

Keywords: LAN, FDDI, Ethernet, MAN, backbone-networks

Marjan Bradeško, Ivan Pepeljak
Nil. d.o.o., Tesovnikova 88/a, Ljubljana

POVZETEK - Propustnost standardnih tipov lokalnih mrež kot sta Ethernet in Token ring postaja ozko grlo zlasti pri kompleksnih mrežah. FDDI - nova generacija lokalnih mrež s hitrostjo prenosa 100 Mbit/s preko optičnih kablov predstavlja kvalitetno osnovo za t.i. 'backbone-mreže' kakor tudi za mestne mreže (MAN).

ABSTRACT - The throughput of the standard types of local area networks is becoming the bottleneck especially in complex networks. The FDDI - a new generation of local area networks with transmission speed of 100 Mbit/s over optical cables represents quality base for backbone-networks and metropolitan networks (MAN).

1. Ozka grla današnjih lokalnih mrež

Pri dosedanjih lokalnih računalniških mrežah (LAN - Local Area Network) prevladujeta dve topologiji - vodilo in obroč. Najbolj razširjen predstavnik pri prvem tipu je Ethernet (IEEE 802.3), pri drugem pa Token ring (IEEE 802.5). Največja prenosna hitrost prvega je 10 Mbit/s, drugega pa 4 oziroma 16 Mbit/s. Dokaj zadovoljive hitrosti, dokler je mreža majhna oziroma komunikacijsko nezahtevna.

V večjih podjetjih in ustanovah obstaja več manjših lokalnih računalniških mrež (podmrež), ki so ponavadi povezane skupaj v večjo lokalno mrežo preko nekakšne hrbtenice (backbone). Pogosto je to Ethernet na debelem koaksialnem kablju (10 Base-5), katerega prenosna hitrost je še vedno omejena na 10 Mbit/s. Pri intenzivnem medmrežnem komuniciranju postane prav to razlog za ozko grlo celotne računalniške mreže določene ustanove. Lokalni promet v okviru posamezne mreže sicer omejimo z napravami kot je npr. bridge, toda intenzivnost medmrežnega komuniciranja nenehoma raste. Porazdeljenost podatkov kot tudi obdelav je vse večja, s tem pa tudi promet v računalniških mrežah.

Kot prenosni medij v lokalnih računalniških mrežah se zaradi svojih dobrih lastnosti (npr. neobčutljivost na motnje iz okolice) pogosto pojavlja kabel iz

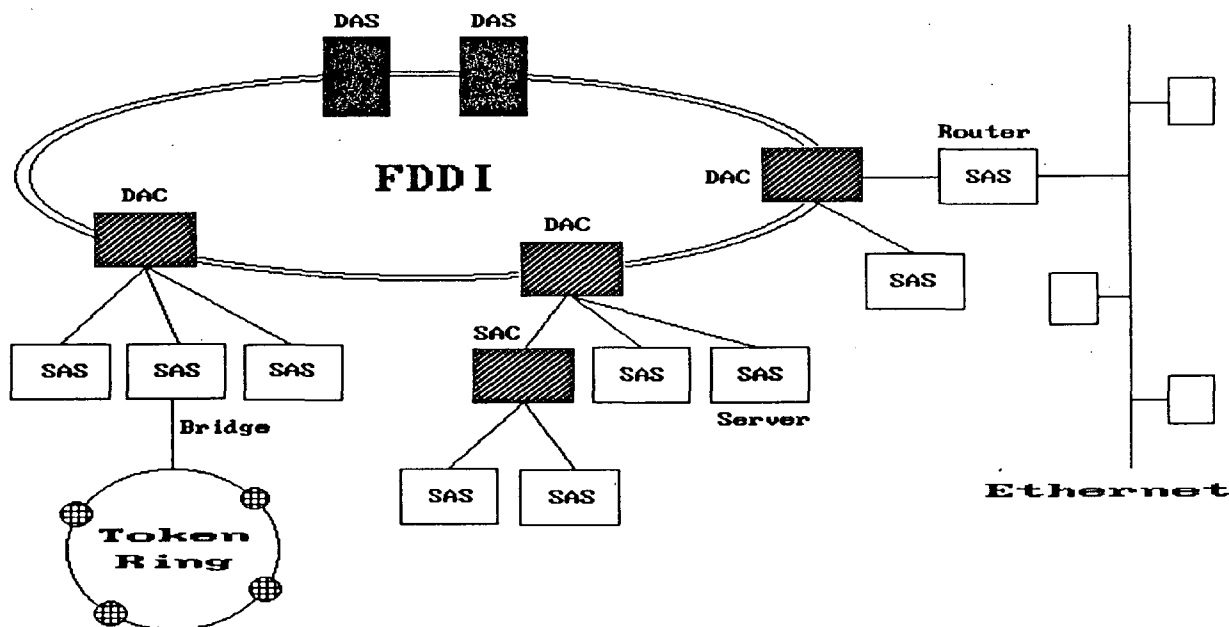
optičnih vlaken. In prav na osnovi tega medija je v svetu nastal nov standard za lokalne računalniške mreže, skrit v kratico FDDI, ob kateri začne danes mnogim srce utripati hitreje.

2. FDDI - definicija in standardi

FDDI (Fiber Distributed Data Interface) je standard za novo generacijo lokalnih mrež. Standard na osnovi optičnega kabla omogoča prenos s hitrostjo 100 Mbit/s do 100 km daleč z največjo razdaljo 2 km (pri monomodnih kablju tudi več, glejte nadaljevanje) med dvema postajama in največ 500 postajami v mreži. Topološko gledano je FDDI dvojni nasprotnosmerni obroč z žetoni (dual counter rotating token ring), katerega osnovne komponente prikazuje slika 1. Velikost paketa v mreži je omejena na 4500 zlogov (Ethernet 1500 zlogov).

Standard FDDI (rev 6.2) je definiran s strani ameriške ustanove ANSI oziroma njenega komiteja X3T9.5. Razdeljen je v naslednje štiri dele:

- PMD (Physical Media Dependent) - definicija optičnih kablov, povezav, sprejemnikov in oddajnikov, optične specifikacije
- PHY (Physical Layer Dependent) - kodiranje /dekodiranje podatkov med PMD in MAC, definicija časovnih razmer in podatkovnih okvirov



Slika 1: Topologija FDDI in povezava z ostalimi mrežami

- MAC (Media Access Control) - definicija fizičnih izvornih/ciljnih naslovov, preverjanje in popravljanje napak, sprejem in generiranje podatkovnih okvirov
- SMT (Station Management) - definicija konfiguracij, spremljanje dogajanja v mreži, povezava z modelom OSI

3. Prednosti FDDI

Med številnimi faktorji, ki narekujejo uvajanje FDDI, so:

- integracija obstoječih lokalnih mrež v večjo backbone-mrežo
- vse večja porazdeljenost podatkov in obdelav
- vse večje procesorske zmogljivosti
- grafično intenzivne aplikacije
- aplikacije tipa odjemalec/strežnik (client/server)
- aplikacije na osnovi standarda X-Windows
- zahteve po povezavah na večje razdalje
- zahteve po veliki zanesljivosti delovanja

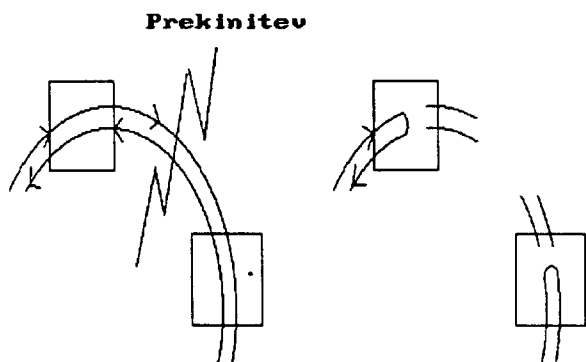
FDDI se zaradi svojih lastnosti uveljavlja tudi na širših območjih - uspešno pokriva tudi področje mestnih mrež (MAN - Metropolitan Area Network). Taka mreža denimo uspešno deluje v amerškem Houstonu, kjer so uspešno rešili tudi težave (varnost), ki se

pojavljajo ob uporabi relativno zaprte mreže v javnem okolju (več različnih ustanov) [3].

Ena najpomembnejših prednosti, ki jih ima FDDI pred dosedanjimi tipi mrež, je visoka prenosna hitrost, saj s 100 Mbiti na sekundo predstavlja idealno sredstvo za integracijo več posameznih podmrež v večjo backbone-mrežo. Obenem tako široka pasovna širina omogoča implementacijo zahtevnih aplikacij s porazdeljenimi bazami podatkov in procesiranje slik v realnem času. Omeniti pa moramo, da hitrosti FDDI v začetni fazi uvajanja ne bodo polno izkoriščene in bodo prišle do izraza šele s prihodom zmogljivejših procesnih enot, ki bodo prednosti hitrega prenosa znale izrabiti. Podobno je bilo ob uvajanju Ethernet - hitrosti prenosa so se gibale nekako okrog 1 Mbit/s. Prilagoditev je že narejena tudi pri višjenivojskih protokolih kot je npr. TCP/IP. Ti protokoli znajo izkoriščati novo velikost paketa v FDDI-mreži, ki je omejena na 4500 zlogov.

Druga prednost je velika zanesljivost delovanja, ki jo zagotavljajo vgrajeni mehanizmi odpravljanja napak, obenem pa že sam optični medij, ki je neobčutljiv na motnje iz okolice. FDDI ima dva nasprotnosmerna obročja, od katerih je eden primarni, drugi pa sekundarni. Po primarnem praviloma poteka ves promet, sekundarni pa je prost. V primeru okvare (prekinitve) primarnega obroča se aktivira sekundarni obroč. V

primeru okvare (prekinitve) obeh obročev na istem mestu se v obeh sosednjih postajah v bližini mesta okvare prevezeta (wrap) primarni in sekundarni obroč, ki spet tvorita zaključen krog (slika 2). S tem je obenem tudi lokalizirano mesto okvare, ki ga je v Ethernet-mrežah včasih težko najti.



Slika 2: Prevezava dvojnega v enojni obroč

Tretja prednost pri FDDI je manjša občutljivost mreže na dodajanje novih postaj vanjo. Pri Ethernetu včasih to povzroči precejšen padec zmogljivosti mreže. FDDI ima lahko naenkrat v mreži več žetonov (token), s tem pa tudi več paketov. Posamezni postaji ni potrebno čakati, da pride njen paket z žetonom nazaj (okoli po obroču), saj bi to pri tolikšnih razdaljah lahko trajalo predolgo. Da bo mreža čimbolje izrabljena, lahko postaje generirajo nove žetone pred vrnitvijo poslanega paketa. Časovni mehanizmi kroženja žetonov omogočajo deterministično določitev časa dostave posameznega paketa (kar je zlasti pomembno pri prenosu govora in gibljive slike).

Celotna dolžina mreže, ki jo omogoča FDDI, je kar 100 km (za razliko od 1.37 km pri Ethernetu), kar je dodatna velika prednost, saj so s tem uspešno pokrite tudi zahteve mestnih mrež (MAN). LAN-tehnologija s tem prodira na področja, ki so bila do nedavnega pokrita s tehnologijo WAN (Wide Area Networks).

4. Komponente FDDI

Na sam fizični medij, torej na dvojni obroč pri FDDI, so priključene naslednje vrste naprav (prikazane na sliki 1):

- postaje z enojno povezavo (SAS - single attachment stations)
- postaje z dvojno povezavo (DAS - dual attachment stations)
- koncentratorji (concentrators), ki imajo prav tako lahko enojno ali dvojno povezavo (SAC, DAC)

SAS - postaje z enojno povezavo se priključujejo na FDDI z enim samim dvosmernim optičnim kablom (priključek S). Priključno mesto je lahko katerikoli koncentrator oziroma vozlišče (hub). Priključevanje preko koncentratorjev ščiti sam dvojni FDDI-obroč pred okvarami posameznih postaj. SAS-postaje, ki se na koncentratorje priključujejo v konfiguraciji drevesa, predstavljajo najcenejši način povezovanja postaj v FDDI.

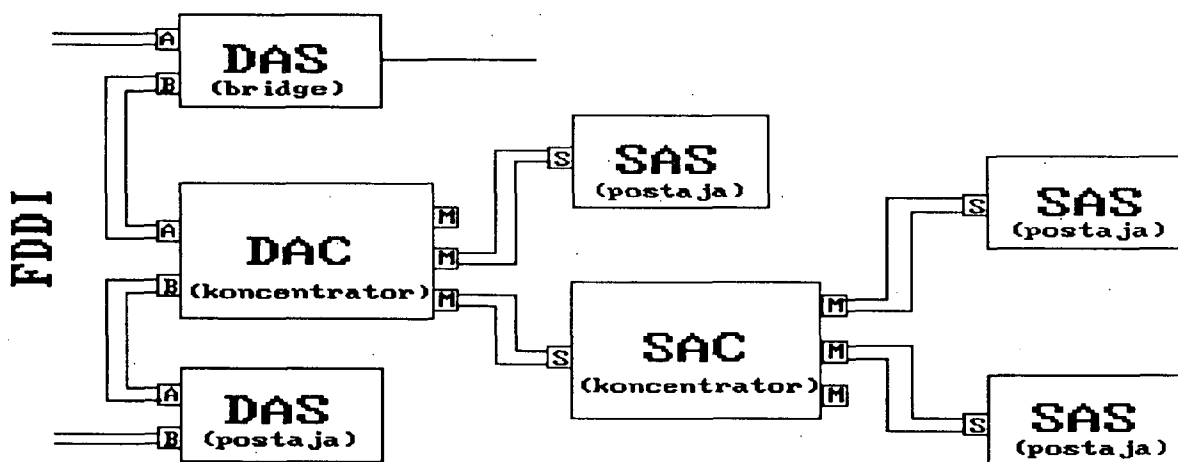
DAS - postaje z dvojno povezavo so priključene neposredno na sam dvojni (primarni, sekundarni) FDDI-obroč. Vsaka postaja DAS ima dva dvojna konektorja (priključka A in B). V primeru okvare pride v DAS-postajah, ki mejita na okvarjeno mesto, do prevezave (wrap) primarnega in sekundarnega obroča v enojni obroč. V DAS-postajah obstaja tudi stikalo, s katerim je možno preprečiti prevezavo obročev v primeru, da postaja ni vključena (ni pa okvarjena). Na ta način oba obroča optično obideta postajo (optical bypass). Vendar je v takem primeru treba upoštevati razdalje med delujočima postajama - slabljenje svetlobe je tolikšno, da razdalje dveh kilometrov, določene v standardih, ni zaželeno presežati.

Koncentratorji predstavljajo povezovalno mesto na dvojni FDDI-obroč za SAS- in DAS-postaje kakor tudi za druge koncentratorje. Vsebujejo več priključnih vrat (priključek M) za našteje postaje. Koncentrator lahko igra vlogo vozlišča (hub) za določeno delovno skupino (podmrežo). Uporaba koncentratorjev za SAS-postaje ščiti dvojni FDDI-obroč pred okvarami posameznih SAS-postaj. Koncentratorji so lahko priključeni neposredno na dvojni FDDI-obroč - označujemo jih z DAC (Dual Attachment Concentrator). Zaradi večje fleksibilnosti imamo tudi koncentratorje z enojno povezavo - SAC (Single Attachment Concentrator). Vloga koncentratorjev in postaj je razvidna iz slike 3.

5. Topologije FDDI

Četudi smo v uvodu rekli, da je FDDI topološko gledano dvojni nasprotnosmerni obroč, dopušča standard ANSI X3T9.5 še nekaj možnih različic.

Najenostavnejša (in najšibkejša) možnost je uporaba samostojnega koncentratorja s priključenimi postajami. Druga možnost je uporaba dvojnega FDDI-obroča z DAS-postajami, priključenimi neposredno nanj. Najbogatejša pa je konfiguracija, kakršna je prikazana na sliki 1. Tu imamo dvojni FDDI-obroč, nanj pa priključene tako DAS-postaje kakor tudi DAC-koncentratorje. Le-ti tvorijo poddrevesa vseh



Slika 3: Povezave FDDI-naprav

vrst postaj kakor tudi večjih lokalnih mrež. V primeru povezav lokalnih mrež v FDDI-mrežo nastopa SAS- oziroma DAS-postaja v vlogi bridgea oziroma routerja. Prav ta poddrevesa, povezana na dvojni FDDI-obroč preko koncentradorjev, omogočajo relativno enostaven nadzor in upravljanje mreže (network management) kot tudi spreminjanje konfiguracij.

Koncentradorji ne samo, da zagotavljajo veliko lokalno fleksibilnost brez vplivov na samo konfiguracijo dvojnega FDDI-obroča, pač pa povečujejo tudi zanesljivost same FDDI-mreže. V primeru neposrednega priključevanja postaj na FDDI-obroč bi lahko zaradi več hkratnih napak prišlo do segmentacije cele mreže - dobili bi več nepovezanih segmentov. Priključevanje preko koncentradorjev pa ima to prednost, da okvare posameznih postaj nimajo nobenega vpliva na sam osnovni FDDI-obroč.

6. Integracija obstoječih lokalnih mrež v FDDI

Za povezavo lokalnih mrež kot sta Ethernet in Token ring z FDDI-mrežo so potrebni bridgei oziroma routerji (uveljavljenega slovenskega izraza ni). Oboji so na voljo v obliki SAS- oziroma DAS-postaj.

Bridge deluje na drugem sloju komunikacijskega OSI-modela. Omogoča povezavo več fizičnih mrež v enotno logično mrežo. Bridge filtrira nepotreben promet na mreži, današnji FDDI-bridgei pa omogočajo tudi fragmentacijo paketov. S tem je namreč preprečena izguba daljših paketov. FDDI

namreč na drugem sloju modela OSI dovoljuje do 4500 zlogov dolge pakete, Ethernet pa le 1500.

Pri bridgeih je treba opozoriti še na vrsto protokola. Nekateri namreč uporabljajo transparentni oziroma translacijski protokol, drugi pa t.i. enkapsulacijski (encapsulated). Slednji lahko komunicirajo le z napravami, ki poznajo isti protokol, kar pomeni, da moramo v takem primeru imeti le naprave istega proizvajalca. Pri bridgeih z translacijskim protokolom teh težav ni.

Routerji delujejo na tretjem, mrežnem sloju modela OSI in usmerjajo pakete glede na mrežne naslove. Današnji FDDI-routerji prav tako kot bridgei omogočajo fragmentacijo paketov in s tem povezavo mrež z različnimi dolžinami paketov. Routerji so lahko enoprotokolni ali večprotokolni. So počasnejši od bridgeov, zlasti večprotokolni, ki so tudi bistveno dražji.

7. Nadzor in upravljanje v FDDI-mreži

Del standarda ANSI X3T9.5 je tudi standard za nizkonivojski nadzor in upravljanje (management) mreže FDDI, ki edini še ni v končni obliki. Imenuje se SMT (Station Management) in zagotavlja nadzor in upravljanje mreže na drugem sloju modela OSI. S tem še nista zagotovljena celoten nadzor in upravljanje mreže FDDI, zato so potrebni še dodatni monitorji in protokolni analizatorji. Zlasti slednji so v času postavljanja mreže in šele nastajajočega standarda SMT

neprecenljivega pomena za načrtovalce, vzdrževalce in administratorje mreže FDDI. Mrežni monitorji pa omogočajo spremljanje dogajanja na mreži in izdelavo statistik, ki pozornega vzdrževalca mreže lahko pravočasno opozorijo na porajajoče se težave v njej.

Trenutni, najbolj razširjeni standard za nadzor in upravljanje mrež, je SNMP (Simple Network Management Protocol). V bazo informacij za upravljanje mreže (MIB - Management Information Base) so že vgradili mehanizme, preko katerih je možen dostop do števcov in kontrolnih funkcij, definiranih v standardu SMT. S tem je možna integracija funkcij SMT v okolje aplikacij na osnovi SNMP, kar mnogi proizvajalci opreme za FDDI že tudi ponujajo.

8. Implementacija FDDI

Pri implementaciji FDDI-mreže sta bistvenega pomena sam medij - optični kabel in mrežni krmilnik - kartica za priključitev postaj. Mrežni krmilniki so trenutno še precej dragi (5000 - 10000 dolarjev), zato še ni možno razmišljati o priključitvi poljubne postaje v mrežo, vsaj ne v takem smislu kot pri obstoječem Ethernetu. Prav zato se kot najpogostejša oblika implementacije pojavlja FDDI kot hrbtenica (backbone) za integracijo več lokalnih računalniških mrež v posamezni ustanovi.

Prav posebna pozornost pa je potrebna pri samem mediju - optičnem kablu. Od ustreznega izbora in polaganja je odvisen ves nadaljnji razvoj FDDI-mreže. Standard za FDDI priporoča 62.5-mikronski multimodni (multi mode) kabel, ki zagotavlja največjo razdaljo med postajami 1-2 km. Standard pa predvideva uporabo tudi drugačnih kablov, npr. 50-mikronskega, kjer je največja razdalja med postajami manjša. Za 125-mikronske optične kable pa velja, da je razdalja med dvema postajama lahko daljša od standardiziranih 2 km.

Omeniti moramo še monomodni optični kabel (mono, single mode), ki omogoča večje razdalje med postajami - tudi do 40 km in tudi večje hitrosti prenosa (ki v FDDI niso specificirane). Monomodni kabli zaradi zahtevnejše tehnologije predstavljajo precej večji strošek pri postavljanju mreže FDDI. Pri monomodnih kablilih je izvor svetlobe laser namesto LED-diod, ki jih srečujemo pri multimodnih optičnih kablilih. Uporaba monomodnih optičnih kablov ni priporočljiva tudi v primerih, če se uporabniške postaje priključujejo neposredno na sam FDDI-obroč, saj bi iztaknjen konektor zaradi močnega laserskega žarka lahko povzročil nesrečo. Tudi zaključevanje, spajanje in povezovanje monomodnih kablov je zah-

tevnjše. Možno pa je z uporabo ustreznih repeaterjev tudi povezovanje in kombiniranje mono- in multimodnih optičnih kablov.

9. Prihodnost FDDI-mrež

Vsekakor pomeni FDDI novo generacijo lokalnih računalniških mrež na povsem novi kvalitetni ravni. S podeseterjeno propustnostjo (hitrostjo prenosa) glede na današnje LAN-e in mnogo večjimi razdaljami, tako med postajami kot v celoti, sega FDDI tudi izven področja lokalnih mrež. Vse bolj aktualen postaja na področju t.i. mestnih mrež (MAN), kjer enakovredno tekmuje z DQDB (Distributed Queue Dual Bus), ki je standardiziran v priporočilih IEEE 802.6.

V pripravi je tudi standard, ki bo kot medij za FDDI definiral tudi oklopljeno in neoklopljeno parico (shielded, unshielded twisted-pair). Nekateri proizvajalci opreme poleg tega že ponujajo rešitve tudi s tankim koaksialnim kablom (thin coax). Prilagoditev FDDI na omenjena dva medija bo pomenila precejšnjo razširitev za FDDI zanimivih okolij.

Tudi cene bodo z naraščajočim številom proizvajalcev FDDI-opreme padle. FDDI bo postal zanimiv najprej za večje ustanove ali skupine ustanov, ki bi rade svoje kapacitete povezale v zanesljivo in hitro mrežo. Veliko je namreč aparatov, ki so predrage, da bi si jih lahko privoščil vsakdo. Lahko pa jih učinkovito uporablja vsakdo, ki ima zagotovljen hiter dostop do njih. Tega pa si brez hitre in zanesljive mreže, kakršna je FDDI, ni možno predstavljati.

Literatura:

- [1] Computer Networks, str. 166-168, Prentice Hall, 1988
- [2] FDDI: Chapter Two, Data Communications - Lan Strategies, september 1991
- [3] Smart Hub Vendors Move In on FDDI, Data Communications, oktober 1991
- [4] MFS Makes a MAN Out of FDDI, Data Communications, oktober 1991
- [5] Connectivity, The Sum of Its Parts, Byte, November 1991
- [6] FDDI: Technology Brief, Network General, 1991
- [7] Introduction to FDDI, Memo Instructional, Cabletron Systems, 1991