

Milojko Jevtović

MULTIMEDIJALNE TELEKOMUNIKACIJE

AKADEMSKA MISAO
Beograd, 2014.

Prof. dr Milojko Jevtović, dipl. inž.

MULTIMEDIJALNE TELEKOMUNIKACIJE

Recenzent

Prof. dr Milan Šunjevarić

Izdaje i štampa

AKADEMSKA MISAO, Beograd

Priprema

Dmitar Stevanović, dipl. inž.

Tiraž

150 primeraka

ISBN 978-86-7466-503-9



S A D R Ź A J

PREDGOVOR	5
UVOD	7
1. KARAKTERISTIKE MULTIMEDIJALNIH TELEKOMUNIKACIJA	11
1.1 Definicije i klase usluga multimedijalnih mreža	11
1.2 Multimedijalne mreže i njihove osobine	13
1.3 Arhitekture multimedijalnih mreža	18
1.4 Virtuelna realnost i multimedijalne telekomunikacije	27
2. METODE OBRADE I ALGORITMI KOMPRESIJE SIGNALA	29
2.1 Metode i algoritmi kompresije govornih i audio signala.	29
2.2 Algoritmi kompresije video signala	40
3. KOMUNIKACIONI PROTOKOLI MULTIMEDIJALNIH SISTEMA	81
3.1 Protokol H.320	81
3.2 Protokol H.321	85
3.3 Protokol H.322	87
3.4 Protokol H.323	90
3.5 Protokol H.324	120
3.6 Protokoli za multipoint komunikaciju podacima	122
4. PRIMENE MULTIMEDIJALNIH MREŽA	165
4.1 Telemedicina	167
4.2 Rad na daljini	173
4.3 Učenje (obrazovanje) na daljini	176
4.4 Elektronska trgovina	177
4.5 Upravljanje poslovnim sistemima na daljini	183
4.6 Komandno-informacioni sistemi	183
5. MULTIMEDIJALNI SISTEMI I TERMINALI	189
5.1 Klasifikacija terminala i sistema	189
5.2 Grupni multimedijalni terminali	192

5.3	Stoni multimedijalni terminali	193
5.4	Prenosni personalni multimedijalni terminali	195
5.5	Mobilni multimedijalni terminali.	197
5.6	Umrežavanje terminala	198
5.7	Korisnički interfejs multimedijalnih terminala	212
6.	MULTIMEDIJALNA KOMUNIKACIJA PREKO ISDN, LAN, WAN, ATM I MPLS MREŽA	217
6.1	Klase usluga telekomunikacionih mreža.	217
6.2	Mrežne komunikacione usluge	218
6.3	Multimedijalna komunikacija preko uskopojasnih ISDN mreža	220
6.4	Multimedijalne ATM mreže	238
6.5	Komunikacija preko lokalnih mreža i IP mreža širokog prostiranja	242
6.6	Multimedijalna komunikacija preko komutiranih telefonskih mreža	248
6.7	MPLS mreža i multimedijalne komunikacije	256
6.8	Povezane multimedijalne telekomunikacione mreže	267
6.9	Zaštita multimedijalnih mreža	273
7.	KVALIET USLUGA MULTIMEDIJALNIH MREŽA	287
7.1	Definicije i standardi kvaliteta usluga u digitalnim telekomunikacijama.	287
7.2	Ključni parametri QoS koji utiču na ocenu kvaliteta usluga od strane korisnika	288
7.3	Performanse kvaliteta za različite medijume i korisničke aplikacije	290
7.4	Preslikavanje zahtevanih performansi na kategorije kvaliteta usluga	293
7.5	Parametri kvaliteta usluga multimedijalnih mreža	300
7.6	Parametri kvaliteta prenosa govornih, audio i video signala	305
7.7	Protokoli kvaliteta usluga	310
7.8	Preslikavanje kvaliteta usluga na mrežne performanse	328
	LITERATURA	341
	ZNAČENJE SKRAĆENICA	345

P R E D G O V O R

Multimedijalne telekomunikacije u razvijenim zemljama sveta su postale, a kod nas će uskoro, takođe postati deo našeg svakodnevnog života. Zahvaljujući tehnološkim dostignućima u nizu naučnih disciplina (teorija informacija, poluprovodničke tehnologije, procesiranje signala, distribuirani sistemi, širokopojasni sistemi prenosa, računarska tehnika, softversko inženjerstvo itd.) za poslednjih nekoliko godina multimedijalne telekomunikacije su imale veoma brz razvoj i intezivno uvođenje u eksploataciju. Multimedijalnu komunikaciju omogućavaju, odnosno podržavaju kako nove generacije mreža, tako i postojeće tradicionalne telekomunikacione mreže.

Desetak godina unazad, multimedijalne telekomunikacije zauzimaju dominantno mesto u programima naučnih i stručnih skupova, kao što su: forumi, kongresi, konferencije, simpozijumi, seminari, radni naučni skupovi, specijalistička tematska predavanja itd. Trend dinamičnog razvoja multimedijalnih telekomunikacija posebno je uočljiv u naučnim i stručnim časopisima, kao i u stručnim publikacijama velikih svetskih proizvođača telekomunikacione opreme i sistema.

Na srpskom jeziku je publikovano relativno malo radova u naučno-stručnim časopisima, a skroman broj radova je objavljen na domaćim naučno-stručnim skupovima kao što su ETRAN, TELFOR, TELSIX i drugim. Do sada nije bilo knjiga iz oblasti multimedijalnih telekomunikacija objavljenih na srpskom jeziku. Na elektrotehničkim fakultetima (na kojima se izvodi nastava na srpskom jeziku), gde se u osnovnoj i postdiplomskoj nastavi izučavaju multimedijalne telekomunikacije, postoji potreba za literaturom iz ove oblasti.

Prilikom pisanja ove monografije autoru nisu bile dostupne slične strane publikacije. Ova knjiga je namenjena studentima elektrotehničkih fakulteta koji multimedijalne telekomunikacije izučavaju u osnovnoj i postdiplomskoj nastavi, kao i studentima Vojne akademije.

Takođe, ova knjiga svakao može biti veoma korisna inženjerima telekomunikacija, računarstva i informatike, koji se bave planiranjem, projektovanjem, gradnjom, eksploatacijom i održavanjem multimedijalnih telekomunikacionih mreža, njihovim primenama i multimedijalnim informacionim sistemima.

Svima koji su saradivali na pripremi za štampu i pomogli izdavanje ove monografije, autor iskreno zahvaljuje.

Autor

U V O D

Kraj dvadesetog i početak dvadesetprvog veka obeležavaju multimedijalne telekomunikacije, odnosno intenzivna istraživanja, razvoj, projektovanje i praktična realizacija multimedijalnih telekomunikacionih mreža.

Multimedijalne telekomunikacije predstavljaju oblast u koju su usmerena naučna istraživanja i tehnološki razvoj niza različitih naučnih disciplina. Može se reći da su multimedijalne telekomunikacije postavile nove ciljeve i istraživačke granice na brojnim područjima, kao što su: širokopojasni prenosni sistemi i mreže, komutacioni sistemi, poluprovodničke tehnologije, distribuirani sistemi, paralelno procesiranje, teorija informacija, operativni sistemi za rad u realnom vremenu, komunikacioni protokoli, metode i algoritmi za procesiranje signala, softversko inženjerstvo itd.

Kao rezultat naučno-istraživačkih i razvojnih napora u pomenutim područjima, mnoge nove multimedijalne primene, koje obuhvataju različite tipove medija kao što su govor, štampani i pisani tekst, podaci, audio signali, grafika, mirna slika, video slika itd., dovedene su do praktične realizacije.

Razvoj multimedijalnih komunikacionih usluga podstakao je dalje širenje satelitskih komunikacionih sistema, ubrzao realizaciju univerzalnih mobilnih telekomunikacionih sistema (UMTS), inicirao konvergenciju mreža, uticao na dalji razvoj i primenu distribuiranih informacionih sistema itd.

Usluge klasičnih telekomunikacionih mreža, koje obezbeđuju pojedinačne službe (telefonija, telegrafija, prenos podataka itd.), omogućavaju korisnicima prenos informacija korišćenjem jednog tipa medija i upotrebom odgovarajućeg terminala. Tako na primer, u telefonskoj mreži govor se prenosi telefonom, u telegrafskoj mreži korišćenjem teleprinteru razmenjuju se tekstualne poruke, upotrebom faksimila omogućava se prenos dokumenata i mirnih slika itd. Multimedijalne mreže objedinjavaju sve kla-

slične telekomunikacione službe, ne samo u prenosu i komutaciji (što je osnovna funkcija digitalnih mreža integriranih službi – ISDN (engl. *Integrated Service Digital Network*), već to čine neposredno kod korisnika. Razume se da to nije običan zbir postojećih službi, odnosno različitih medija, već se radi o integraciji i koordinaciji medija. Mediji su međusobno usklađeni i povezani tako da čine jedinstvenu logičku celinu. Pri tome korisnik upotrebljava samo jedan tip terminala (multimedijalni terminal) umesto nekoliko tipova klasičnih terminala (telefon, faksimil uređaj, PC računar, telematski terminali, videotelefon) što već na prvi pogled daje prednost multimedijalnom komuniciranju u poređenju sa klasičnim telekomunikacionim službama.

Korisnicima usluga multimedijalnih telekomunikacionih mreža ostavlja se mogućnost izbora da li će u komunikaciji sa drugim učesnicima, koristiti sve raspoložive medije istovremeno ili kombinaciju nekih od raspoloživih tipova medija. Korisnici usluga multimedijalnih mreža, korišćenjem multimedijalnog terminala, sami kreiraju multimedijalnu informaciju i određuju gde će je zapamtiti ili prikazati, kako i kome otpremiti.

Složena, obimna i multidisciplinarna tematika multimedijalnih telekomunikacija je podeljena i obrađena u sedam glava.

U *prvoj glavi*, pored definicija, opisane su usluge multimedijalnih mreža. Navedene su karakteristike multimedijalnog saobraćaja i data analiza arhitekture multimedijalnih mreža. Ukazano je na granične cipele razvoja multimedijalnih telekomunikacija (virtuelna realnost).

Druga glava je posvećena metodama obrade i algoritmima kompresije govornih (audio) i video signala. Ukratko su opisani standardni kodeci govornih i audio signala, a takođe su navedene njihove osnovne karakteristike i primena u multimedijalnoj komunikaciji. Detaljno su obrađene metode i algoritmi kompresije video signala, kao i karakteristike standardnih video kodeka, koji se koriste u videotelefonskim i multimedijalnim komunikacijama.

Treća glava se odnosi na komunikacione protokole multimedijalnih mreža i sistema (terminali, uređaji za upravljanje multipoint vezama, mrežne kapije itd.). Data je analiza namene i performansi skupova standardnih protokola, koji podržavaju multimedijalnu komunikaciju preko različitih vrsta telekomunikacionih mreža. Detaljnije su opisani protokoli koji podržavaju multimedijalnu komunikaciju preko IP paketskih mreža i protokoli za multipoint komunikaciju podacima.

U *četvrtoj galavi* su opisane primene multimedijalnih mreža i to: telemedicina, rad na dljini, učenje (obrazovanje) na daljini, multimedijalna elektronska trgovina, upravljanje poslovnim sistemima, multimedijalni komandno-informacioni sistemi.

Peta glava je posvećena multimedijalnim sistemima i terminalima. Data je klasifikacija i analiza njihovih tehničkih karakteristika. Obradena je problematika umrežavanja multimedijalnih terminala. Analizirane su karakteristike korisničkog interfejsa terminala.

Šesta glava obuhvata tematiku multimedijalne komunikacije preko različitih telekomunikacionih mreža i to: uskopojsnih ISDN mreža, LAN mreža koje obezbeđuju garantovani kvalitet usluga, paketskih IP mreža, ATM, odnosno širokopojsnih ISDN mreža, komutiranih telefonskih mreža opšte namene. Analizirane su mogućnosti komunikacije preko povezanih multimedijalnih mreža, kao i karakteristike mrežnih uređaja, koji omogućavaju povezivanje heterogenih mreža. Opisane su mrežne usluge, kao i zaštita mreža i informacija, koje se preko njih prenose.

U *sedmoj glavi* je obradena problematika kvaliteta usluga multimedijalnih mreža. Definisani su parametri kvaliteta usluga multimedijalnih mreža, a posebno parametri kvaliteta prenosa govornih, audio i video signala. Detaljno su opisane funkcije protokola kvaliteta usluga. Obradena su pitanja preslikavanja kvaliteta usluga na mrežne performanse.

Na kraju, pored literature, koju je autor koristio prilikom pisanja ove monografije, dat je spisak korišćenih skraćenica sa njihovim značenjem na srpskom i engleskom jeziku.

1. KARAKTERISTIKE MULTIMEDIJALNIH TELEKOMUNIKACIJA

1.1. Definicije i usluge multimedijalnih mreža

Telekomunikacije predstavljaju granu ljudske delatnosti koja se bavi prenošenjem informacija na daljinu putem poruka, od jednog mesta do jedne ili više udaljenih tačaka, posredstvom elektromagnetnih talasa uz upotrebu određenih tehničkih sistema. Poruke kojima se prenose informacije mogu da se pojavljuju u različitim oblicima – medijumima koji nose informaciju, kao što su: govor, pisani ili štampani tekst, podaci, mirne slike, grafički dokumenti, video slika, audio signali itd. U zavisnosti od tipa medijuma tj. nosioca informacije postoji više vrsta *telekomunikacionih službi*.

Telekomunikaciona služba, po definiciji predstavlja organizovani sistem za pružanje odgovarajućih usluga korisnicima. Telekomunikacioni sistemi koji omogućavaju realizaciju telekomunikacionih službi po pravilu se organizuju u obliku *telekomunikacionih mreža*.

Na osnovu navedenih definicija izvode se sledeće definicije *multimedijalnih poruka i multimedijalnih telekomunikacionih mreža*.

Poruke, koje se mogu računarski obrađivati (procesirati), ako sadrže informacije predstavljene u više medija kao što su: govor, pisani i štampani tekst, podaci, grafički dokumenti, mirne slike, audio signali, video slika itd., a koriste se u komunikaciji korisnika preko telekomunikacione mreže, nazivaju se *multimedijalnim porukama*.

Govorni i audio signali, video signali i podaci, nameću telekomunikacionoj mreži veoma različite zahteve. *Govorni signali* prilikom prenosa zahtevaju uzak propusni opseg, veoma su osetljivi na kašnjenje, a nisu osetljivi na bitske greške. Prenose se kontinualno. *Video signali* u prenosu zahtevaju širok propusni opseg, umereno su osetljivi na kašnjenje, a osetljivost na bitske greške im je relativno mala. Takođe se prenose kontinualno. *Podaci* za prenos zahtevaju varijabilan propusni opseg, osetljivost na kašnjenje je varijabilna, dok im je osetljivost na greške velika. Poseduju osobinu “naletnosti”, odnosno usnopljen karakter informacija prilikom prenosa. O navedenim osobinama pomenutih signala, mora se voditi računa u multimedijalnoj komunikaciji.

Multimedijalne telekomunikacione mreže, za razliku od monomedijalnih telekomunikacionih tradicionalnih mreža pojedinih službi, omogućavaju korisniku da sa jednim ili više učesnika komunicira multimedijalnim porukama, kombinujući i integrišući dva i više medija za konkretne primene. U toj komunikaciji korisnik raspolaže jednim kanalom veze, potrebnog propusnog opsega i kvaliteta, a koristi multimedijalni terminal. Drugim rečima, dva ili više korisnika komuniciraju simultano sa više medija, čime se tumači pridev multimedijalni. Kovanica multimedijaln(a)i nastala je od latinskih reči *multus* (znači mnogo ili više) i *media* koja označava nekog posrednika, glasonošu – nosioca informacije.

Osnovne karakteristike multimedijalne komunikacije su sledeće:

- odvija se u realnom vremenu ili sa strogo ograničenim kašnjenjem,
- omogućava obavljanje skupa poslova na daljini, kao što su: telemedicina, rad na daljini, obrazovanje na daljini, elektronska trgovina na daljini, upravljanje poslovnim sistemima na daljini itd,
- zahteva unapred definisan, odnosno garantovan kvalitet usluga (Quality of Service – QoS),
- obavlja se istovremeno između više udaljenih učesnika, odnosno sa jedne na više udaljenih tačaka (*multicast veze*),
- realizuje se u mrežama koji omogućavaju digitalni paketski prenos poruka.

Opšti cilj multimedijalnih telekomunikacija je da se komunikacija među ljudima na daljini ostvari na prirodan način (audiovizuelna komunikacija) tj. da se oponaša komunikacija “licem u lice” (engl. *face to face*). Zadatak multimedijalnih mreža je da korisnicima omoguće komunikaciju

koja treba da bude što verodostojnija zamena za komunikaciju “licem u lice”.

1.2. Multimedijalne mreže i njihove osobine

Multimedijalne telekomunikacione mreže poslužuju saobraćaj koji se razlikuje od onog koji poslužuju tradicionalne mreže [1]. U tabeli 1.1 su prikazane razlike između multimedijalnog saobraćaja i saobraćaja u tradicionalnim mrežama. Te razlike postoje u nizu različitih karakteristika odnosno mrežnih performansi.

Tabela 1.1 – Poređenje karakteristika multimedijalnog saobraćaja i saobraćaja u tradicionalnim mrežama

Karakteristike saobraćaja	Saobraćaj u tradicionalnim mrežama	Multimedijalni saobraćaj
Brzina prenosa	Mala	Velika
Karakter saobraćaja	Naletni	Izrazito naletni
Zahtevi za pouzdan prenos	Bez gubitaka	Mali gubici
Zahtevi za kašnjenje	Nema	Malo, npr. 20 – 30 ms
Način komunikacije	Tačka-tačka	Između više tačaka istovremeno
Vremenska zavisnost prenosa	Nema	Sinhronizovan prenos

U multimedijalnim mrežama zahtevaju se velike brzine prenosa u poređenju sa brzinama u tradicionalnim mrežama. Kod multimedijalnih mreža saobraćaj je izrazito naletni, što znači da u kratkom vremenskom intervalu treba preneti veoma velike količine informacija. Preko tradicionalnih mreža saobraćaj se obavlja po pravilu između dve tačke, dok se preko multimedijalnih mreža saobraćaj odvija istovremeno između više tačaka. Od multimedijalnih mreža se zahteva prenos poruka (govor, video slika) u realnom vremenu, a pri tome se mora obezbediti sinhronizovani prenos.

Na složenost multimedijalnih mreža značajan uticaj imaju zahtevi za bitske protoke i osetljivost različitih tipova poruka na smetnje u prenosu. Zahtevi za bitski protok i osetljivost na kašnjenje i greške u prenosu različitih tipova poruka, prikazani su u tabeli 1.2.

Tabela 1.2 – Zahtevi za bitski protok i osetljivost u prenosu različitih tipova poruka

Karakteristike saobraćaja	Tipovi poruka	Bitski protok (b/s)	Osetljivost na kašnjenje	Osetljivost na greške
Kontinualni dupleksni saobraćaj (dijalog, kooperacija)	TELEFONIJA, govor VIDEO SLIKA, licem u lice (kompresija po standardima H.261, H.263, MPEG-1)	5,3k – 64k	Mala	Velika
		128k – 2M	Mala	Srednja
Kontinualni simpleksni saobraćaj (distribucija, kooperacija)	HI-FI audio signali; Standardni TV video (kompresija prema MPEG-2); Studijski kvalitet TV video signala	192k – 1,4M	Velika	Srednja
		do 10M 20M – 50M	Srednja Srednja	Mala Mala
Naletni saobraćaj (razmena poruka, transakcije, distribucija, kooperacija)	Slike visoke rezolucije; Podaci (prenos datoteka); Upravljački podaci	64k – 8M	Velika	Srednja
		64k i veći	Velika	Srednja
		16k	Mala	Mala
Značenje skraćenica:				
– JPEG – Joint Photographic Expert Group – Ekspertska grupa za fotografiju				
– MPEG – Motion Picture Expert Group – Ekspertska grupa za pokretnu sliku				
– PRC – Remote Procedure Call – Procedura poziva na daljinu				

Usluge multimedijalnih mreža realizuju se u realnom vremenu, a po karakteristikama se znatno razlikuju od usluga tradicionalnih računarskih i telekomunikacionih mreža. Te razlike se ogledaju u:

- većoj osetljivosti na promene parametara kvaliteta usluga (engl. Quality of Service – QoS) u odnosu na klasične aplikacije. Multimedijalne aplikacije (primene), koje se realizuju u realnom vremenu, su osetljive na kašnjenje i greške, odnosno gubitke segmenata

poruke prilikom prenosa. Kod multimedijalnih aplikacija nije moguća primena metoda i tehnika za detekciju i korekciju grešaka nastalih tokom prenosa. Primena sličnih postupaka za korekciju grešaka kao u računarskim mrežama, uticala bi na pojavu neprihvatljivog kašnjenja;

- velikom obimu multimedijalnih informacija u realnom vremenu koje generišu kontinualan saobraćaj u dužem vremenskom periodu. Zbog toga mreža mora u kontinuitetu da obezbedi odnosno rezerviše potrebne resurse;
- osobenostima multimedijalnog saobraćaja, koje se ogledaju u njegovoj "naletnosti", odnosno nepredvidivosti u smislu pojave zahteva za posluživanje. To otežava proceduru dodele potrebnih resursa zahtevanoj vezi. Tako na primer, dodela resursa na bazi prosečne bitske brzine ne može da osigura zahtevane parametre QoS-a, a dodela resursa na bazi maksimalnih brzina dovodi do smanjenja efikasnosti iskorišćenja resursa mreže. Ovo se svakako odnosi na one mreže koje podržavaju komunikaciju promenljivim brzinama, kao što su to ATM širokopojasne mreže.

U tabeli 1.3 prikazan je pregled karakteristika telekomunikacionih mreža koje podržavaju multimedijalnu videokonferenciju, a koje predstavljaju komunikacionu platformu za realizaciju multimedijalnih primena ili multimedijalnih informacionih sistema. Pod uslovom da zadovolje zahteve definisane standardima H.320, H.321, H.322, H.323 i H.324, multimedijalnu komunikaciju omogućavaju sledeće telekomunikacione mreže:

- uskopojasne ISDN mreže;
- širokopojasne B-ISDN, odnosno ATM mreže;
- paketske komutirane mreže sa garantovanim kvalitetom usluga;
- paketske komutirane mreže LAN, WAN;
- javne digitalne komutirane telefonske mreže i analogne komutirane telefonske mreže opšte namene.