

UNIVERZITET U SARAJEVU
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET
ODSJEK ZA TELEKOMUNIKACIJE

Satellite Network Simulator 3

PROJEKTNI ZADATAK IZ PREDMETA KVALITETA USLUGE U TELEKOMUNIKACIJSKIM MREŽAMA
TEORIJSKI DIO

Ćutahija Zerina, 1685/17085
Mahovac Nerman, 1575/17919
Repeša Almin, 1684/17550
Velić Nejra, 1634/17313

Sarajevo, 2020. godina

Sadržaj

Sadržaj	i
Uvod	ii
1 Opis problema	1
1.1 Digital Video Broadcasting	1
1.1.1 Analiza i teorijska obrada <i>Digital Video Broadcasting</i> organizacije .	1
1.1.2 Način rada, prednosti i nedostaci DVB i DVB-Sx	4
2 Modeliranje i SNS3 emulacijske tehnike	6
2.1 Modeliranje satelitskih DVB komunikacija	6
2.2 SNS3 emulacijske tehnike	9
2.2.1 Postupak SNS3 emulacije	10
Diskusija i zaključak	11
Popis slika	12
Literatura	13

Uvod

Početkom 2012. godine, Europska Svemirska Agencija (ESA) je finansirala razvoj satelitskog simulacijskog modela za *Digital Video Broadcasting* (DVB) komunikacije. Cilj ovog projektnog zadatka je analizirati QoS DVB, DVB-Sx zahtjeve te izvršiti testiranje simulacijskog modela satelitskih komunikacija.

U teorijskom dijelu projektnog zadatka potrebno analizirati i teorijski objasniti smisao i način rada *Digital Video Broadcasting* organizacije, te objasniti smisao, način realizacije, prednosti i nedostatke DVB i DVB-Sx. Također je potrebno objasniti pristup modeliranja satelitskih DVB komunikacija te SNS3 emulacijske tehnike. Pri tome je poseban aspekt stavljen na kvalitet usluge spomenutih tehnologija.

Kao što je već poznato, NS-3 je diskretni simulator namjenjen za istraživanja mreže licenciran od strane *General Public License v2 (GPLv2)*. *Satellite Network Simulator 3* (SNS3) predstavlja satelitsku ekspanziju za NS-3 platformu. SNS3 modelira interaktivne satelitske mreže sa višestrukim tačkastim snopovima mrežnih, geostacionarnih satelita. Sadrži 72 tačkasta snopa koji pokrivaju Evropu, 5 gateway-a i radi u Ka frekvencijskom opsegu [1].

SNS3 je dinamičan simulator, koji radi na fizičkom nivou. Može se upotrebljavati za ispitivanje performansi cijele mreže ili verifikaciju kvaliteta usluge za samo jednog korisnika. Predstavlja fleksibilan simulator i omogućava proširivost i korištenje za različite satelitske mrežne komunikacije [1].

SNS3 implementira specifikacije DVB-RCS2 (*Digital Video Broadcast - Return Channel via Satellite - 2. generacija*), DVB-S (*Digital Video Broadcast - Satellite - 1. generacija*) DVB-S2 (*Digital Video Broadcast - Satellite - 2. generacija*), na *forward* i *Return* linku [1].

SNS3 sadrži i brojne modele implementirane u NS-3, kao što su borba sa zračnim interferencijama, modeli mrežnog i transportnog sloja, aplikacijski modeli, direktno kodiranje modela te realne emulacijske tehnike. Pri tome simulatori i emulatori omogućavaju dublju inspekciju kodova korištenih za realizaciju mrežnih infrastruktura, ito relativno brzo i jeftino [1].

1. Opis problema

1.1. Digital Video Broadcasting

1.1.1. Analiza i teorijska obrada *Digital Video Broadcasting* organizacije

Osnovan 1994. godine, DVB projekat je industrijski konzorcijum vodećih svjetskih medijskih i tehnoloških kompanija koje zajedno rade na dizajniranju otvorenih tehničkih specifikacija za isporuku digitalnih medija. DVB specifikacije su komercijalno vođene i maksimiziraju upotrebu uobičajenih rješenja u širokopojasnim mrežama – satelitskim, kablovskim, zemaljskim (koje koriste mikrotalasne linkove), te njihov uspjeh koristi i članovima DVB-a koji ih razvijaju, kao i industriji u cjelini [2].

DVB predstavlja grupu standarda koji emituju digitalne medije putem postojeće infrastruktуре. Razlikujemo mnogo transmisijskih DVB standarda, kroz koje se može pratiti razvoj ovih mreža, te koji opisuju tehnologije primjenjene na prvom i drugom sloju *protocol – stack*-a distribucijskog sistema. Neki od njih su [3]:

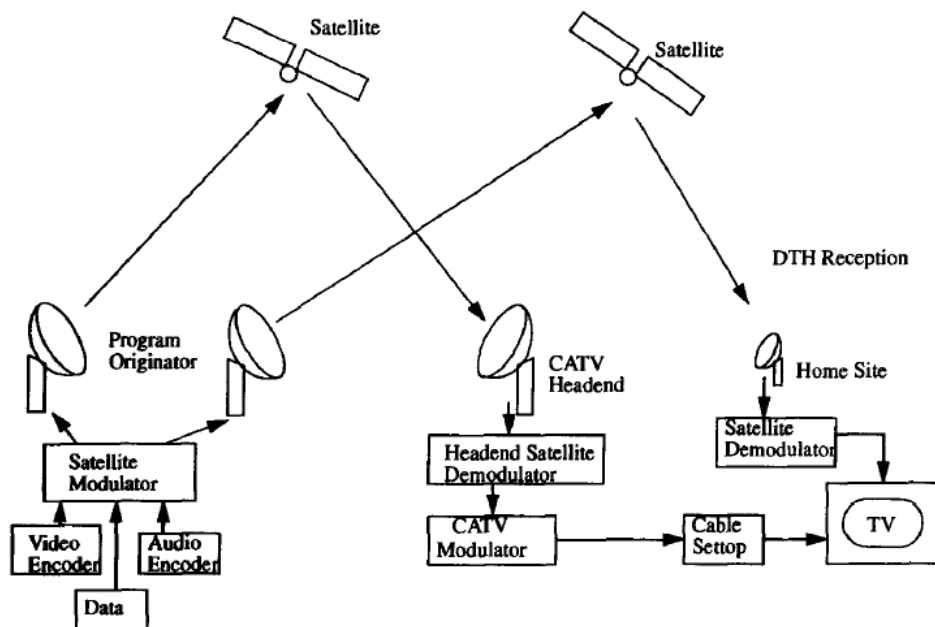
- kablovski – DVB-C, uveden 1994., koristio različite vrste QAM, i DVB-C2, za 30% efikasniji od prethodnika, te je mogao postići 83 Mbps u 8 MHz kanalu
- satelitski – DVB-S, DVB-S2, DVB-SX, gdje je SX najnaprednija verzija standarda koja je čak 51% efikasnija od verzije S2, te koja se koristi za globalno pokrivanje sadržajem.
- zemaljski – DVB-T i DVB-T2, korišten za prenos HD, SD, i radio servisa.

Razlikujemo još standarde kao što su DVB-H i DVB-SH koji koriste isporučivanje servisa na mobilne telefone, DVB-DSNG koji se koriste za *uplink* vijesti na transponder koji ih onda isporučuje na željenu lokaciju, kao i kombinacije prije navedenih standarda (DVB-CS koji kombinuje DVB-C i DVB-CS). Procesi koji su zajednički za sve standarde i koji se odvijaju prije slanja signala na predajnik su izvorno kodiranje, multipleksiranje, modulacija, FEC, i uvjetni pristup [4].

Izvorno kodiranje podrazumijeva kompresiju sirovih ulaznih digitalnih podataka, te odabir MPEG-2 predstavlja fundamentalnu odluku DVB projekta (inicijalno), omogućavajući redukciju potrebne brzine za prenos sa 166 Mbps na 5 Mbps [5]. Tehnika multipleksiranja je najčešće TDMA, dok je najčešće korištena modulacija QAM, te se pored nje koriste i APSK te PSK. Koristi se FEC kodiranje, koje je LDPC + BCH (svim standardima druge generacije). Također, bitno je spomenuti i uslovni pristup koji spriječava neovlašten pristup sadržaju. Zasnovan je na skrembliranju (originalan sadržaj ispremetan tako da postane nečitak) i enkripciji (sakrivanje sadržaja šifriranjem), te je pristup

sadržaju omogućen samo onome ko ima odgovarajući dekripcijski ključ.

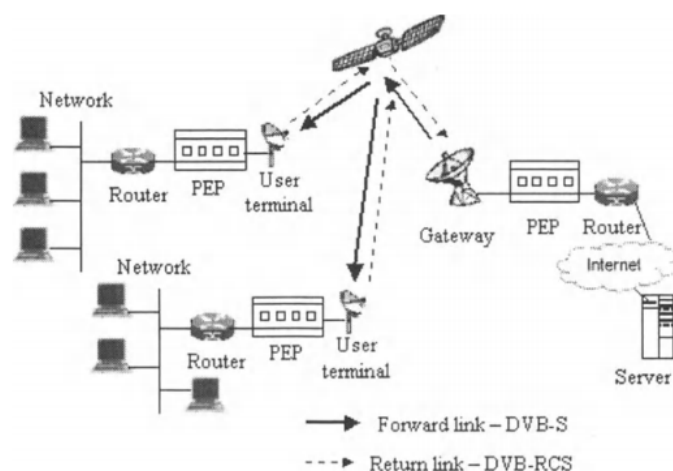
Poseban osvrt dat ćemo na satelitsku distribuciju sadržaja.



Slika 1.1: Tipični satelitski lanac digitalne televizije [6]

Na slici 1.1 imamo prikaz jednog tipičnog satelitskog lanca koji nam pokazuje najveću prednost satelitskog prenosa, a to je mogućnost pokrivanja ogromne površine signalom. Vidimo da se sadržaj prenosi od njegovog kreatora, preko satelita pa sve do krajnjih korisnika. Moguće je i prenijeti signal do neke zemaljske stanice koja onda kablovskim putem taj sadržaj isporučuje krajnjim korisnicima. Upravo to i jeste bio cilj prvog standarda, isporučiti kvalitetan televizijski sadržaj, uz zvuk i podatkovni saobraćaj u određenoj mjeri. Koristila se QPSK modulacija, zaštitno kodiranje je bilo kombinacija konvolucijskog i *Reed – Solomon* kodiranja, te su svi servisi isporučivani putem jednog nosača, na principu TDM multipleksiranja. Korišten je MPEG-2 koder koji je tada zadovoljavao zahtjeve postavljene pred njega. Međutim, sa razvojem DVB – S2 standarda, dolazimo do mogućnosti slanja bilo kakvog ulaznog *stream*-a podataka, jednog ili više MPEG transportnih stream-ova, te IP i ATM paketa. Koriste se modulacije višeg reda (do 32 APSK), te MPEG-4 kodek za audio i video kodiranje čime su ostvarena značajna poboljšanja u odnosu na prethodnu verziju standarda [7] [8].

Na slici 1.2 imamo prikaz DVB-RCS sistema. U njemu, na radiodifuznoj stanici, na *forward* linku, korisnički podaci se iz zemaljskih mreža multipleksiraju sa digitalnim televizijskim kanalima i emitiraju preko satelita u MPEG paketima. DVB-RCS terminal krajnjih korisnika može primati i emitirati podatke i filtrirati podatke poslane na određeni terminal. Korisnički zahtjevi za pronalaženje podataka ili komunikaciju se šalju preko satelita do DVB-RCS *gateway*-a. Arhitektura sa *gateway*-om i terminalom je trenutno implementirana u DVB-RCS sistemima i IP preko satelita. *Performance Enhancement Proxies* (PEPs) će biti korišteni za poboljšanje TCP propusnosti preko satelita za pristup internetu.



Slika 1.2: Tipična arhitektura korištena za DVB-S i DVB-RCS [9]

Satelitske komunikacije igraju značajnu ulogu u pružanju pristupa internetu kroz hibridnu satelitsko/zemaljsku i dvosmjernu IP mrežnu infrastrukturu. Da bi postigli visoke brzine i globalnu pokrivenost, ključno je pružanje kvalitete usluge - QoS.

Kako većina globalnih i regionalnih satelitskih mreža predlažu korištenje TCP/IP za podržavanje multimedijalnih aplikacija, **kašnjenje** je prvi od QoS parametara koji je ključno razmotriti. Kod TCP protokola, brzina slanja podataka direktno ovisi od povratnih informacija od primaoca, te veliko kašnjenje u povratku uzrokuje još veće kašnjenje u prijemu novih podataka na prijemnoj strani, što je neprihvatljivo za interaktivne audio i video aplikacije.

Jitter (varijabilnost kašnjenja) je drugi parametar od značaja. TCP zbog velike vrijednosti varijacije kašnjenja ne vrši dobre procjene RTT-a, te se prekasno (ili prerano) uspostavlja ponovni tok kada je to potrebno. Visok *jitter* degradira performanse kod interaktivnih aplikacija, što se može ispraviti jedino povećanjem reda za reprodukciju na prijemu.

Propusnost predstavlja maksimalnu brzinu ostvarivu s kraja na kraj, te nije ograničena samo fizičkim karakteristikama linkova između dvije tačke nego i brojem tokova koji ih koriste.

Gubitak paketa je jedan od parametara koji utiče na brzinu slanja podataka iz razloga što TCP ne razlikuje pogrešno primljene i izgubljene pakete te njihov gubitak uzrokuje isto ponašanje kod pošiljaoca, to jeste smanjenje brzine slanja.

Pouzdanost sistema predstavlja dostupnost mreže koja ovisi o raznim vanjskim uticajima kao što je kiša. U satelitskim mrežama dostupnost ovisi o frekvencijskom opsegu u kojem se vrši prenos, nivou snage, veličini antene i saobraćaju za pruženu uslugu. Kako bi ostvarili željeni nivo QoS-a potrebno je koristiti određene QoS modele implementirane na mrežnoj opremi. Posmatraćemo interaktivni IP preko satelita koji koristi DVB-S na *forward* kanalu, te DVB-RCS na *return* kanalu. DVB-RCS standard pruža razne alokacijske strategije za alociranje opsega, te uz pomoć algoritama za dinamičku alokaciju i raspoređivačkih mehanizama pruža korisnički QoS. DVB-S specifikacija se koristi na fizičkom sloju i pretpostavlja da *gateway* pruža QoS klasifikacijom, markiranjem i raspoređivanjem saobraćaja, dok korisnički terminal šalje zahtjeve za alokaciju opsega,

ovisno o aplikaciji koja koristi povratni link. Najčešće korišten model jeste *DiffServ*, te se na korisničkim terminalima vrši mapiranje između *DiffServ* PHB i DVB-RCS kategorija kapaciteta, kako bi se moglo izvršiti računanje zahtjeva za kapacitetom.

Expedited Forwarding (EF) PHB zahtjeva garanciju opsega i tipično se koristi za usluge koje zahtjevaju niske gubitke, malo kašnjenje i mali *jitter*. *Assured Forwarding* (AF) PHB takođe zahtjeva garanciju za opseg ali nema ograničenja za kašnjenje i *jitter* te ovaj saobraćaj može biti *burst* tipa. *Default* (DE) PHB nema nikakvih ograničenja.

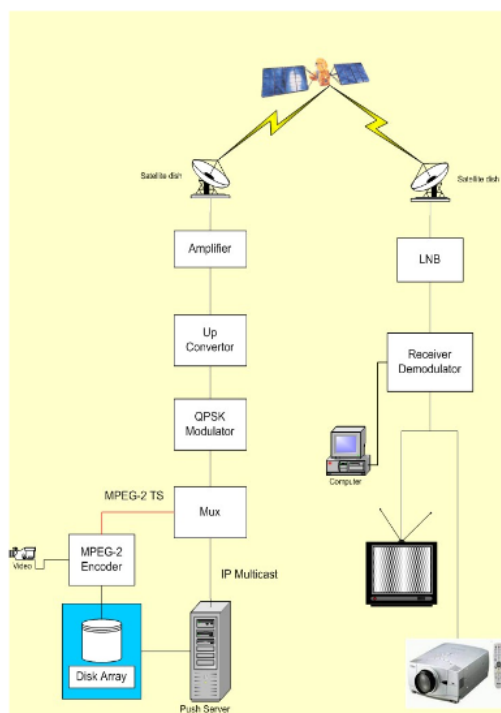
Još jedan QoS parametar jeste **sigurnost**, koja se može postići na dva načina i to:

- DVB uobičajenim skremliranjem
- Skremliranje individualnih korisnika na *forward* i *return* linku [10].

1.1.2. Način rada, prednosti i nedostaci DVB i DVB-Sx

Kako radi DVB-S?

Broadcasting u realnom vremenu se realizuje uz pomoć DVB-S standarda. Video signal sa video kamere je digitaliziran prema MPEG-2 standardu i izazni signal ima brzinu najčešće u opsegu 3-10 Mbps. Ovakav digitalni signal se vodi na multiplexer, koji ima mogućnost da enkapsulira IP pakete i omogući prenos multipleksiranog saobraćaja, bilo da je to televizija ili IP. Ovakav tok se tada vodi na QPSK modulator koji kreira frekvencijski signal na 70 MHz. Dakle, signal se konvertuje na višu frekvenciju, pojačava se te se šalje na satelit [11].



Slika 1.3: Način rada DVB-S sistema [11]

Na satelitu se signal konvertuje nazad u 12 GHz frekvencijski opseg, ponovo se pojačava i retransmituje nazad prema zemlji. Prijemni sistem kompresuje satelitski saobraćaj te ga šalje na LNA (*Low Noise Amplifier*) koji konvertuje signal u 1-2 GHz opseg.

Kod prenosa u realnom vremenu, signal se vodi na demodulator-demultiplekser, STB (*Set Top Box*) a od tamo u fazu reprodukcije, koja može biti televizor ili projektor u zavisnosti od želja korisnika [11]. Opisani postupak je prikazan na slici 1.3.

Prednosti i nedostatci DVB i DVB-Sx

Kada govorimo općenito o DVB sistemima, neke od prednosti ovih sistema navedene su u nastavku [12]:

- Zahtijeva manju predajnu snagu nego drugi sistemi;
- Omogućava mobilnost prijemnika (prijemnik ne mora biti statičan da bi se ostvario pouzdan prenos);
- Otporniji na interferencije, nego što je to slučaj sa analognim signalom;
- Omogućava regionalni i lokalni *broadcast*;
- Korisi analognu infrastrukturu zarad smanjenja cijene rješenja;
- Prijem signala je omogućen sa analognim antenskim sistemom;

Sa druge strane, fokus ovog rada je na DVB-S (satelitskim DVB sistemima), s toga ćemo razmotriti neke od prednosti i nedostataka DVB-S i DVB-RCS.

Iako DVB-S tehnologija zahtijeva skupe bazne stanice, u isto vrijeme, sa aspekta propusnog opsega, te visokih brzina po jedinici opsega (10Mbps), cijena i nije visoka. Sa druge strane, DVB-RCS tehnologija zahtijeva jeftine bazne stanice, košta više po jedinici opsega i ima manju brzinu (2Mbps).

Kada je u pitanju upotreba, DVB-S omogućava DVB (Digitalnu televiziju) i IP (Internet), dok DVB-RCS pruža samo IP usluge sa MPEG-4 video standardom. Ukoliko poredimo ove dvije tehnologije, može se reći da DVB-RCS bolje ispunjava potrebne korisnika, dok se DVB-S smatra pouzdanim rješenjem.

Noviji DVB-S standard je DVB-S2 standard. Za razliku od DVB-S sistema, on koristi BCH algoritam kodiranja umjesto *Reed Solomon* algoritma, što omogućava bolju ispravku grešaka, te koristi manju količinu podataka pri kodiranju u poređenju sa DVB-S sistemima. Pored navedenog, DVB-S2 koristi kompatibilnost unazad, što znači da se može koristiti i za prijem DVB-S signala. Obrnuto ne vrijedi. DVB-S2 povećava kapacitivnost kanala za 30% po jednom transporteru, što znači da DVB-S2 može poslužiti 30% više saobraćaja u jednoj sesiji. DVB-S2 sa MPEG-4 algoritmima za kompresiju može dostaviti *HDTV (High Definition TV Channels)* u istom opsegu sa *SDTV (Standard Definition TV Channels)* [13].

2. Modeliranje i SNS3 emulacijske tehnike

2.1. Modeliranje satelitskih DVB komunikacija

Glavni doprinos QoS arhitektura koja se koristi za DVB-S/RCS satelitske sisteme je na upravljanju *return* linkovima. Smatra se da *downlink* ne predstavlja usko grlo i da su klasične inženjerske tehnike dovoljne za upravljanje mrežom.

Da bi se postiglo optimalno iskorištavanje resursa *uplink* veze, moraju se implementirati najmanje tri funkcije za osiguranje QoS garancija [14]:

- Kontrola prijema QoS saobraćaja - vrši se prije nego što aplikacija pošalje svoj saobraćaj kako bi se provjerilo li mreža ima dovoljno resursa.
- Primjena QoS-a se sastoji od provjere da li saobraćaj poštuje svoje ugovore, tj. da ne koristi više resursa nego što je traženo. To se postiže tehnikama *shaping*-a i *policing*-a;
- Klasificiranje saobraćaja - svaka klasa pruža različito ponašanje prilagođeno određenoj usluzi. Ovaj zadatak je složen i treba dinamično upravljanje tokom trajanja veza te se mora izvoditi na dva sloja: DVB-RCS i IP sloju.

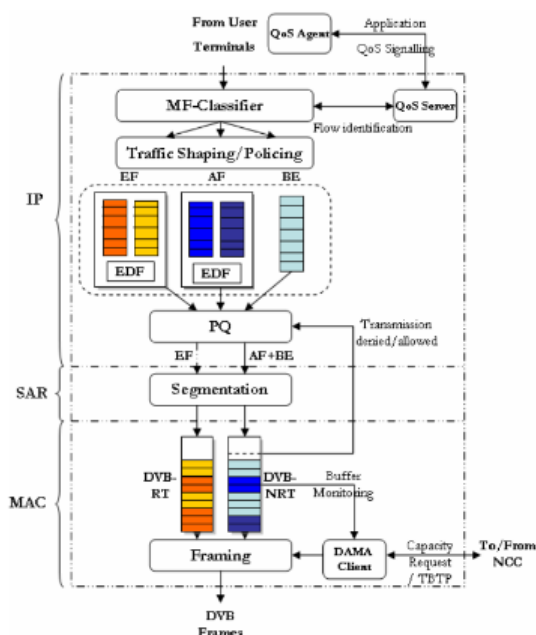
QoS upravljanje, u *Cross-layer* arhitekturi, podijeljeno je na tri nivoa [14]:

Resursi satelitskih terminala: Srednji nivo kontrole pristupa, gdje DVB-RCS DAMA fiksno definira propusni opseg za aplikacije u stvarnom vremenu.

- *Klasa servisa resursa* : Specifični modul na nivou IP-a implementira sistem upravljanja redom s ciljem pružanja diferencirane usluge s obzirom na tri klase usluge. Smatra se da ove klase usluga iskorištavaju mogućnosti koje nude QoS mogućnosti na MAC sloju.

- *Resursi korisničkog nivoa*: Ovaj se nivo odnosi na procenat resursa prethodnih usluga između različitih korisnika. Korisnik može klasificirati vlastite tokove u bilo kojoj dostupnoj usluzi putem namjenskog agenta (QoS agenta) koji komunicira s QoS poslužiteljem radi isporuke klasifikacije. Cilj je iskoristiti mogućnosti koje pružaju IP QoS.

Pregled ove QoS arhitekture dat je na slici 2.1.



Slika 2.1: QoS arhitektura [14]

QoS na MAC sloju

Upravljanje QoS-om na MAC sloju ima za cilj optimalno dijeljenje globalnih resursa uplinka između STS-a na optimalan način. Stoga, MAC sloj mora biti sposoban da pruži stroga osiguranja u pogledu kašnjenja i *jitter*-a te da sačuva resurse prilagodbom njihovog raspoređivanja u efektivno opterećenje ST-a [14].

Unutar sloja ST MAC, saobraćaj se podijeli u 2 klase usluge (CoS). DVB-RT za *real time* uslugu i DVB-NRT za *non real time* uslugu, koji su povezani s dva različita stalna virtualna kanala za ATM (PVC). Jedna (DVB-RT) koristi se od dodjele statičkih resursa kroz CRA; dok (DVB-NRT) se oslanja na dinamičku shemu raspodjele resursa koja se također naziva i algoritam BoD-a [14].

Real time queue: CRA se sastoji u fiksnom kapacitetu koji je postavljen na prijavu za ST i ne podliježe ponovnom pregovaranju za vrijeme trajanja ST veze. Svaki super-okvir sadrži jedan ili više slopova dodijeljenih ovoj vezi. Ova rezervirana statička brzina u cijelosti je posvećena DVB-RT saobraćaju, jer njegovi visoki zahtjevi osjetljivi na kašnjenje teško podnose fluktuacije propusnosti.

- *Non real time queue:* Kategorija zahtjeva zadržana za DVB-NRT saobraćajnu klasu su VBDC i FCA. MAC *scheduler* saobraćaja s kašnjenjem i *jitter*-om dovodi do DAMA kontrolera koji izračunava odgovarajući dinamički volumen za NCC. Ti se zahtjevi šalju izvan opsega, a ne u dodjeljenim *slotovima* saobraćaja, ali signaliziraju se u svakom SYNC *slot-u* koje NCC periodično emitira.

Čim aplikacija proizvede podatke, trebao bi biti dostupan besplatan *slot* u sljedećem *super-okviru* za slanje. Međutim, raspoređivanje s protokolom DAMA traje najmanje 600 ms (*Minimum Latency Scheduling - MSL*). Kako bi se smanjio njegov utjecaj na kašnjenje, predviđaju se potrebe aplikacije za praćenje dužine reda DVB-NRT [15]. Uz VBDC zahtjeve, MAC sloj u NCC-u distribuira dodatne kapacitete prijavljenim ST-ima, ako mreža nije zagušena. Ova posljednja kategorija kapaciteta (FCA) poboljšava performanse

ST posebno u uvjetima slabog opterećenja, sprečavajući ST da čeka barem MSL kako bi mogao emitirati.

QoS na IP sloju

Da bi se postigla potpuna kontrola saobraćaja, klasifikator razdvaja IP saobraćaj u 3 kategorije:

- *real time*: takav IP saobraćaj treba osigurati minimalnu širinu pojasa, gornju granicu kašnjenja u redu čekanja, srednju odgodu čekanja od nekoliko desetina ms.

- *Non-real-time*: takav IP saobraćaj treba osigurati minimalnu širinu pojasa, prosječno kašnjenje u čekanju od nekoliko stotina ms.

- *Best-Effort*: svi IP paketi koji nisu prepoznati kao da pripadaju određenom IP saobraćaju tretiraju se bez ikakve garancije na širinu pojasa ili kašnjenje.

Cilj je provoditi ograničenja za navedene kategorije saobraćaja, te maksimizirati korištenje raspoloživih vremenski različitih kapaciteta. Kada je u pitanju *Best Effort* saobraćaj, on zadržava tradicionalnu uslugu koju nudi Internet prema zadanim postavkama bez ikakvih posebnih QoS mjera. Sa druge strane *Real time* saobraćaj uključuje osiguranu *IntServ* uslugu i *DiffServ EF PHB*, dok *Non-real time* saobraćaj uključuje *IntServ* uslugu i *DiffServ AF PHB* [16].

QoS na aplikativnom sloju

EF saobraćaj uključuje brojne aplikacije *real time* saobraćaja sa strogim zahtjevima za vremenskim i propusnim opsezima kao što su telefonija ili video konferencije. IP signalizacija koja ima vrlo stroge zahtjeve kašnjenja, ali koja se odlikuje malom brzinom prijenosa podataka treba koristiti i ovu klasu usluga. AF promet trebao bi uključivati brojne tradicionalne internetske aplikacije koje će se usluživati uz zadovoljavajući nivo usluge i koje se koriste preko TCP-a. Uključuju telnet, HTTP, SMTP, FTP.

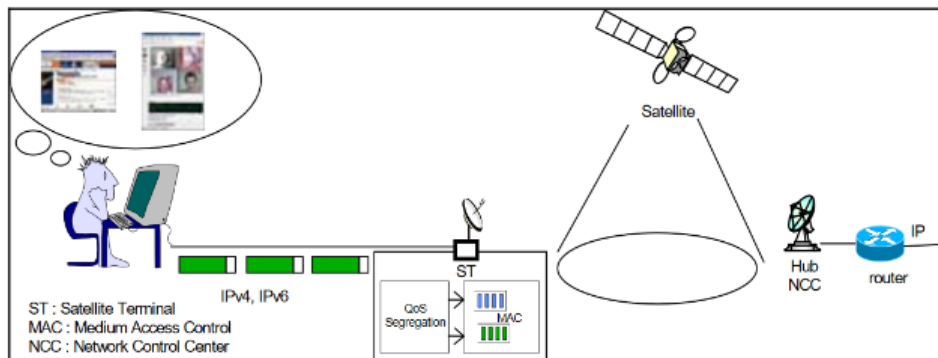
Takve aplikacije mogu se razlikovati u pogledu zahtjeva za širinom pojasa i kašnjenja. To znači da se aplikacijama poput telnet-a ili HTTP-a treba osigurati malo kašnjenje, iako s ograničenom propusnošću. Klasa BE dizajnirana je za upravljanje saobraćajem za koji nije prepoznato da pripada određenom korisniku koji ima pravo na bolji QoS ili za aplikacije bez posebnog zahtjeva kašnjenja ili propusnosti. SMTP ili FTP trebaju pripadati ovoj klasi.

QoS signalizacija

Veza između aplikacija i QoS arhitekture je QoS signalizacija. QoS signalizacija omogućava kvalitetu usluge određenim aplikacijama te mogućnost pružanja određenih QoS usluga. Pružatelj QoS usluga je ST. Aplikacija koja želi iskoristiti određenu IP QoS uslugu (EF, AF, BE) mora konfigurirati satelitski terminal da bi preusmjerila svoj paket na odgovarajući red čekanja. Klasičan pristup sastoji se u statičkom konfiguriranju ST-a za pridruživanje posebnog porta posebnoj usluzi. Ovaj zadatak obično vrši mrežni administrator, međutim, ovaj pristup nije namijenjen za novije aplikacije koje nemaju fiksni port, kao što je VoIP [17].

Zbog navedenog problema, predložen je općenitiji korisnički orijentisan pristup. ST se može prilagoditi na zahtjev korisnika. Naime, postoji namjenski *software*, QoS agent, koji pridružuje aktivnu aplikaciju jednoj od tri definisane usluge i te šalje tu informaciju u ST.

Vrši se dinamičko nadziranje aplikacijske veze i slanje petorke prema ST-u: <izvorna IP adresa, destinacijska IP adresa, izvorni port, destinacijski port, vrsta protokola>. Prema navedenim poljima svaki dolazni paket se preusmjerava u redove čekanja [17].



Slika 2.2: QoS princip signalizacije [14]

2.2. SNS3 emulacijske tehnike

Za emulacijske tehnike koristi se Gigabitni Ethernet koji oponaša emulaciju satelitskog nosača, a odabran je zbog svojih sposobnosti emitovanja te visokih propusnosti kapaciteta. Pri tome je svaki satelitski kanal mapiran je na jednoj Ethernet višestrukoj adresi.

Emulator satelitske veze (SLE) simulira karakteristike satelitske veze u smislu kašnjenja i distribucije te BER-a (raspodjela frekvencije grešaka, raspodjela dužine praga greške), dobivene prema unaprijed izračunatoj distribuciji i na temelju stvarnih mjerenja. Svaki kanal predstavlja emulator veze kako bi u stvarnom vremenu simulirao efekte dvosmjerne satelitske veze. Paketi poslani iz ST u SLE kasne i podliježu nizu grešaka na slučajnim pozicijama prije nego što se prosljede na emulirani *downlink* [18].

Network Control Center (NCC) je jezgra upravljanja satelitskom mrežom. Bavi se raspodjelom radio resursa za ST-ove prema njihovom pretplatničkom profilu i dostupnom satelitskom resursu. Svakako implementira DAMA kontroler, ali također nudi i protokol odlučivanja adrese za mapiranje IP adresa preko temeljnih protokola i QoS mehanizma za prijam [18].

Satelitski terminali (ST) se temelje na Linux sistemima. Oni djeluju kao usmjerivači pristupa koji povezuju LAN putem internetskih usluga preko satelitske veze. Predložena QoS arhitektura nalazi se uglavnom u terminalima. Tačnost implementacije ST-a bliska je prototipskoj verziji i čini emulaciju vrlo realnom, ali i kritičnom za njezinu konfiguraciju [18].

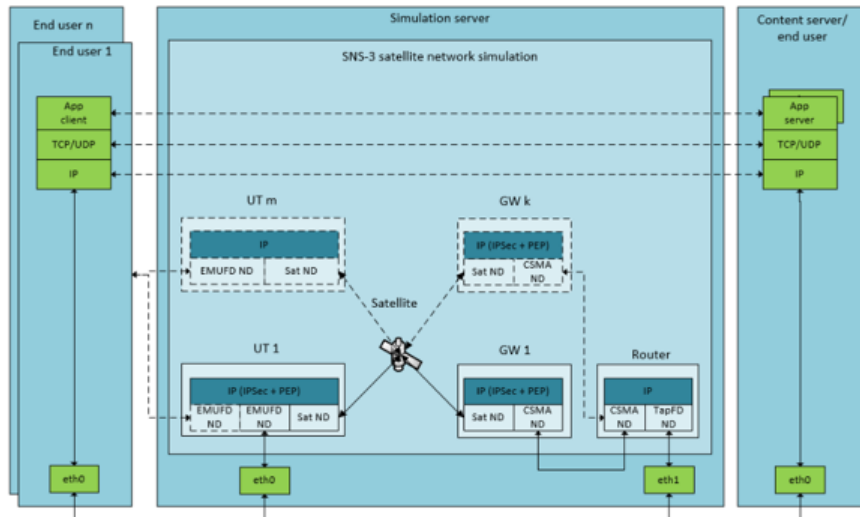
2.2.1. Postupak SNS3 emulacije

Koristi se poseban mrežni sloj do interfejsa uređaja za povezivanje simulatora s mrežnim interfejsima računara. To je jedno od obilježja NS-3 i kompatibilno je sa stvarnim mrežnim protokolima kao što je IP. Spajanje simulacije i stvarnog svijeta vrši se instaliranjem dodatnog mrežnog uređaja deskriptora (*FD*) (*FdNetDevice*) u simulirani NS-3 čvor. *FdNetDevice* može komunicirati s vanjskim uređajem pomoću *FD*-a koji je definiran. *FD* se može povezati sa fizičkim mrežnim uređajem ili *TAP* uređajem na *host* računaru.

NS-3 trenutno podržava dvije vrste *FdNetDevice* [18]:

- *TAP FdNetDevice*, koji stvara virtuelni mrežni interfejs takta na *host* računaru na početku NS-3 simulacije. Ovaj pristup je pogodan za scenarije s virtualnim krajnjim čvorovima koji se izvode na istom hostu kao i NS-3. U tom slučaju će *TAP* uređaj biti povezan na Linux.
- *EMU FdNetDevice*, umjesto stvaranja dodatnog interfejsa, izravno se povezuje na fizički interfejs glavnog računara. Ovaj se pristup može koristiti u scenarijima u kojima se ne koristi virtualizacija.

Primjer ilustracije SNS3 u načinu emulacije u stvarnom vremenu prikazan je na slici 2.3. Scenarij se sastoji od 3 različita uređaja: krajnjeg korisnika, simulatora i poslužitelja usluga. Simulacijski poslužitelj pokreće SNS3 u jednom procesu s konfiguriranom parametrizacijom. Pomoću *EMU FdNetDevice*-a stvarni uređaji (krajnji korisnici) mogu se priključiti na bilo koji od simuliranih UT-ova, bez obzira na OS krajnjeg korisnika.



Slika 2.3: Primjer SNS3 emulacijske arhitekture [18]

Svaki UT mora biti povezan s jedinstvenim interfejsom simulacijskog poslužitelja. Broj UT-ova je ograničen na broj fizičkih interfejsa koje ima simulacijski poslužitelj [18].

Alternativno, može se koristiti *LXC* i *TAP FdNetDevice*, tj. integrirajući SNS3 s virtualiziranim *host*-om u simulacijskom poslužitelju. Glavna procesna nit NS-3 zauzima samo jednu obradu, što je vrlo neučinkovito kada se želi maksimizirati kapacitet. Postojeći interfejs za prolazak poruka (*MPI*) u NS-3 omogućava izvršavanje pojedinačne simulacije na više jezgara. Međutim, još uvijek postoje određeni izazovi i ograničenja.

Diskusija i zaključak

Cilj ovog rada bio je prije svega analizirati SNS3, odnosno njegove specifikacije DVB i DVB-S sa aspekta kvalitete usluge. Satelitske usluge prije svega omogućavaju pokrivenost velikih površina signalom, što je izrazito povoljno sa stanovišta korisnika.

Navedeni sistemi su problematični sa aspekta kašnjenja i *jittera*, kao i svi satelitski sistemi, zbog toga se posebna pažnja prilikom izrade treba posvetiti ovim parametrima. Sa aspekta propusnosti potrebno je koristiti određenje QoS modele implementirane u mrežnoj opremi. Također, razne alokacijske strategije, markiranje, raspoređivanje saobraćaja. Najčešće korišteni model je diferencijalna usluga *DiffServ* (EF ili AF) PHB.

Također, razmotren je i način rada DVB-S i DVB sistema, te prednosti i nedostaci ovih sistema. Osnovna prednosti DVB-S u odnosu na DVB sisteme su prenos *High Definition* TV kanala zajedno sa *Standard Definition* TV kanalima, korištenje MPEG-4 standarda za kompresiju informacija te *Reed Solomon* kodiranje i prenos više informacija u jednoj sesiji.

Razmotrene su i tehnike modeliranja QoS-a na različitim slojevima te SNS3 emulacijske tehnike. Pri tome se postupak emulacije vrši preko jednog od dva *FdNetDevice*-a, od kojih TAP stvara virtuelni mrežni interfejs na *host* računaru, dok se EMU izravno spaja sa računarom umjesto stvaranja dodatnog virtuelnog interfejsa.

U daljem radu na ovoj temi, bit će dat osvrt na simuliranje performansi navedenih sistema. Te koristeći simulacijske tehnike, bit će poređeni parametri kvaliteta usluge korištenjem SNS NS-3 modula za različite mrežne topologije, različit broj korisnika, različita mrežna opterećenja i različite vrste mrežnih aplikacija.

Popis slika

1.1	Tipični satelitski lanac digitalne televizije [6]	2
1.2	Tipična arhitektura korištena za DVB-S i DVB-RCS [9]	3
1.3	Način rada DVB-S sistema [11]	4
2.1	QoS arhitektura [14]	7
2.2	QoS princip signalizacije [14]	9
2.3	Primjer SNS3 emulacijske arhitekture [18]	10

Bibliografija

- [1] “SNS3 -Satellite Network Simulator-.” [Online]. Available: <http://satellite-ns3.com/>
- [2] “DVB -The global standard for digital television-.” [Online]. Available: <https://dvb.org/>
- [3] “All DVB Standards.” [Online]. Available: <https://www.headendinfo.com/digital-video-broadcasting/>
- [4] C. of the European Communities, “Digital Video Broadcasting - A Volume of Technical Papers Accompanying the Commission’s Communication,” 1993.
- [5] “Digital Video Broadcasting (DVB).” [Online]. Available: <https://searchmobilecomputing.techtarget.com/definition/Digital-Video-Broadcasting>
- [6] S. N. H. Leslie Rysdale, Paul de Bot, “Digital Video Broadcasting: Satellite Specifications,” *Philips Journal of Research*, vol. 50, 1996.
- [7] “Digital Video Broadcasting (DVB);Framing structure, channel coding and modulationfor 11/12 GHz satellite services.” [Online]. Available: https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/300400_300499/300421/01.01.02_60/en_300421v010102p.pdf
- [8] “Digital Video Broadcasting (DVB)Implementationguidelines for the second generation system forBroadcasting, Interactive Services, News Gathering and otherbroadband satellite applications; Part I(DVB-S2).” [Online]. Available: https://dvb.org/wp-content/uploads/2019/12/a171-1_s2_guide.pdf
- [9] P. L. Sastri L. Kota, Kaveh Pahlavan, “Broadband Satellite Communciations for Internet Access,” 2004.
- [10] ITU-T, “Recommendation E. 800, Terms and definitions related to quality of service and network performance including dependability,” 1994.
- [11] “IP over DVB-S.” [Online]. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/18d7/84866bf27ce98ec22de71a21fd0faa4e4dc2.pdf>
- [12] S. Gupta, “Digital Video Broadcasting (DVB): Architecture, Applications, benefits and Design,” *International Journal Of Core Engineering Management*, vol. 2, 2015.
- [13] “What is DVB-S and DVB-S2? What is the difference between DVB-S and DVB-S2?” [Online]. Available: <https://www.headendinfo.com/dvb-s-dvb-s2-dvbs-dvs2/>
- [14] P. B. Thierry Gayroud, “A QoS architecture for DVB-RCS next generation satellite networks,” 2007.
- [15] e. a. Pietrabissa, A., “Validation of a QoS Architecture for DVB/RCS Satellite Networks via a Demonstration Platform,” *Philips Journal of Research*, vol. 49/6,

2005.

- [16] R. J. H. et al., "Assured Forwarding PHB," 2002.
- [17] P. B. S. Combes, O. Alphand and T. Gayraud, "Satellite and Next Generation Networks: QoS Issues," 2006.
- [18] "Workshop on Simulation for European Space Programmes (SESP)." [Online]. Available: https://indico.esa.int/event/93/contributions/3557/attachments/2837/3294/1800_Puttonen.pdf