

## DTM-mrežna tehnologija ultra brzih urbanih mreža (MAN)

### SAŽETAK

DTM (Dynamic synchronous Transfer Mode)-oblik dinamičkog sinkronog prijenosa, nova je i vrlo zanimljiva mrežna tehnologija koja djeluje na prva tri nivoa OSI referentnog modela, čija je osnovna ideja izgradnja urbane mreže velikih brzina, sa najboljim mogućnostima prijenosa multimedijalnih informacija. DTM je tehnologija mrežnih magistrala dizajnirana za povezivanje digitalnih mreža, a primjena mu je vrlo široka. Prijenos digitalne slike i zvuka vrlo je efikasan zbog same prirode DTM-a kao tehnike komutacije kanala, a prijenos paketnih podataka ostvaren je vrlo efikasnom spregom viših protokola (poput IP-a) na niže slojeve DTM arhitekture. U radu se razmatraju tehnički aspekti DTM-a te se pokazuju sličnosti i razlike s ostalim tehnologijama (ATM, SDH/Sonet).

### ABSTRACT

DTM (Dynamic synchronous Transfer Mode) is the latest method in quickly transmitting multimedia data over an urban network. The transmission of digital video and sound data over a network highway under DTM technology is fast and efficient. This is due to DTM's circuit switching technology and grouping of the highest protocols (like IP) to the lower layers its architecture. In our presentation we will outline technical aspects of DTM, its similarities, differences and advantages over current technologies (ATM, SDH/Sonet).

### 1. UVOD

Glad za prijenosnim kapacitetom komunikacijskih mreža eksponencijalno raste. Utjecaj Interneta, ali i globalne digitalizacije usluga, kao što su govorne i digitalizirane video informacije, te njihova integracija sa prijenosom ultrabrzih podataka, utjecale su na razvoj novih komunikacijskih tehnologija.

Tradicionalne mreže koristile su postojeće ograničene kapacitete prijenosnih medija koje su bile usko grlo prijenosa, što se nastojalo prevladati ili barem ublažiti velikim memorijskim i procesnim kapacitetima aktivne komunikacijske opreme, te različitim, vrlo kompleksnim i za obradu zahtjevnim metodama kompresije informacija.

Ulaskom u 21. stoljeće situacija se bitno promijenila – prisutni su milijuni kilometara položenih optičkih kabela ogromnih prijenosnih kapaciteta i traže nove tehnologije koje će ih moći maksimalno iskoristiti. Kapacitet svjetlovodnog vlakna znatno nadilazi procesnu moć komunikacijske opreme sa jasnom potrebom za pronalaženjem nove komunikacijske tehnologije, koja će svojom jednostavnošću i efikasnošću istovremeno smanjiti potrebnu procesnu moć komunikacijske opreme (komutacijske i linijske) i prilagoditi se širokom prijenosnom pojasu medija. Stoga je potrebno još jedanput ponovno preispitati značajke postojećih komunikacijskih tehnologija obzirom da su bile razvijane u uvjetima ograničenog prijenosnog pojasa medija, te ih prilagoditi novoj situaciji.

Iz navedenih razloga došlo je do unapređenja tehnologije komutacije kanala u ultrabrznu dinamičku strukturu zvanu DTM (Dynamic Synchronous Transfer Mode). Ideja je krenula iz **Ericssona** sredinom osamdesetih godina prošlog stoljeća te se od 1990. do 1996. godine intenzivno razvija, da bi se 1998. godine napravila prva komercijalna pilot instalacija. 1999. godine pokrenuta je standardizacija unutar ETSI – DTM WG, a iste godine razvijen je i DTM *chip* suradnjom tvrtki Net Insight i Toshiba.

### 2. KOMUTACIJA PAKETA ILI KANALA I POJAVA DTM?

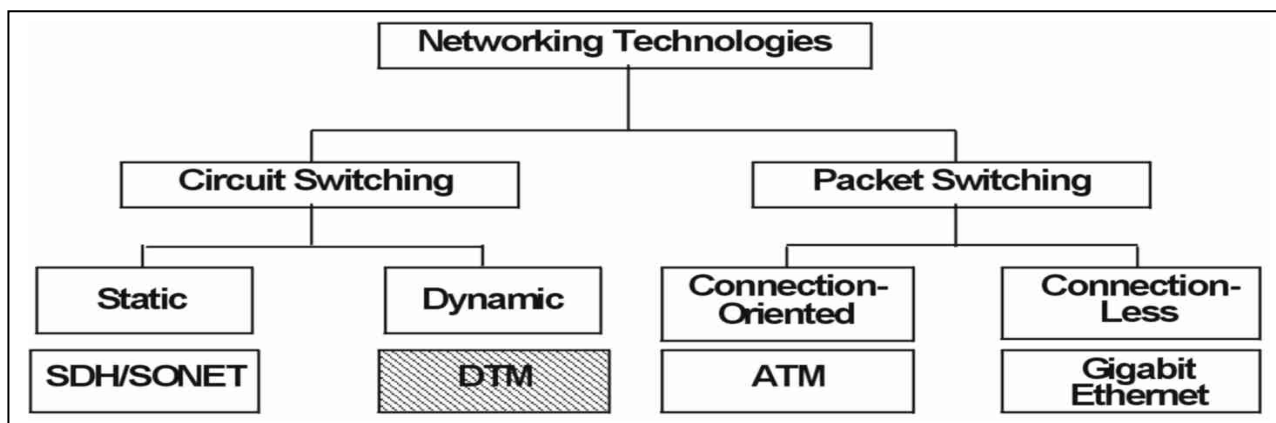
Najsloženije komunikacijske procedure danas se odvijaju u mrežama sa **komutacijom paketa**, kakve su većina današnjih LAN-ova ili javnih podatkovnih mreža (npr. x.25, Frame Relay, ATM). Navedena prevelika kompleksnost već je dovela do izumiranja x.25 L3 mreža u korist protokolarno jednostavnijih Frame Relay L2 mreža. Osobina paketne komutacije je ta da ne postoje fizički kanali, već paket sa podacima dinamički putuje po mreži na osnovu pripadajuće adrese u zaglavlju. Time su izbjegnute spore procedure uspostave i raskidanja veze prisutne kod mreža sa komutacijom kanala. Podaci se prenose odmah po isporuci zahtjeva, što je plaćeno složenošću pripadajućih protokola, dakle visokim zahtjevima na obradnu moć aktivne opreme, te samim time i visokom cijenom. Nije li upravo ATM kao najsavršeniji oblik mreže sa komutacijom paketa previsokom cijenom platio relativno malenu primjenu u postojećim instalacijama, u odnosu na očekivano? Paketne mreže vrlo su složene jer je potrebno osigurati besprijekoran prijenos informacija putem medija u kojemu ne postoji fizički prijenosni kanal, pa je potrebno voditi brigu o raznim stvarima kao što su segmentiranje paketa, izgubljeni paketi, retransmisije, pravilan poredak paketa na prijemu itd. Upoznati sa

činjenicom da se neki paketi u transportu mogu izgubiti ili promijeniti izvorni poredak, paketne mreže nisu pogodne za prijenos govora i sličnih aplikacija u realnom vremenu, jer se tada gubi smisao informacije (npr. upitna je razumljivost govora prilikom prijema). Dobra strana paketne komutacije je međutim, njena dinamička priroda koja omogućuje prilagodbu trenutno pristiglim količinama informacije koju treba prenijeti. Cijena složenih protokola plaćena je i sa do 30% vremena utrošenog na kontrolne informacije u odnosu na korisničke.

Mnogo je jednostavnija tehnologija **komutacije kanala** kakva se koristi npr. u javnoj telefonskoj analognoj mreži (PSTN). Prije prijenosa korisne informacije prvo se obavljaju procedure otvaranja željenog kanala, a po završetku prijenosa obavljaju se procedure zatvaranja kanala. Time je osiguran fizički kanal tijekom prijenosa informacije, dakle i velika pouzdanost prijenosa bez mogućnosti gubitka dijela informacije ili njenog poretka. Sporost procedura uspostave ili raskida kanala, koje su često bile duže od samog efektivnog prijenosa, bila je osnovni problem za prijenos impulsnih podataka. Statičnost strukture, odnosno trajna rezervacija kanala unatoč mogućnosti povremenog korištenja, dodatni su nedostatak, drugim riječima, bila je mala efikasnost za prijenos impulsnih informacija. Za mnoge primjene kao što su prijenos govora i slikovne informacije, komutacija kanala pokazala se odličnom što dokazuje raširenost primjene PDH/SDH hijerarhije, gdje se digitalni kanali agregatne brzine 64Kbps grupiraju u više razine (PDH: E1,E3: 2.048 Mbps - 34.368 Mbps, SDH: STM1 - STM64: 155Mbps - 9.6Gbps). Za masovne prijenose informacija, vrijeme utrošeno na kontrolne informacije iznosi svega 2 do 5% ukupnog vremena prijenosa. Nedostatak komutacije kanala koja je u digitalnim sustavima u stvari TDM (*Time Division Multiplexing*) je njena statičnost, usprkos velikim agregatnim brzinama na višim razinama. Drugim riječima, digitalni kanal ili grupa kanala rezerviraju se bez obzira na to postoji li trenutni tijek podataka.

Ne tako davno, mreže sa komutacijom paketa smatrale su se superiornima, poglavito za prijenos podataka. Ako se međutim, jednostavne procedure uspostave/raskida kanala ubrzaju do maksimalno moguće razine, ograničene samo razinom današnje tehnologije aktivne komunikacijske opreme, te se kao prijenosni medij odaberu svjetlovodna vlakna širokog pojasa, situacija se bitno mijenja u korist mreža sa komutacijom kanala. Ova prednost je još izraženija prilikom prijenosa multimedijalnih informacija velikih brzina, a ne samo podataka, zbog same prirode komutacije. Tada je vrijeme potrošeno za kontrolne informacije svega 1 do 2% ukupnog vremena prijenosa. Potrebno je još samo efikasno ugraditi dinamičku umjesto postojeće statičke strukture raspodjeljivanja prijenosnog pojasa kanala.

Na osnovu navedenog, razvijena je **DTM (Dynamic synchronous Transfer Mode)** tehnologija kao kvalitativno unapređenje tehnologije komutacije kanala. Kod DTM mreža, željena se prijenosna širina kanala dinamički pridružuje stvarnoj potrebnoj brzini prisutne digitalizirane informacije. Kada prometa nema, slobodni kapacitet DTM-a se pridružuje drugim aplikacijama ili se broj otvorenih kanala smanjuje, odnosno povećava kako promet raste do maksimalne brzine DTM okosnice, koja može biti i do 2.5 Gbps. DTM jednostavno i efikasno prihvaća podatke pristigle iz PDH/SDH sustava, jer ima istu građu elementarne ćelije (64Kbps). Za razliku od PDH/SDH, DTM može dinamički pridruživati broj kanala pojedinom prometu i tako ostvarivati dinamički QoS ("*Bandwith on demand*"), što je do sada bila privilegija samo paketnih mreža. Pored toga, DTM može izvršiti i statičku rezervaciju kanala određenog kapaciteta, kao u SDH/PDH, bez mogućnosti da kanal bude ometan drugim prijenosima (zahvaljujući izoliranosti), te dakle osigurava 100% jamstvo prijenosa. DTM može dinamički grupirati kanale kako bi odgovorio najzahtjevnijim impulsnim prometima, kao u ATM mrežama.



Slika 1: Pregled komutacijskih tehnologija

DTM je tehnologija mrežnih magistrala, jer je primjenjiva i efikasna na širokopojasnim svjetlovodnim vlaknima, a može koristiti i više razine SDH hijerarhije kroz koje tunelira promet. Samim time, optimizirana je na iskorištavanje maksimalnog kapaciteta brzih medija, a procedure uspostave/raskida kanala su minimalne zahvaljujući primijenjenim tehnologijama aktivne opreme i jednostavnosti procedura, koje se u realnom vremenu dovoljno brzo obavljaju i dinamički, a ne samo statički.

Na *Slici 1: Pregled komutacijskih tehnologija* prikazana je klasifikacija danas raspoloživih tehnologija za izgradnju mrežnih magistrala velikih brzina.

### 3. RAZMATRANJA LAN-WAN-MAN

Obzirom na spomenuto, suvremene komunikacijske mreže ograničenog područja mogu se izgrađivati kao:

- **LAN - lokalna računalna mreža** sa protokolima paketnog tipa tipičnima za lokalne mreže, odlikuje se izuzetno visokim brzinama prijenosa (10 - 1.000 Mbps) i prilagođenošću masovnim prijenosima digitalnih podataka. Ovo rješenje je topološki lako ostvarivo jer današnji LAN optopretvarači ostvaruju domete bez repetitora i preko 100 km po monomodnim optičkim vlaknima, ali i brzine preko 1.000 Mbps. Prednost LAN pristupa je visoka propusnost i prihvatljivo niska cijena, te suvremenost arhitekture i tehnološki trend današnjice.  
Nedostatak je složena struktura protokola prilagođena paketnoj komutaciji, što otežava integraciju nepodatkovnih informacija poput videa, govora ili nestandardnih telemetrijskih podataka. Dodatni problem je nemogućnost pridjeljivanja prioriteta pojedinim tipovima informacije koja se želi prenositi (QoS Quality of Service), što se donekle ublažava velikom agregatnom brzinom prijenosa (barem 100 Mbps) i skupom, sofisticiranom izvedbom prijenosne opreme.
- **WAN (Wide Area Network) – privatna je mreža po uzoru na javne (globalne) digitalne mreže** koja se odlikuje manjim brzinama prijenosa (u koracima po 64 Kbps), koja je prilagođena multimedijalnim aplikacijama, a bazira se na komutaciji kanala u vremenu (TDM). Ovo rješenje je topološki lako ostvarivo jer današnji WAN optopretvarači ostvaruje bez repetitora domete preko 100 kilometara po monomodnim vlaknima, a tipične maksimalne brzine su u terminima PDH hijerarhije E1-E3: 2.048 Mbps - 34.368 Mbps, a za veće brzine koriste se razine SDH hijerarhije (155 Mbps - 9.6 Gbps). Prednost WAN pristupa je univerzalnost kanala-čelije 64 kbps, koja je standard za prijenos najrazličitijih informacija poput digitaliziranog govora, slike, poslovnih podataka, telemetrijsko-telekomandnih podataka itd. Jednostavna procedura upravljanja TDM opremom omogućuje relativno jednostavno priključivanje korisničke opreme, a potrebna brzina (prioritet QoS) ostvaruje se grupiranjem i rezervacijom 64 Kbps kanala u jedinstveni tok  $n \times 64$  Kbps, do maksimalne hijerarhijske razine.  
Nedostatak WAN rješenja je već spomenuta statičnost i neprilagođenost prijenosu masovnih podataka (statički QoS). Cijena WAN priključka je visoka jer je prilagođena profesionalnim javnim umrežavanjima, gdje se traži apsolutna pouzdanost bez obzira na cijenu.
- **MAN (Metropolitan Area Network) - mreže urbanih područja** suvremena su tehnička rješenja kojima se nastoje prevladati nedostaci LAN ili WAN sustava, dakle istovremeno ostvarenje visoke propusnosti i jednostavnog priključivanja multimedijalnih korisnika. To je ostvareno korištenjem tehnologija koje su podjednako uspješno primjenjive na WAN i LAN okruženja - DTM ili ATM. Ove tehnologije u svojoj strukturi jednako prihvaćaju prijenos masovnih podataka kao i prijenos govora, videa, slike, podataka malih brzina... Ovo rješenje također je topološki lako ostvarivo zahvaljujući današnjim MAN optopretvaračima, koji bez repetitora ostvaruju domete od preko 100 km po monomodnim vlaknima. Visoke brzine tehnologija DTM/ATM uz kvalitetno riješen sustav pridjeljivanja prioriteta (QoS) na bazi fiksne rezervacije ili pojasa na zahtjev, zavisno o primijenjenom tipu informacije, postižu se međutim uz nešto višu cijenu u odnosu na često korištenu i zahtjevnima neprimjerenu LAN izvedbu.

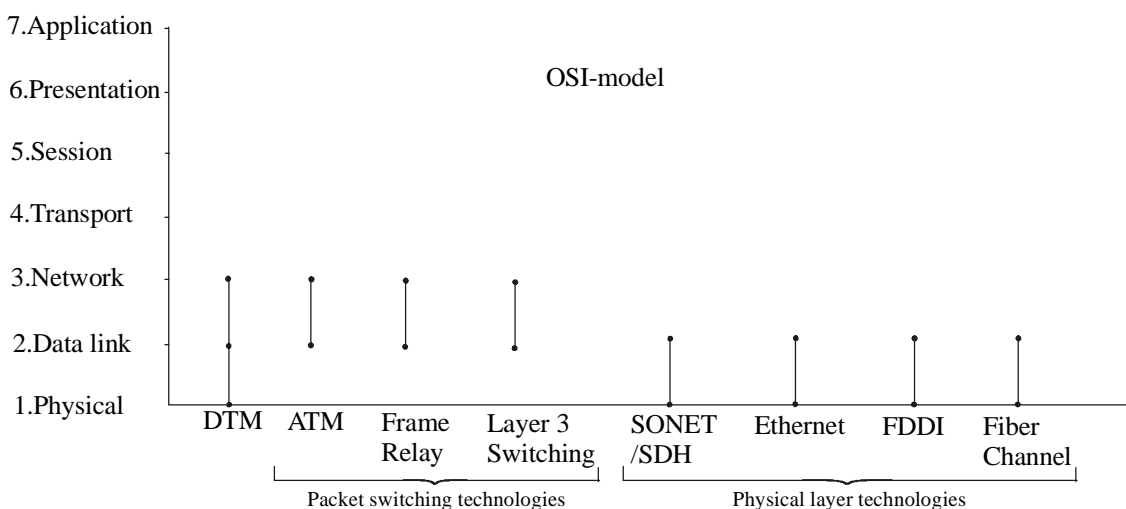
### 4. KOMBINACIJA SINKRONOG I ASINKRONOG

DTM je razvijen kao nastojanje za spajanjem jednostavnog prometa u realnom vremenu podržavajući osobine tehnologije komutacije kanala sa dinamičkim resursom kojeg podržava tehnologija komutacije paketa. Ova tehnologija mrežne arhitekture osigurava veliki prijenosni kapacitet korištenja sa dinamičkom dodjelom resursa.

DTM je komutacija kanala, što u principu znači TDM (*Time Division Multiplexing*), te kao takav osigurava svakom korisniku određeni pojas i koristi veliki dio raspoloživog pojasa za učinkovit prijenos podataka. DTM

ima sličnosti sa asinkronim načinom, kao ATM, u smislu da podržava dinamičku preraspodjelu pojasa između korisnika. To znači da se mreža može prilagoditi promjenama u prometu i podijeliti pojas između čvorova suglasno s njihovim zahtjevima.

DTM koristi sličan način formiranja strukture kao postojeće prijenosne mreže SDH/Sonet (8 kHz repeticijske frekvencije okvira) te je još povećan s dinamičkom preraspodjelom resursa. Djeluje od prvog do trećeg nivoa OSI modela (*Slika 2*), a uključuje preklapanje i signalni protokol. U DTM-u, višestruki kanali mogu biti pridjeljeni na zahtjev, što nije moguće u SDH/Sonet hijerarhiji, te je moguće mijenjati kapacitet kanala za vrijeme rada u skladu s karakteristikama prometa. Budući da se raspodjela resursa između čvorova na prstenu ili sabirnici može mijenjati, slobodni resursi se dodjeljuju čvorovima sa višim zahtjevom, osiguravajući autonomnu i djelotvornu dinamičku infrastrukturu. Također, važan aspekt DTM-a je osiguravanje više-kanalnog sučelja sličnog onome koje osigurava ATM, sa mogućnošću grupiranja kanala.

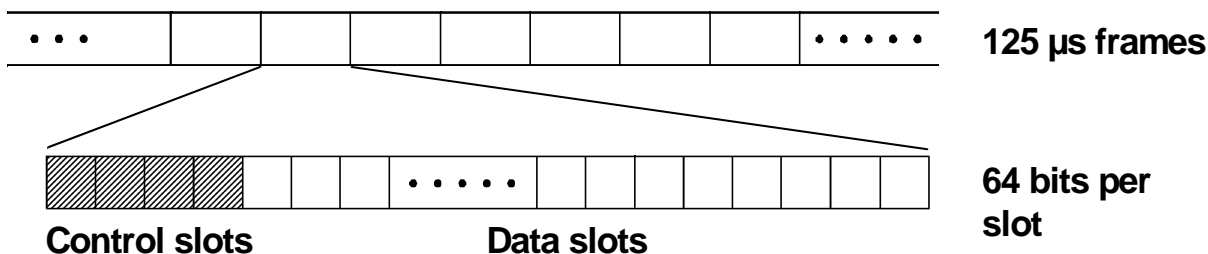


*Slika 2: Položaj tehnologija u OSI modelu*

## 5. DTM OSNOVE

### 5.1 Okviri i slotovi

DTM je dizajniran za jednosmjernan medij sa višestrukim pristupom; kapacitet medija se dijeli između svih spojenih čvorova. Može se realizirati kao nekoliko različitih topologija, kao jednosmjerni ili dvosmjerni prsten, točka-točka, dvostruka sabirnica ili rešetkasta struktura (mesh).



*Slika 3: Način multipleksiranja u DTM-u*

DTM je baziran na TDM-u, čime je prijenosni kapacitet optičkog linka podijeljen u male vremenske jedinice. Ukupni kapacitet linka podijeljen je u okvire fiksne veličine od 125  $\mu$ s. Okviri su dalje podijeljeni u vremenske slotove od 64 bita. Broj slotova po okviru ovisi o brzini linka. Ako koristimo link brzine 1 Gbps, broj slotova iznosi oko 1950. Korištenje okvira dužine 125  $\mu$ s i 64 bita po vremenskom slotu omogućava vrlo jednostavnu prilagodbu za digitalni zvuk i PDH prijenos.

Slotovi unutar svakog okvira su podijeljeni u podatkovne i kontrolne slotove. U bilo kojem trenutku, slot je ili kontrolni ili podatkovni odnosno nema razlike. To znači da ako je potrebno, podatkovni slot može biti

pretvoren u kontrolni i obrnuto. Dozvola popunjavanja slotova podijeljena je između čvorova spojenih na link što znači da će svaki čvor imati dozvoljen pristup pisanju za vrijeme unaprijed određenih slotova, a ti vremenski slotovi zauzimati će identične pozicije unutar svakog okvira na linku. Svaki čvor ima pristup pisanju najmanje jednog kontrolnog slota, koji zatim čvor koristi za slanje kontrolnih poruka drugim čvorovima. Kontrolne poruke mogu biti poslone na zahtjev korisnika čvora, kao odgovor na poruke od drugog čvora, ili spontano u svrhu upravljanja mrežom. Kontrolni slotovi zauzimaju samo mali dio ukupnog kapaciteta dok su podatkovni glavina. Signalni overhead u DTM-u varira sa brojem slotova, no tipično je mali. Za prsten sa 20 priključenih čvorova i brzinom linka od 2,5 Gbps, signalni overhead je tipično manji od 1 %.

U DTM-u podaci se prenose u tzv. kanalima. DTM kanal se sastoji od mnogobrojnih podatkovnih slotova po okviru. Najmanji kanal koji se može podesiti koristi samo jedan podatkovni slot po okviru (64 bita na 125 μs) što daje minimalnu veličinu kanala od 512 kbps. Kako se kanal može sastojati od bilo kojeg broja podatkovnih slotova unutar svakog okvira, teoretski sve do ukupnog broja podatkovnih slotova unutar okvira, širina pojasa kanala može se stupnjevati od spomenute najmanje veličine kanala od 512 kbps do ukupnog kapaciteta linka u koracima od 512 kbps. Korištenjem kontrolnih slotova za prijenos kontrolnih poruka, pošiljalatelj obavještava primatelja kanala, upućujući ga na kojim podatkovnim slotovima će primatelj primiti podatke.

Primatelj će tada početi čitati podatke sa slotova specificiranih u kontrolnoj poruci i obavijestiti će pošiljalatelja da je spreman za primanje sa slanjem kontrolne poruke natrag pošiljalatelju korištenjem vlastitih kontrolnih slotova. Kada pošiljalatelj primi kontrolnu poruku od primatelja kanala, on može započeti sa slanjem podatke na dodijeljenim podatkovnim slotovima.

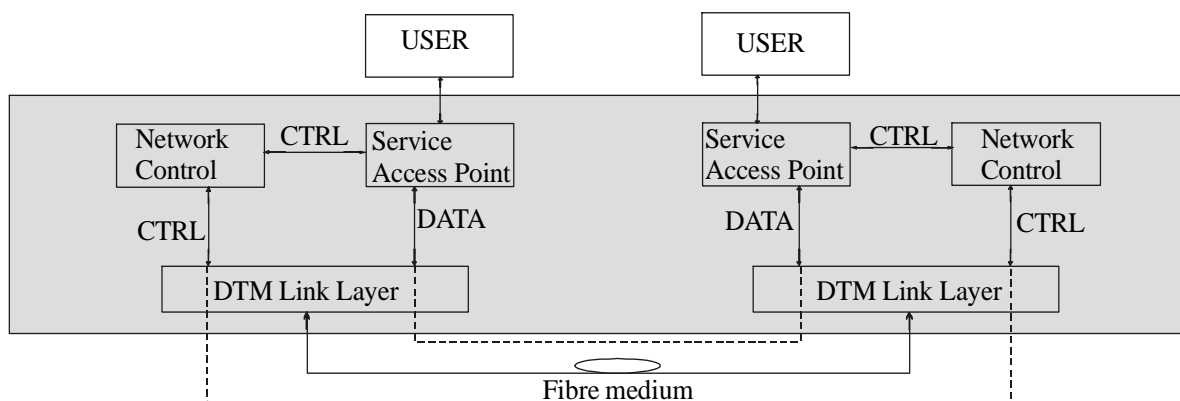
Na ovaj način čvor može uspostaviti brojne odvojene kanale od kojih se svaki sastoji od odvojenih podešenih podatkovnih slotova. Kanali mogu biti različitih veličina i mogu biti međusobno neovisno uspostavljeni i zaključeni. U slučaju da prijenosni kapacitet zahtjeva od kanala povećavanje tj. smanjivanje ili pak iz nekog drugog razloga, veličina kanala može biti smanjena (povećana) jednostavnim zauzimanjem više ili manje podatkovnih slotova za kanal.

DTM koristi distribuirani algoritam za preraspodjelu slotova koji su trenutno slobodni, a pridjeljeni čvorovima. Po primitku zahtjeva od strane korisnika, čvor prvo provjerava svoje vlastite slotove da vidi ima li ih dovoljno da zadovolje zahtjev te u slučaju da ima šalje potvrđnu poruku za sljedećim korakom. U suprotnom, čvor prvo traži više slotova od drugih čvorova na linku. Svaki čvor posjeduje statusnu tabelu koja sadrži informaciju o slobodnim slotovima drugih čvorova i u slučaju da se javi potreba za više slotova nego što ih sam čvor posjeduje, čvor pregledava tabelu kako bi se odlučio od kojeg čvora će zatražiti slotove. Svaki čvor redovito šalje statusne poruke sa informacijom o vlastitim slotovima.

## 5.2 Uspostava kanala

Svaki čvor posjeduje mrežni kontrolor koji upravlja signalizacijom između čvorova. Signalizacija se provodi preko kontrolnih slotova i koristi se za nadgledanje kanala i rezervaciju slotova (Slika 4. *Protok podatkovnih i kontrolnih informacija*.)

Kada DTM korisnik želi uspostaviti kanal, šalje poruku mrežnom kontrolnom elementu koji zauzima potrebnu širinu pojasa i šalje obavijest prijemnom čvoru. Mrežni kontrolni element, također, podešava tabele o kanalima na nivou DTM linka i vraća indikaciju, te bilježi pošiljaoca koji je zauzeo zatraženi pojas. Korisnik čeka potvrdu sa prijemne strane (za video i glas) ili šalje podatke direktno nakon prijema indikacije (podaci).



Slika 4: Protok podatkovnih i kontrolnih informacija

Nakon prijenosa, korisnik šalje primatelju poruku o zatvaranju kanala i oslobađanju zauzetih slotova. Prijenos podataka je upravljivan od strane mreže bez bilo kakvih posebnih procesnih elemenata u preklopnicima. Vrijeme kašnjenja uspostave kanala ovisno je o slobodnim slotovima i broju skokova u mreži. Kod malih kanala za vjerovati je da će slotovi odmah biti slobodni dok će kod velikih čvor morat tražiti druge čvorove da mu ustupe svoje slotove. Signalno kašnjenje je povezano sa uspostavom i zatvaranjem komunikacijskog kanala što određuje efikasnost komutacije kanala. DTM je zbog toga dizajniran da brzo uspostavlja kanal.

#### Kanal u DTM-u ima sljedeće karakteristike:

- *Simplex*: kanal je uspostavljen od pošiljatelja do primatelja. *Duplex* kanal podrazumijeva dva kanala, jedan u svakom smjeru, koji mogu biti različitog kapaciteta što znači da omogućuje asimetričnu komunikaciju.
- *Multirate*: Kapacitet kanala može biti bilo koji višekratnik od 512 kbps.
- *Multicast*: kanal može imati nekoliko primatelja
- Širina pojasa kanala može se mijenjati dodavanjem ili oduzimanjem slotova i za vrijeme prijenosa.

#### 5.3 Kanali sa različitim prioritetima (QoS – Quality of Service)

U DTM mreži, različitim kanalima mogu biti dodijeljeni različiti prioriteti. To znači da će kanal sa većim prioritetom biti uspostavljen čak i ako kanali s manjim prioritetom potroše sve slobodne slotove na linku. Zauzeti kapacitet kanala s manjim prioritetom je tada smanjen da bi se napravilo prostora za zahtijevani kanal većeg prioriteta.

#### DTM nudi tri nivoa prioriteta za kanale:

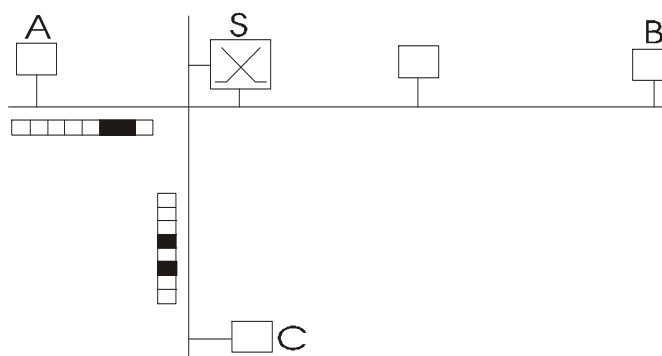
1. **Zajamčena širina pojasa** - Kanal je podešen na fiksni kapacitet za vrijeme trajanja. Broj slotova zauzetih na kanalu će biti nepromijenjen bez obzira na bilo kakav zahtjev od strane drugog kanala. Ovaj nivo je prikladan za aplikacije koje zahtjevaju konstantni tok podataka; glas i video.
2. **Širina pojasa na zahtjev** - Za aplikacije koje zahtjevaju minimalni garantirani pojas s mogućnošću dodavanja pojasa. Koristi se kada je dio slotova stalno dodijeljen dok se veći pojas može pridijeliti ako ima raspoloživih slotova; važni podaci.
3. **Širina pojasa na zahtjev uz najbolje nastojanje**. Slično je nivou 2, ali bez minimalnog garantiranog pojasa. Promet se može prekinuti drugim prometom koji ima veći prioritet; podaci manje važnosti.

Postojanje različitih prioriteta omogućava operateru da ponudi različite nivoe usluge korisniku te prema tome i različite cijene.

#### 5.4 Preklapanje

Pri izgradnji većih mreža, nemoguće je povezati sve čvorove na isti DTM link, jer bi to značilo da svi međusobno dijele raspoloživi prijenosni pojas te bi on bio nedostatan. Umjesto toga skoriste se preklopnici.

#### Primjer



Slika 5: Dva DTM linka povezana preklopnikom

Na *Slici 5* prikazan je primjer kako preklopnik **S** povezuje dva linka. Za uspostavu kanala između čvora **A** i **C** izvedeni su sljedeći koraci:

1. **A** zauzima slotove 2 i 3 za kanal na svom linku
2. **A** šalje signalnu poruku, korištenjem svog kontrolnog slota, prema **S**, upućujući **S** da uspostavi kanal prema **C** korištenjem podataka iz slotova 2 i 3 sa linka između **A** i **S**
3. **S** zauzima odgovarajući broj slotova (npr. 3 i 5) za kanal na linku prema **C**
4. **S** šalje signalnu poruku, korištenjem svog kontrolnog slota, prema **C**, upućujući **C** da sluša slotove 3 i 5 za kanal od **A**
5. **C** počinje slušati slotove 3 i 5
6. Korištenjem svog kontrolnog slota, **C** potvrđuje poruku od **S** natrag prema **S**
7. Kada **S** primi potvrdu, potvrđuje uspostavu kanala prema **A**
8. Kada **A** primi potvrdu od **S**, može početi slati podatke prema **C** na slotovima 2 i 3

Čvor **S** sada može proslijediti podatke za kanal jednostavnim prosljeđivanjem svih podataka koji dolaze na slotovima 2 i 3, unutar svakog okvira na prvom linku, na slotove 3 i 5 unutar svakog okvira na drugom linku. Ovim je opisana vrsta preklapanja koja prema tome koristi vrlo jednostavan mehanizam koji se može implementirati na vrlo visoke brzine. Jednostavnost ovog mehanizma jedna je od ključnih točaka DTM tehnologije. Nema potrebe za povećanje memorije i stavljanja u red po prioritetu, a DTM mreža je sinkrona, što garantira da će bilo koja dva linka raditi na istoj brzini okvira.

U DTM mreži, svi linkovi i čvorovi koriste istu frekvenciju okvira, koja je karakteristično 8 kHz, što proizlazi iz trajanja okvira od 125  $\mu$ s. Korištenjem jedne frekvencije okvira u cijeloj mreži izbjegnuto je gubitak podataka zbog zagušenja. Zbog sigurnosti da nema pomaka okvira između različitih linkova na mreži, svi linkovi su sinkronizirani na jedan uređaj koji daje takt tzv. **glavni sat**. Sinkronizacija okvira prosljeđena je od glavnog sata do svih linkova i čvorova u hijerarhiji, od vrha nadolje. U osnovi, glavni sat će sinkronizirati prijenos okvira početi vremenskim slotom na jednom ili više linkova spojenih na njega. Čvor koji je između glavnog linka i nekog drugog će na isti način sinkronizirati taj drugi link korištenjem takta sa glavnog sata. Na taj način se sinkronizacija provede na cijeloj mreži, a takt je jedinstven za sve.

## 6. DTM SERVISI

DTM je dizajniran za prijenos općih komunikacijskih protokola putem optičkog kabela. Osigurava nekoliko jednostavnih i općenito korištenih servisa u jednoj integriranoj mreži. To rezultira boljom korisnošću optike, čvorne opreme, jednostavnim upravljanjem i radom mreže.

Prijenos podataka, osobito IP promet, osnovni je izvor prometa u mreži. DTM je razvijen osobito za efikasan prijenos ove vrste prometa. Veliki dio mrežnog prometa je još uvijek PDH baziran te je to razlog da DTM također prenosi i PDH. Mnogo je vrsta prometa koji mogu biti korisno integrirani u DTM mrežu, no za sada su ovdje samo neki:

- IP preko DTM
- DTM LAN emulacija (DLE)
- PDH prijenos
- SDH/SONET tuneliranje
- Prijenos 270 Mbps studijskog videa

DTM nudi dvije različite verzije prijenosa IP prometa: IP preko DTM i DLE. IP preko DTM je tehnika koja potpuno iskorištava DTM mrežu u prijenosu IP prometa na osnovi priključivanja sa čvora na čvor putem prečica. DLE se koristi za uspostavu virtualnih LAN mreža kroz DTM mrežu i omogućava efikasno povezivanje IP čvorova na DTM mrežu.

DLE omogućava da se povezani čvorovi *smatraju* kao dio LAN-a (802.3 Ethernet). Koristi se za povezivanje prostorno odmaknutih LAN-ova prijenosom Ethernet paketa kroz DTM kanal. Virtualne privatne mreže (VPN) efikasno su podržane korištenjem DLE. DLE pripada trećem nivou (Layer 3) OSI modela te omogućava upotrebu različitih protokola tog nivoa kao što su IP, NetBIOS i IPX. DLE omogućava DTM-u da se koristi kao most između različitih dijelova Ethernet mreže. Paketi se šalju kroz DTM mrežu na osnovu odredišne adrese iz Ethernet zaglavljaja. Ovo nam omogućuje stvaranje virtualnih LAN-ova gdje se mnogi čvorovi mogu ponašati kao da su dio istog Ethernet LAN-a. DLE je potpuno transparentna svim čvorovima i čvorovi neće znati da li je čvor s kojim komuniciraju dio istog Ethernet segmenta ili su okviri poslani kroz DTM.

E1/T1 je podržan, dok će E3/T3 sučelje biti podržano u budućnosti. E1/T1 prijenos može se koristiti za povezivanje telefonskih centrala ili kao usluga zakupljene linije. DTM mreže također podržavaju transparentni PDH promet jednak podršci u SDH/SONET mrežama.

## 7. ZAKLJUČAK

Globalizirani mrežni promet i prijenos složenih podataka, zvuka i videa povećava zahtjeve za kapacitetom prijenosnih mreža. Prijenosni kapacitet optičkih kablova danas raste puno brže od procesorskih mogućnosti uređaja što promet stavlja u prvi plan.

DTM tehnologija dizajnirana je za punu kontrolu mrežnih resursa, a kreirana je kako bi povećala korištenje optičkih kablova i svela na minimum opterećenje čvorova. Također, dizajniran je da podržava promet u realnom vremenu, *multicasting*, te je sposoban dinamički prilagoditi se promjenama prometa na mreži. DTM kombinira jednostavan, ne-blokirajući promet u realnom vremenu, što je svojstveno komutaciji kanala (*circuit switching*), sa dinamičkom podrškom resursa, što je pak svojstveno tehnologiji komutacije paketa (*packet switching*). Ovo pokriva nedostatke u raspoloživim tehnikama na tržištu i zadovoljava stroge zahtjeve QoS-a za komunikacije sa velikom širinom pojasa.

DTM nudi tri vrste prioriteta: zajamčena širina pojasa, širina pojasa na zahtjev i širina pojasa na zahtjev uz najbolje nastojanje. Kapacitet DTM linka podijeljen je u okvire od 125  $\mu$ s, a svaki okvir se nadalje dijeli u slotove od 64 bita što sa frekvencijom 8 KHz daje kanale od 512 Kbps. U DTM-u, podaci su preneseni u kanale koji sadrže veliki broj slotova. Cijela mreža je sinkronizirana na jedan jedinstveni sat ,tzv. glavni sat (*master*) koji može biti vanjski ili unutarnji (sa nekog od čvorova).

DTM je tehnologija namijenjena brzim urbanim mrežama, te su joj time otvoreni široki djelokrugovi.

### Literatura:

- 1 Allied Telesyn: "DTM – Basics and solutions", Allied Telesyn White Paper 2000
- 2 Lars Kahn: "Introduction to DTM", Net Insight AB 1998
- 3 Net Insight: "Dynamic Synchronous Transfer Mode (DTM) Fundamentals and Network Solutions", el dokument, listopad 2001., <http://www.iec.org>

---

### Podaci o autorima:

#### Robert Bunjevac, dipl.ing.

NETIKS d.o.o. za telekomunikacije i informatiku

E-mail: [netiks@netiks.hr](mailto:netiks@netiks.hr), [www.netiks.hr](http://www.netiks.hr),

Ul. grada Chicaga 7 (Borovje)

10000 Zagreb

tel (01) 6137-201, 6137-202

fax 6137-282

#### Rašeljka Maras, ing. Informatike

AgencijaNET

E-mail: [raseljka.maras@agencijanet.si](mailto:raseljka.maras@agencijanet.si)

Stara cesta 23

Vrhnika, Slovenija

GSM: 098/ 1961-400

---