baseband	Baseband
Maximum segment length (m)	500	500	185	100	2,000	100
Media	50-ohm coax (thick)	50-ohm coax (thick)	50-ohm coax (thin)	Unshielded twisted-pair cable	Fiber-optic	Unshielded twisted-pair cable
Topology	Bus	Bus	Bus	Star	Point-to-point	Bus

Na Ethernet špecifikáciu sa najviac podobá 802.3 10Base5 (t.j. 50 Ohm, hrubý coax)

rámce (enkapsulácie)

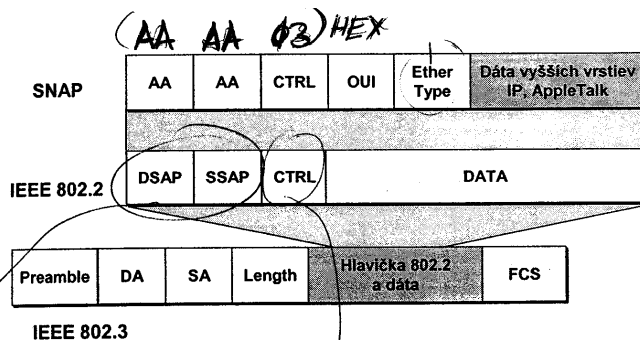
- na 2. vrstve sa vždy bavíme o rámcoch – frame (ako HDLC frame)
- porovnanie rámcov

Ethernet**IEEE 802.3**

- preamble – striedajúce sa 0 a 1-ky (zapískanie na médium)
- SOF – start of Frame – oznámenie, že písanie končí a začína frame – dvomi jednotkami na konci SOF
- DA a SA – tzv. MAC adresy dĺžky 6B (48bitov)– prvé 3 Byte označujú výrobcu, ďalšie 3 konkrétnu kartu. SA je vždy unicast, DA môže byť unicast, multicast alebo broadcast
- Type – (iba pri Ethernete) – definuje protokol vyššej vrstvy (napr. IP)
- Length (iba 802.3) – počet Byte-ov v nasledujúcom poli (v poli pred FCS)
- Data – údaje z vyššej vrstvy, Ethernet neumožňuje padding, t.j. musí ich byť aspoň 46, pri 802.3 je možné aj menej vďaka padding Bytes (minimálna dĺžka celého rámca je 64B, aby mohla fungovať detekcia kolízie CSMA/CD aj na maximálnej dĺžke kábla)
- FCS – obsahuje CRC hodnotu kvôli kontrole neporušenosti rámca. Je to “best effort” služba, t.j. pri zistení, že rámec je porušený ho už druhá vrstva zahodí, a nepošle vyššie.

Subnetwork Access Protocol – SNAP

- enkapsulácia protokolov tretej vrstvy, ktoré nie sú úplne OSI kompatibilné, napr. aj IP do 802.2 je možné pomocou SNAP
- funguje to tak, že ako DSAP a SSAP sa natvrdo napíše hodnota AA, a je jasné, že sa encapsuluje pôvodný protokol akoby do Ethernet II rámca (v hlavičke SNAP-u je Ethertype pole)

**ethernet loopback frame**

<capture> - Ethereal

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
29	7.683303	Cisco_91:0a:f5	Cisco_91:0a:f5	LOOP	Loopback
30	8.296857	172.20.100.101	172.20.100.100	TELNET	Telnet Data ...
31	8.298181	172.20.100.100	172.20.100.101	TELNET	Telnet Data ...
32	8.460231	172.20.100.101	172.20.100.100	TCP	1030 > 23 [ACK] Seq=145288617 Ack=6956
33	8.658574	172.20.100.101	172.20.100.100	TELNET	Telnet Data ...
34	8.659891	172.20.100.100	172.20.100.101	TELNET	Telnet Data ...

Frame 29 (60 on wire, 60 captured)

- Ethernet II
 - Destination: 00:09:43:91:0a:f5 (Cisco_91:0a:f5)
 - Source: 00:09:43:91:0a:f5 (Cisco_91:0a:f5)
 - Type: Loopback (0x9000)
 - Data (46 bytes)

```

0000 00 09 43 91 0a f5 00 09 43 91 0a f5 90 00 00 00  ...C... C...
0010 01 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00  ...
0020 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00  ...
0030 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00  ...
  
```

Filter: [Reset] [Apply] Type (eth.type)

Porovnanie a koexistencia rámcov 802.3 a Ethernet v.II

rico - Ethereal

File Edit Capture Display Tools Help

No. -	Time	Source	Destination	Protocol	Info
4	1.000000	172.20.7.3	224.0.0.2	HSRP	Hello (state Standby)
5	1.380000	00:09:b7:cc:fb:4b	01:80:c2:00:00:00	STP	Conf. Root = 16000/00:09:7b:7c:ff:42 Cost = 3019 Port = 8018
6	1.670000	172.20.7.2	224.0.0.2	HSRP	Hello (state Active)
7	1.980000	172.20.7.3	224.0.0.2	HSRP	Hello (state Standby)
8	2.410000	00:09:b7:cc:fb:4b	01:80:c2:00:00:00	STP	Conf. Root = 16000/00:09:7b:7c:ff:42 Cost = 3019 Port = 8018

Frame 5 (60 on wire, 60 captured)

- IEEE 802.3 Ethernet
 - Destination: 01:80:c2:00:00:00 (01:80:c2:00:00:00)
 - Source: 00:09:b7:cc:fb:4b (00:09:b7:cc:fb:4b)
 - Length: 38
 - Trailer: 0000000000000000
- Logical-Link Control
 - DSAP: Spanning Tree BPDU (0x42)
 - IG Bit: Individual
 - SSAP: Spanning Tree BPDU (0x42)
 - CR Bit: Command
 - Control field: u, func = UI (0x03)
 - 000. 00.. = Unnumbered Information
 -11 = Unnumbered frame
 - Spanning Tree Protocol
 - Protocol Identifier: Spanning Tree Protocol (0x0000)
 - Protocol version identifier: 0
 - BPDU Type: Configuration (0x00)
 - BPDU flags: 0x00
 - 0... .. = Topology Change Acknowledgment: No
 -0 = Topology Change: No
 - Root Identifier: 16000 / 00:09:7b:7c:ff:42
 - Root Path Cost: 3019
 - Bridge Identifier: 49152 / 00:09:b7:cc:fb:43
 - Port identifier: 0x8018
 - Message Age: 1
 - Max Age: 20
 - Hello Time: 1
 - Forward Delay: 4

```

0000 01 80 c2 00 00 00 09 b7 cc fb 4b 00 26 42 42 .....K.888
0010 00 00 00 00 00 00 3e 80 00 09 7b 7c ff 42 00 00 .0.....>...{|.B..
0020 0b cb c0 00 00 09 b7 cc fb 43 80 18 01 00 14 00 .....C.....
0030 01 00 04 00 00 00 00 00 00 00 00 .....
  
```

Filter: / Reset Apply Logical-Link Control (IIC)

rico - Ethereal

File Edit Capture Display Tools Help

No. -	Time	Source	Destination	Protocol	Info
4	1.000000	172.20.7.3	224.0.0.2	HSRP	Hello (state Standby)
5	1.380000	00:09:b7:cc:fb:4b	01:80:c2:00:00:00	STP	Conf. Root = 16000/00:09:7b:7c:ff:42 Cost = 3019 Port = 8018
6	1.670000	172.20.7.2	224.0.0.2	HSRP	Hello (state Active)
7	1.980000	172.20.7.3	224.0.0.2	HSRP	Hello (state Standby)
8	2.410000	00:09:b7:cc:fb:4b	01:80:c2:00:00:00	STP	Conf. Root = 16000/00:09:7b:7c:ff:42 Cost = 3019 Port = 8018

Frame 6 (62 on wire, 62 captured)

- Ethernet II
 - Destination: 01:00:5e:00:00:02 (01:00:5e:00:00:02)
 - Source: 00:00:0c:07:ac:0b (Cisco_07:ac:0b)
 - Type: IP (0x0800)
- Internet Protocol, Src Addr: 172.20.7.2 (172.20.7.2), Dst Addr: 224.0.0.2 (224.0.0.2)
 - Version: 4
 - Header length: 20 bytes
 - Differentiated Services Field: 0xc0 (DSCP 0x30: Class selector 6; ECN: 0x00)
 - 1100 00.. = Differentiated Services Codepoint: Class Selector 6 (0x30)
 -0 = ECN-Capable Transport (ECT): 0
 -0 = ECN-CE: 0
 - Total Length: 48
 - Identification: 0x0000
 - Flags: 0x00
 - .. = Don't fragment: Not set
 - .. = More fragments: Not set
 - Fragment offset: 0
 - Time to live: 1
 - Protocol: UDP (0x11)
 - Header checksum: 0x25e5 (correct)
 - Source: 172.20.7.2 (172.20.7.2)
 - Destination: 224.0.0.2 (224.0.0.2)
- User Datagram Protocol, Src Port: 1985 (1985), Dst Port: 1985 (1985)
 - Source port: 1985 (1985)
 - Destination port: 1985 (1985)
 - Length: 28
 - Checksum: 0xb0b7 (correct)
- Cisco Hot Standby Router Protocol

```

0000 01 00 5e 00 00 02 00 0c 07 ac 0b 08 00 45 c0 ..A.....E.
0010 00 30 00 00 00 00 01 11 25 e5 ac 14 07 02 e0 00 .0.....%.....
0020 00 02 07 c1 07 c1 00 1c b0 b7 00 00 10 01 03 69 .....i
0030 0b 00 68 73 72 70 00 00 00 00 ac 14 07 01 .....hsrp.....
  
```

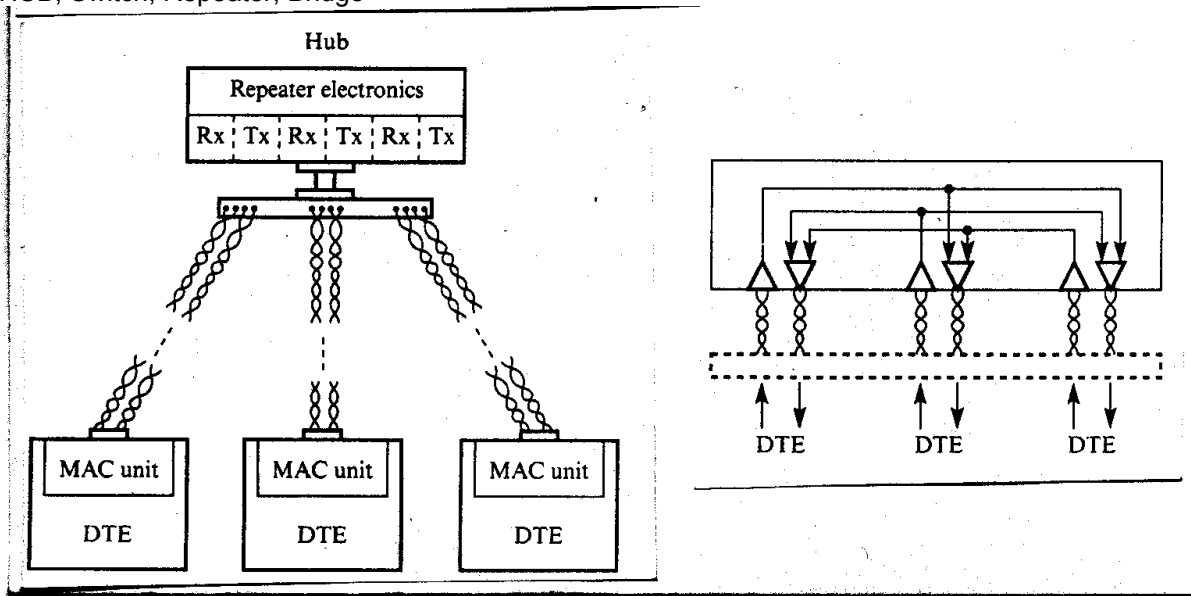
Filter: / Reset Apply Type (eth.type)

Twisted pair – RJ45 – zapojenie vodičov (EIA/TIA 568A – 568B)

V súčasnosti sa najviac ako médium pre Ethernet LANy používa štruktúrovaná kabeľ, priamou náhradou koaxiálu je zariadenie nazývané HUB.

Logicky to je stále to isté čo koaxiál. HUB iba elektronicky opakuje všetky príšle signály na ostatné porty – stanice samotné vykonávajú CSMA/CD tak isto, ako pri koaxe.

HUB, Switch, Repeater, Bridge



Štruktúrovaná kabeľ používa UTP, STP a FTP káble rôznych kategórií – podľa maximálneho prenášaného pásma (cat.3 do 25MHz, cat 5 cez 125Mhz...).

The cable pairs are color coded as

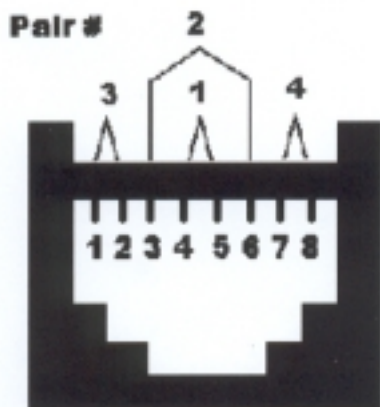
- Pair 1 is white-blue/blue,
- Pair 2 white-orange/orange,
- Pair 3 is white-green/green
- Pair 4 is white-brown/brown.

UTP Color Codes

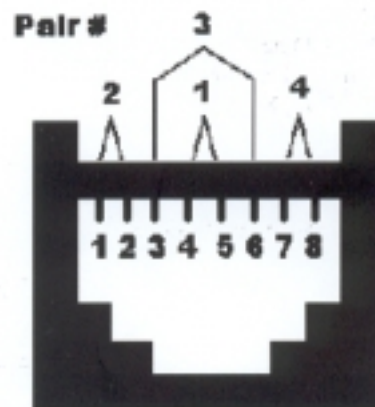


- Pair 1
- Pair 2
- Pair 3
- Pair 4

The jacks are then terminated with these layouts, looking into the jack:



EIA/TIA 568A



EIA/TIA 568B

Token Ring

Pôvodne vyvinutý v IBM v 70-tych rokoch. 802.5 je (skoro identická) úplne kompatibilná s IBM Token Ring-om, ktorý v podstate kopíruje.

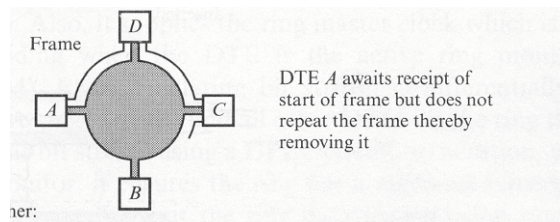
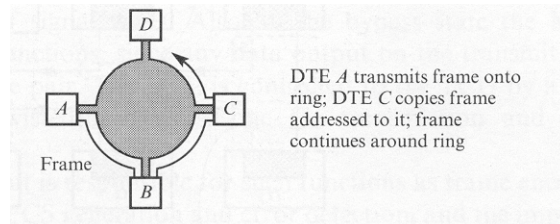
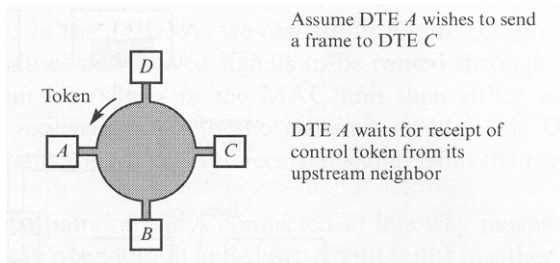
Jediný rozdiel je v samotnej špecifikácii, kde napr. topológia u IBM Token ringu je *star* a 802.5 ju nešpecifikuje, ale aj tak všetky implementácie majú star topológiu. Podobne je to s médiom, keď IBM Token ring špecifikuje *twisted-pair*.

Obe siete sú predstaviteľom sietí s MAC metódou **token passing**.

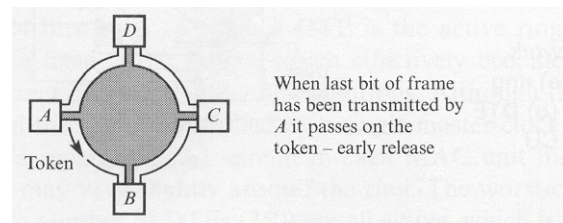
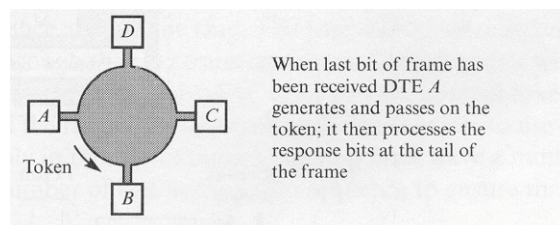
Existujú priority pre jednotlivé rámce, kolízie nemôžu nastať – je to deterministická sieť, dá sa vypočítať, do akého času bude schopná stanica vyslať – a teda aj doručiť správu. Okrem toho má zabudovaných niekoľko fault-management mechanizmov. Preto sú tieto siete oveľa vhodnejšie na kritické aplikácie.

	IBM Token Ring	802.5
Data rates	4 or 16 Mbps	4 or 16 Mbps
Station segment	280 STP, 72 UTP	250
Topology	Star	Not specified
Media	Twisted pair	Not specified
Signaling	Baseband	Baseband
Access method	Token passing	Token passing
Encoding	Differential manchester	Differential manchester

vysielanie rámca v Token ringu



er:



Princíp:

- stanice sú zapojené v logickom kruhu, fyzicky sú zapojené do hviezdy.
- stanice si do kruhu posielajú malý, 3B rámec – token
- stanica A chce vyslať, musí si počkať na token, a pokiaľ je jej priorita väčšia alebo rovná priorite nastavenej v tokene, tak môže vyslať rámec
- tento rámec je opakovaný (t.j. každý bit je prijatý a hneď aj preposlaný) postupne všetkými stanicami v kruhu, až kým nedokrúži späť do zdrojovej stanice, ktorá ho zruší (“zhltne”)
- okrem prevyslania si destination zariadenie ešte samozrejme rámec skopíruje do seba, a nastaví A (address-recognized) a C (copy) bit. Tak zdroj vie, že cieľové zariadenie je aktívne a že si rámec skopírovalo
- zdrojové zariadenie uvoľní token (môže ho držať len určitý maximálny čas), a to buď až po zhltnutí obehnutého rámca (pri 4Mbps), alebo token pošle hneď na konci vysielaného rámca (tzv. Early token release – pri 16Mbps)
- pokiaľ by takéto zariadenie medzitým vypadlo, hrozilo by nekonečné krúženie rámca v ringu, a teda aj jeho obsadenie. Tomu predchádza Aktívny monitor (vždy len jedna stanica v sieti), ktorý si každý okoloidúci rámec označí (M bit =1) a keď ide okolo druhýkrát, tak ho zruší a vygeneruje nový token.

zapojenie do ringu

- kruh je vytvorený tzv. trunk káblom (twisted pair), ktorý spája tzv. trunk coupling unit (TCU). Toto sú elektronické zariadenia s dvomi relé, ktoré vedia robiť napr. bypass, resp. inserted mode (odbočovače typu T).
- zariadenie, resp. jeho MAC časť (MAC unit) sa pripája pomocou Medium Interface kábla (STP – 2 páry) do TCU. Keď je pripojené zariadenie neaktívne, TCU je v bypass móde.
- takýchto TCU môže byť viacero v jednom zariadení, tzv. koncentrátore (niečo ako HUB) a potom sa už zariadenie pripájajú štruktúrovanou kabelážou priamo do koncentrátora
- IBM používa iba takéto koncentrátory, nazýva ich multistation access unit (MSAU), stanica sa do nich pripája lobe káblom, samotné MSAU sa prepájajú patch káblami.

MAC unit

vykonáva

- frame encapsulation and de-encapsulation
- FCS generation and error detection
- implementation of MAC algorithm
- keď je v stave active monitor – master clock
 - každý rámec je aktívnym monitorom enkódovaný do Differential Manchester, všetky ostatné stanice majú fázový záves odvodený z tohto toku
 - aktívny monitor navyše zabezpečuje minimum latency time, čo je čas meraný v bitoch potrebný na obehnutie celého ringu (fyzické šírenie + zdržanie na jednotlivých stanicach pri retransmisiách) keď žiadna zo staníc nič nevysiela. Preto má u seba tzv. elastický buffer nastavený na 27 bitov, ktorým vyrovnáva rozdiely o +/-3 bity. Takto môže token obiehať vždy rovnako rýchlo.

formát rámcov

IEEE 802.5/ Token Ring

Data/command frame

1	1	1	6	6	≥ 0	4	1
Start delimiter	Access Control	Frame control	Destination Address	Source address	data	FCS	End delimiter

JK 0 JK 0 0 0 = Start delimiter (SD)

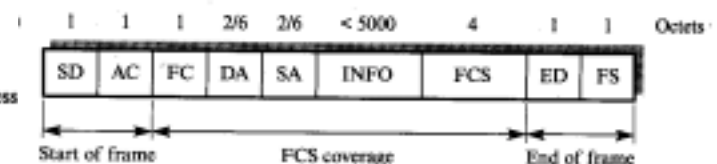
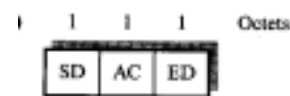
JK 1 JK 1 1 1 = End delimiter (ED)

PPP T M RRR = Access control (AC)

FF ZZZZZZ = Frame control (FC)

I/G 15/47 bit address = Source and destination address

AC xx AC xx = Frame status (FS)



polia SD a ED jednoznačne určujú začiatok a koniec rámca. Normálne bity sú kódované diferenciálnym manchestrom, t.j. prechod je vždy v strede periódy, v týchto poliach majú úroveň celé trvanie.

J – symbol rovnakej polarity ako predošlý, K – otáča polaritu.

bity I a E

- pri tokene vždy rovné nule
- bit I - pri normálnom rámci = 0 znamená, že ide o posledný rámec v postupnosti, ak je rovný 1 tak sa jedná o prvý rámec (resp. niektorý v strede sekvencie)
- bit E – indikuje error – ak hociktorá stanica detekuje chybu (napr. kontrolou CRC), nastaví tento bit na 1 – oznamuje vysielacej stanici, že bola detekovaná chyba

pole AC

- PPP - 3 priority bity
- T – token bit (T=0 token, T=1 frame)
- M – monitor bit
- RRR – 3 reservation bity

pole FC – frame control

definuje typ rámca, ak FF bity indikujú MAC frame, tak daný rámec prijímú všetky DTE a ak je potrebné reagujú podľa ZZZZZZ bitov. Ak FF indikuje I frame (informačný), tak daný rámec prijme len stanica podľa DA

polia SA, DA

16 alebo 48 bitov dlhá adresa, v rámci jedného ringu však iba jeden druh (dlhá alebo krátka)

manchester – 0 = 01 1 = 10

dif. manchester - prechod v strede periódy vždy

0 = zmena polarity oproti predošlému (01 ak bolo 01), 10 ak bolo 10

1 = polarita oproti predošlému zostáva (10 ak bolo 01) 01 ak bolo 10

inak povedané, používa sa priradenie 01 resp. 10, diferenciálny znamená, že 1 sa zakóduje ako zmena, teda opačná dvojica ako predošlá, 0 sa zakóduje rovnakou dvojicou.

pole INFO

prenáša data, resp. doplnkové info, pokiaľ ide o MAC rámce

dĺžka je obmedzená len max. dobou, počas ktorej môže DTE vysielat', v praxi sa však spravidla používa nastavenie na 5 000 B

pole FCS – 32 bitové CRC

pole FS – frame status

A – address-recognized bit

C – copy bit

vysielacia stanica ich nastaví na 0, cieľová stanica nastaví A = 1 ak sa spoznala ako cieľová, a ak daný rámec skopírovala nastaví aj C=1. Z toho potom môže zdrojová stanica usúdiť, či je cieľ živý a ak je, či aj správu prijal.

bity sú 2x kvôli bezpečnosti

bližší popis fungovania

frame transmission

- prijatie service request na vyslanie data message z vyššej vrstvy (LLC)
- encapsulácia dát v MAC unite do príslušného formátu
- MAC unit čaká na token s prioritou nižšou, resp. rovnou priorite pripraveného rámca
- zakaždým, keď ide token okolo, kontrolujú sa aj rezervačné bity, pokiaľ nie je zarezervovaná vyššia priorita, tak si ju MAC unit rezervuje, inak ich musí nechať tak
- teraz treba počkať, kým konečne príde token s príslušnou prioritou
- môže začať vysielanie
- akonáhle začalo vysielanie, MAC unit prestane opakovať vstup (už iba všetko hltá), až kým sa neobjaví vlastný rámec po obehnutí celého ringu, ten prečíta, zistí A a C bity a následne vyšle token

- stanica môže vyslať aj viacej rámcov naraz, pokiaľ samozrejme ďalšie čakajúce vyhovujú priorite a stanica neprekročila maximum token holding time, spravidla nastavený na 10ms

frame reception

- MAC unit opakuje rámce (repeating) – t.j. na jednom páre prijíma, a na druhý to isté vysíla
- okrem toho detekuje začiatok a koniec rámcov (pomocou SD, ED sekvencií) a rozhodujú, či má byť rámec skopírovaný, alebo len repeated
- ak FF bity indikujú, že ide o MAC frame, tak je rámec skopírovaný a ak treba, MAC unit reaguje na ZZZZZZ bity. Ak ide o Informačný rámec a súhlasí cieľová DA adresa, tak je rámec skopírovaný nabafovaný na ďalšie spracovanie. V každom prípade sú A a C bity príslušne nastavené pred preposlaním rámca.

priority operation

- rámce s vyššou prioritou sú vždy prenášané na ringu ako prvé
- rámce s rovnakou prioritou majú rovnaké prístupové práva

- stanica, ktorá zobrala token s nižšou prioritou ho po použití vráti na pôvodnú prioritnú úroveň
- samozrejme, pokiaľ má ďalšie čakajúce rámce, ale už jej vypršal čas, môže hneď rezervovať najvyššiu prioritu svojich čakajúcich rámcov. Stále si však musí pamätať pôvodnú, nízku prioritu.

- celé je to dosť zložité, každá stanica si udržuje niekoľko registrov s hodnotami priorít

Ring management

Doteraz boli popísané štandardné postupy, keď je už všetko rozbehnuté, a bezchybovo to funguje. Táto časť rieši práve hraničné situácie – ako naštartovať, ako sa vysporiadať s výpadkami, poruchami a pod.

Initialization

- zariadenie sa chce pripojiť do ringu
- ide do inicializačného módu
- zistí, či jeho zdrojovú adresu niekto nepoužíva
- informuje jeho downstream suseda, že ide do ringu
- pošle duplicate address test MAC frame, ktorý má DA jeho adresu
- pokiaľ ju niekto prijme a nastaví A bit =1, tak už jeho adresu niekto používa, oznámi to sieťovej management podvrstve a ide do bypass stavu
- ak sa vráti s A=0, tak pošle ďalší MAC frame – standby monitor present SMP MAC frame
- na základe tohto rámca si jeho najbližší downstream sused zapíše jeho adresu ako UNA (upstream neighbor's address), nastaví A a C bity na 1 aby to už nerobili ďalší a pošle dorotovať rámec. UNA adresa je dôležitá pre fault detection a monitoring funkcie
- tým je inicializačná fáza skončená

standby monitor

- po inicializácii môže už stanica normálne prijímať a vysílať rámce
- ide však ešte do standby monitor stavu – neustále sleduje správnu funkčnosť ringu
- sleduje všetky tokeny a špeciálne active monitor present AMP MAC rámce, ktoré vysíla active monitor
- ak tokeny a AMP MAC rámce nechodia pravidelne, ide do claim token stavu, kde neustále vysíla claim token CT MAC rámce. ak sa prijme takýto CT MAC rámec so svojou SA, tak to išlo od neho, obehlo ring a nikto iný sa nepokúšal stať sa aktívnym monitorom, ide do stavu active monitor. Inak zostáva v stave standby monitor (ak prišiel CT MAC s inou SA, tak ho niekto predbehol – nech:)

active monitor

- akonáhle sa DTE stane active monitor, insertne jeho latency buffer (nastavený na 27 bitov) do ringu a povolí jeho vlastné hodiny.
- potom pošle purge PRG MAC frame – vyčistí ring
- potom pošle active monitor present AMP MAC frame, a hneď za ním aj token
- prvý downstream sused si zapíše UNA, prepošle rámec s nastavenými A=1, C=1. Následne inicializuje neighbour notification poslaním SMP rámca ďalšiemu, ten ďalšiemu...
- toto spoznávanie je pravidelne inicializované aktívnym monitorom (zasa pošle AMP MAC frame)

Beaconing

- určené na riešenie vážnych porúch, ako napr. prerušenie kábla
- ak stanica už dlho nedostala AMP MAC frame (vypršal timeout)
- stanica začne vysielat' beacon BCN MAC frame až kým ich znova nepríjme, resp. nevyprší timeout
- ak vyprší timeout, notifikuje network management sublayer
- ak je prijatý BCN, a SA je zhodná so stanicou, považuje sa stav za opravený a nastupuje do claim token stavu, ak bola SA iná, ide iba do stanby monitor stavu (zas niekto predbehol)
- ak má sieť iba jeden ring, tak pri poruche sa musí čakať na odstránenie, ak má ešte jeden stanby ring, najlepšie v opačnom smere. V takom prípade TCU – trunk coupling unit (relé) môže vyhodit' vadnú časť ringu do bypass stavu (resp. to inteligentne urobí MSAU – prekonfiguruje sieť)