

UNIVERZITET U SARAJEVU
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET
ODSJEK ZA TELEKOMUNIKACIJE

Satellite Network Simulator 3

PROJEKTNII ZADATAK IZ PREDMETA KVALITETA USLUGE U TELEKOMUNIKACIJSKIM MREŽAMA
PRAKTIČNI DIO

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

Sarajevo, 2020. godina

Sadržaj

Sadržaj	i
1 Opis rješenja	1
2 Analiza QoS parametara	3
2.1 Parametri QoS-a za povećanje/reduciranje vjerovatnoće greške	3
2.2 Parametri QoS-a u zavisnosti od DAMA postavki	5
2.3 Parametri QoS-a za različite mrežne aplikacije	7
Diskusija i zaključak	10
Popis slika	11
Literatura	12

1. Opis rješenja

Opis problema

Početak 2012 godine, *Europska Svemirska Agencija (ESA)* je financirala razvoj satelitskog simulacijskog modela za *Digital Video Broadcasting (DVB)* komunikacije. Cilj praktičnog dijela ovog projektnog zadatka je izvršiti testiranje simulacijskog modela satelitskih komunikacija. DVB predstavlja grupu standarda koji emituju digitalne medije putem postojeće infrastrukture. 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.[1].

Analiza načina realizacije modela u NS-3

Sa ciljem analiziranja performansi SNS 3 (*Satellite Network Simulator 3*) u NS-3 okruženju razmatrane su tri skripte. Analiziran je model sa aspekta kvalitete usluge za uticaj povećanja/reduciranja vjerovatnoće greške, koristeći skriptu *Sat-cbr-full-example.cc*, zatim DAMA postavke *sat-dama-sim-tn9.cc*, te *multi-application-fwd* i *multi-application-rtn*.

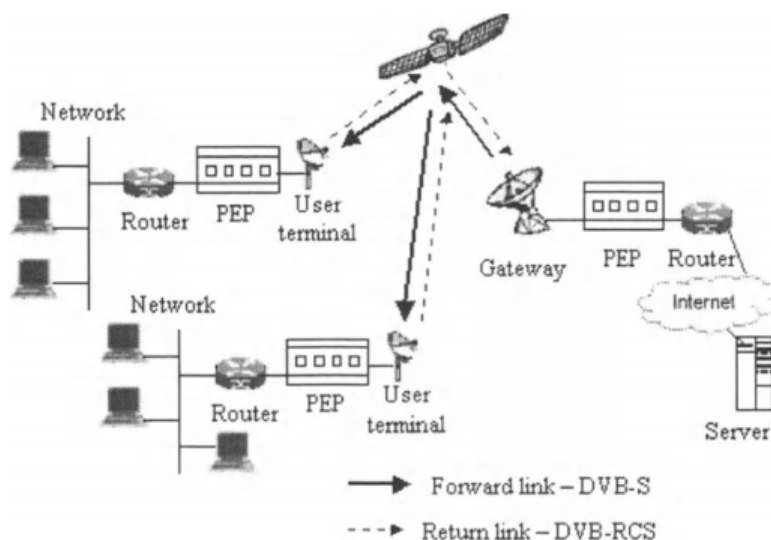
Prije svega analiziran je uticaj povećanja/reduciranja vjerovatnoće greške, koristeći skriptu *Sat-cbr-full-example.cc*. Za *default*-ne vrijednosti su postavljeni 3 krajnja korisnika po terminalu, 3 terminala po snopu, veličina paketa 128 B, trajanje simulacije od 10s i interval za slanje jednog paketa, 1s. Pored navedenih parametara statička vjerovatnoća greške je postavljena na 0.2. Prilikom simulacije, mijenjana je veličina paketa, te statička vjerovatnoća greške i prikazani su QoS parametri u zavisnosti od ovih veličina.

Dalje su analizirane DAMA postavke, koristeći *sat-dama-sim-tn9.cc*. SNS 3 koristi **Demand Assigned Multiple Access (DAMA)**. DAMA predstavlja tehnologiju koja se koristi za dodjelu kanala klijentima koji nemaju potrebu za konstantnim korištenjem tih kanala. DAMA sistemi dodjeljuju komunikacijske kanale na osnovu korisničkih terminala. Kada se kanali prestanu koristiti, oslobađaju se resursi i moguće ih je dodijeliti nekom drugom korisniku. Tipično, kanali predstavljaju par nosećih frekvencija (jedna za predaju, druga za prenos). Jednom kada se kanal alocira određenom paru čvorova, nije dostupan drugim dok se navedena sesija ne završi [2].

DAMA postavke su analizirane kroz skriptu *sat-dama-sim-tn9.cc*. Za *default*-ne vrijednosti su postavljeni *beamId* 18, 1 korisnik po terminalu, paketi veličine 1280 B, te 220 terminala po snopu (što je prema NCC-2 80% opterećenja). NCC-2 se koristi za suzbijanje interferencije prilikom prijema na dugim, srednjim i kratkim valovima. Ovo se postiže faznom kompenzacijom signala na dvije antene [3]. U ovom slučaju, analiziran je protok i kašnjenje u zavisnosti od broja krajnjih korisnika po terminalu, te u zavisnosti od broja terminala po snopu.

Analizirajući skripte *multi-application-fwd* i *multi-application-rtn* ispitali smo uticaj broja korisnika po terminalu, broj terminala, broj snopova, te veličine paketa i vjerojatnoće upotrebe određene aplikacije, u multiaplikacijskom okruženju. *Default*-ne vrijednosti su postavljene na 3 korisnika po terminalu, 3 terminala po snopu, 50% vjerojatnoća krajnji korisnici koriste CBR aplikacije, odnosno *On Off* aplikacije. Posmatrani su kašnjenje i protok, te kroz dobivene grafove izvedeni su dodatni zaključci.

2. Analiza QoS parametara



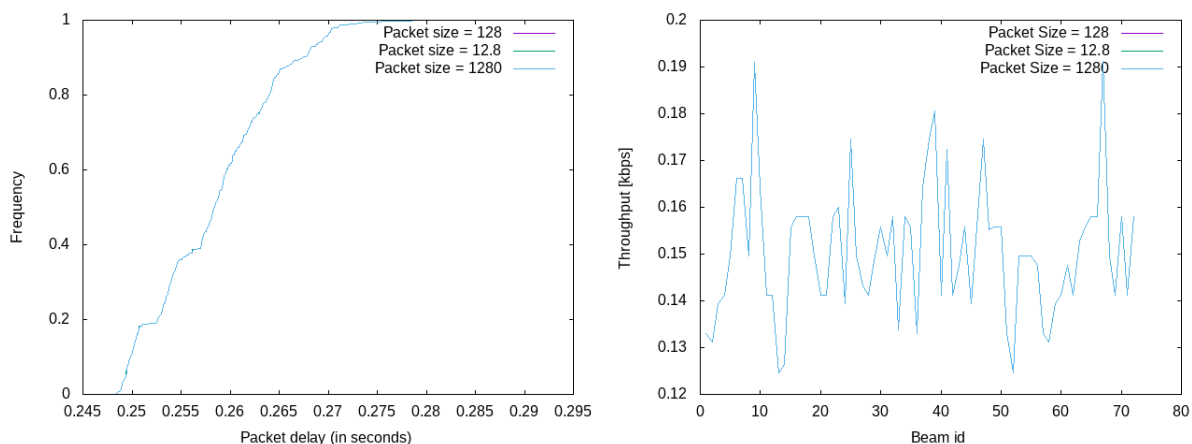
Slika 2.1: Arhitektura sistema [4]

Na sici 2.1 prikazana je arhitektura DVB sistema, za koji su razmatrani QoS parametri.

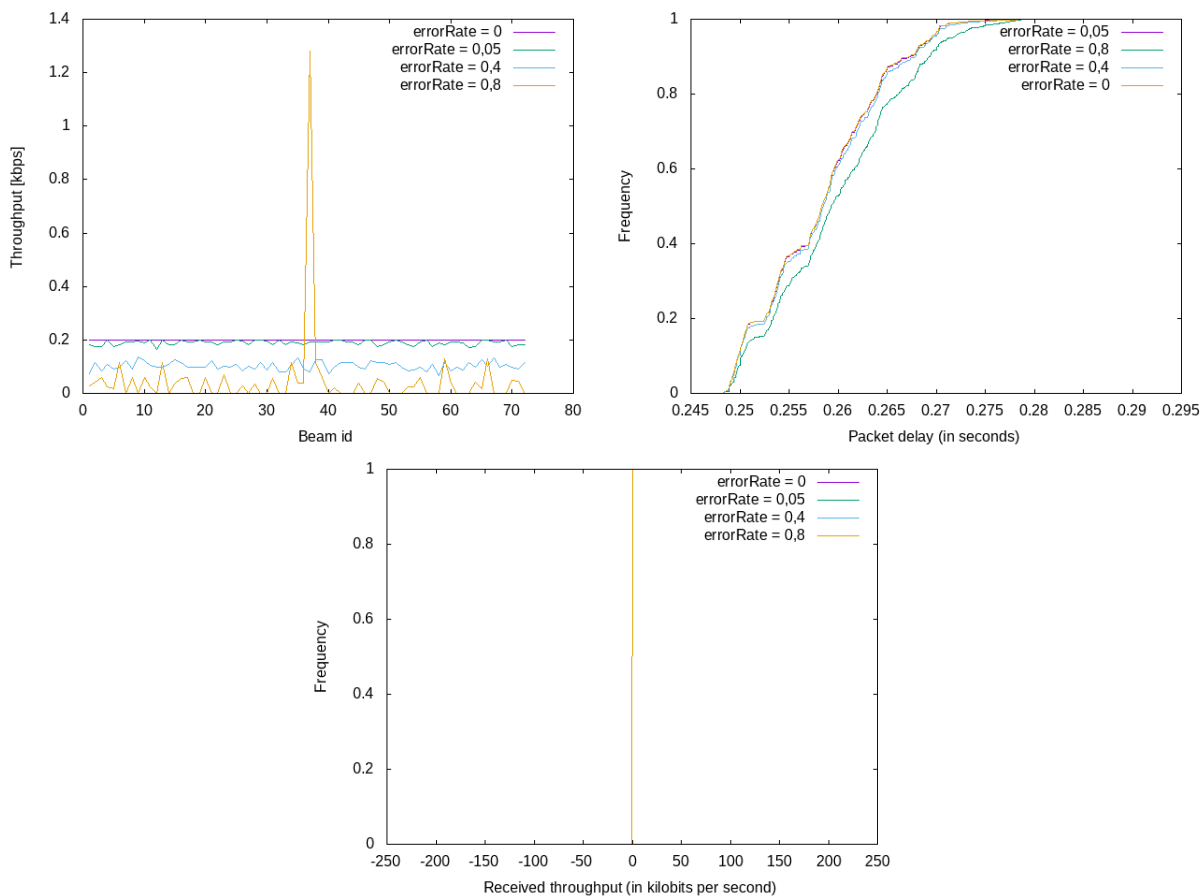
2.1. Parametri QoS-a za povećanje/reduciranje vjero- vatnoće greške

U ovom dijelu smo ispitali uticaj vjerojatnoće pogrešnog prenosa i veličine paketa. Za navedene parametre posmatrali smo kašnjenje i protok, te su izvučeni zaključci u nastavku.

Prije svega ispitan je uticaj veličine paketa koji se prenose na kašnjenje i protok. Sa slike 2.2 jasno se vidi da veličina paketa ne utiče na razmatrane QoS performanse, jer se za pakete od 12.8, 128 i 1280 B dobiju isti rezultati.



Slika 2.2: Kašnjenje i propusnost u zavisnosti od veličine paketa



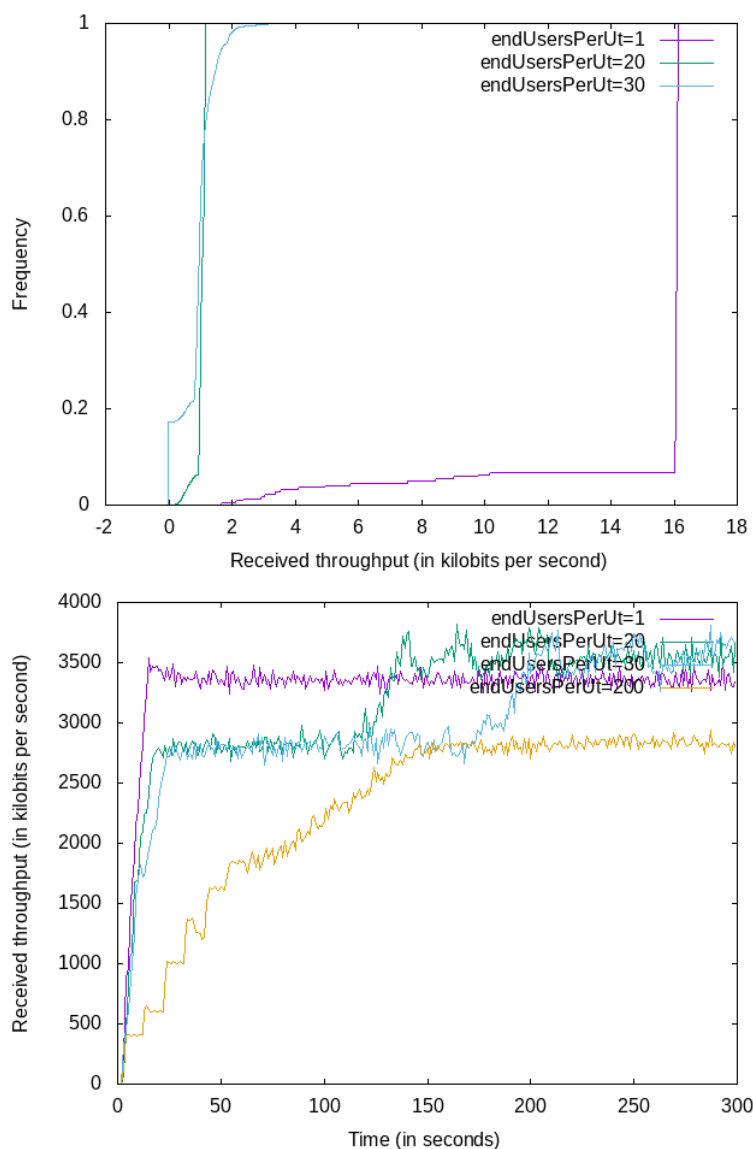
Slika 2.3: Kašnjenje i propusnost u zavisnosti od vjerojatnoće greške

Slika 2.3 prikazuje ponašanje propusnosti i kašnjenja kada su u pitanju različite vjerojatnoće pogrešnog prenosa. Tako ukoliko razmatramo protok vidimo da ima vrijednost 0 kbps ukoliko je vjerojatnoća greške 0.8. Za ostale vrijednosti vjerojatnoće greške je gotovo konstantan. Kada govorimo o kašnjenju za $errorRate = 0, 0.05, 0.4$ i 0.8 dobiju se približno jednake vrijednosti kašnjenja.

2.2. Parametri QoS-a u zavisnosti od DAMA postavki

U ovom dijelu smo ispitali uticaj parametara kao što su broj krajnjih korisnika po terminalu, broj terminala, broj snopova. Za navedene parametre posmatrali smo kašnjenje i protok, te su izvučeni zaključci u nastavku.

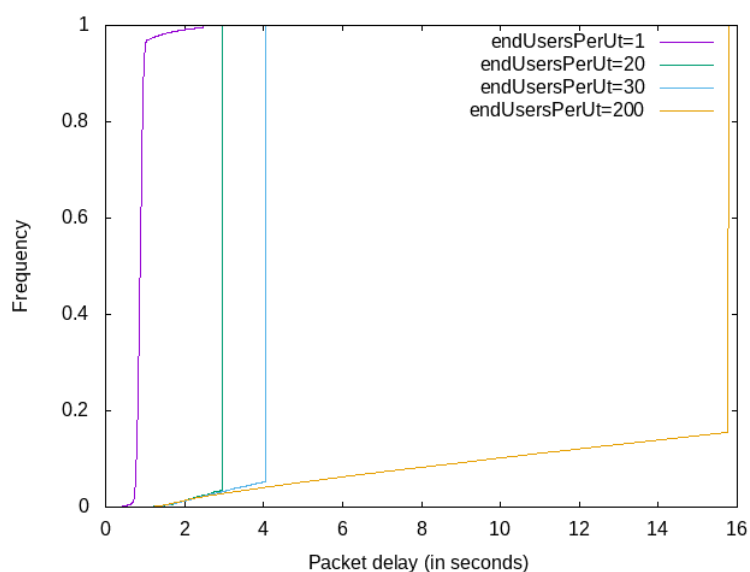
Na sljedećim slikama prikazan je protok u zavisnosti od vremena te od frekvencije, za različit broj krajnjih korisnika po terminalu.



Slika 2.4: Protok u zavisnosti od broja korisnika

Broj korisnika je mijenjan redom 1,20,30,200. Primijetno je da za jednog korisnika, i na jednom i na drugom grafiku, propusnost visoka i ostaje na tom nivou uz male oscilacije, te iznosi 3500 kbps. Sa druge strane, za slučaj 200 korisnika, ona se postepeno povećava te doseže maksimum nakon 150 sekundi i iznosi 2500 kbps.

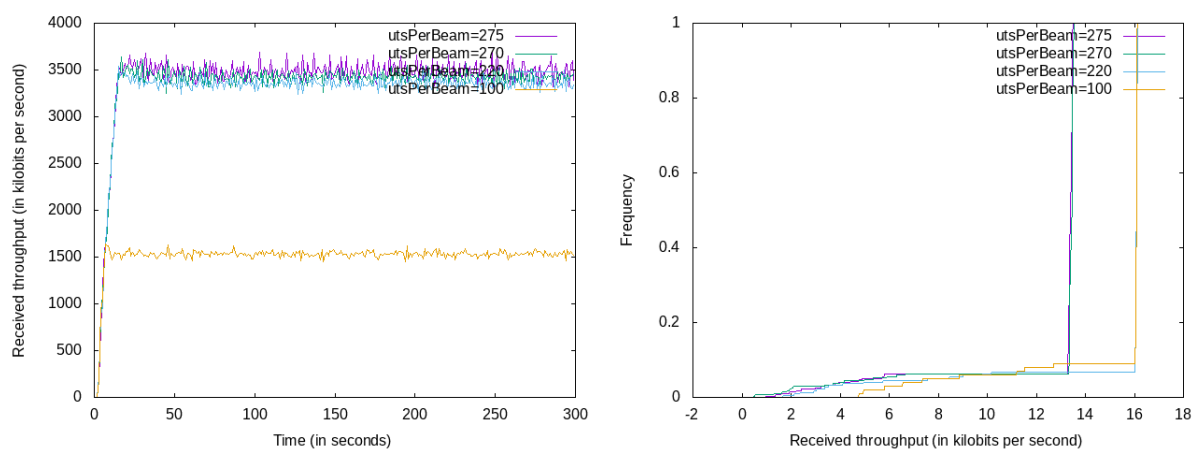
Na slici 2.5 kao i prethodno broj korisnika je mijenjan redom 1,20,30,200. Sukladno sa očekivanjima, najveće kašnjenje se postiže za 200 korisnika po terminalu i vidno je da dolazi do zagušenja i neiskoristivosti sistema. Za 30 korisnika po terminalu, kašnjenje je



Slika 2.5: Kašnjenje u zavisnosti od broja korisnika

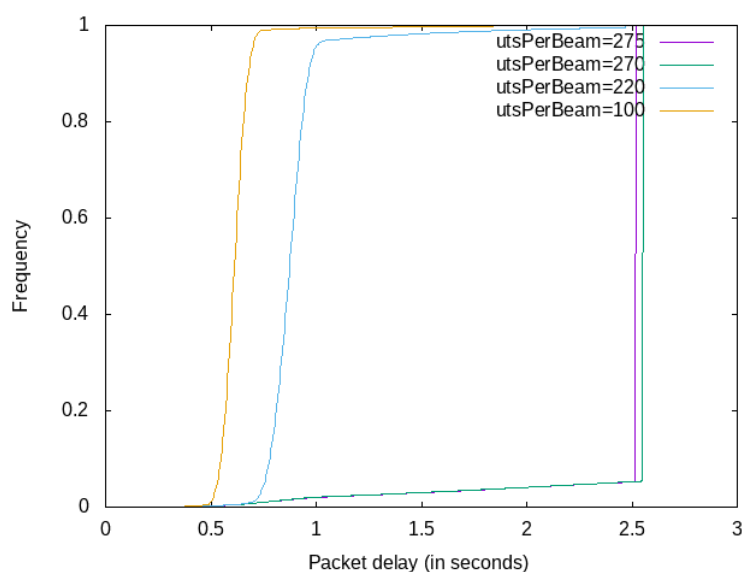
dosta manje ali opet znatno izraženo, 4 sekunde, dok je za jednog korisnika kašnjenje jako malo.

Dalje, posmatramo iste parametre samo sada u zavisnosti od broja terminala po snopu.



Slika 2.6: Protok u zavisnosti od broja terminala po snopu

Sa slike 2.6 vidljivo je da je za 100 terminala protok najniži i znatno odudara od ostalih vrijednosti za 220, 270, 275 terminala koji imaju približno istu vrijednost protoka, 3500 kbps. Posmatrajući kašnjenje prikazano na slici 2.7, za isti broj terminala kao i u prethodnom slučaju, možemo reći da su dobiveni rezultati očekivani. Dakle, najmanje kašnjenje je postignuto sa najmanjim brojem terminala po snopu, za 275 terminala kašnjenje je najveće.



Slika 2.7: Kašnjenje u zavisnosti od broja terminala po snopu

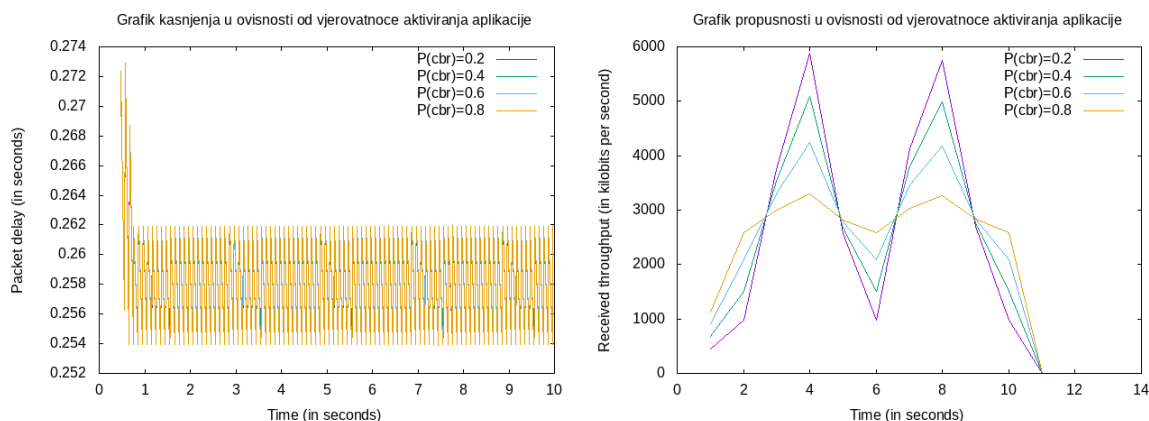
2.3. Parametri QoS-a za različite mrežne aplikacije

U ovom dijelu smo ispitali uticaj parametara kao što su broj korisnika, broj terminala, broj snopova, te veličine paketa i vjerovatnoće upotrebe određene aplikacije, u multi-aplikacijskom okruženju. Posmatrali smo odlazni i povratni link, te uticaj pobrojanih karakteristika sistema na QoS parametre. Posmatrali smo kašnjenje i protok (globalni, to jeste prosjek na svim tokovima), te smo kroz dobijeni grafike izvukli dodatne zaključke. Korištene su dvije aplikacije: *constant bit rate* - *CBR* i *On-Off* aplikacije, koje imaju bitno različite efekte i ponašanje. Dok jedna pravi konstantan *stream* podataka, stvarajući opterećenje na mrežu, druga povremeno šalje podatke. Vjerovatnoća pojavljivanja CBR predstavlja udio CBR aplikacija u ukupnom broju aplikacija. Ukupni broj aplikacija je bio:

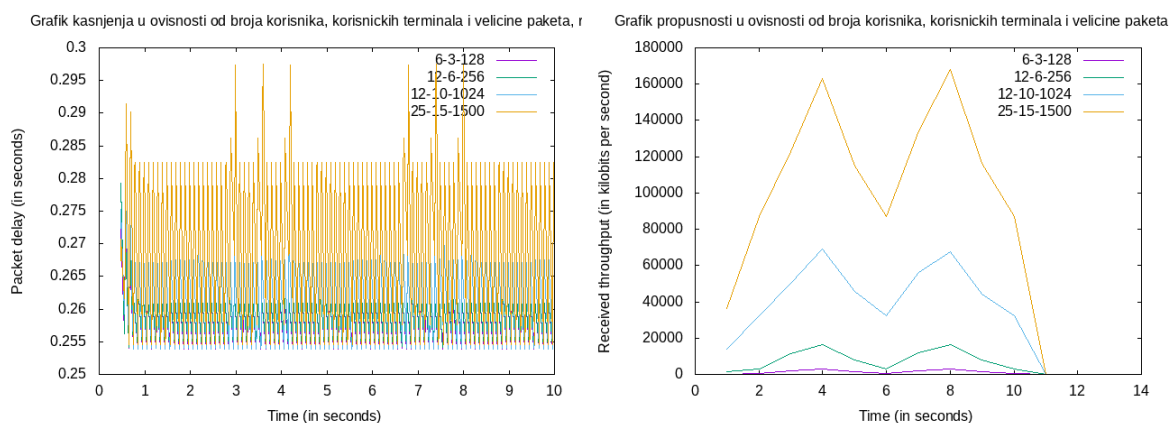
$(\text{broj korisnika}) * (\text{broj terminala}) * (\text{broj snopova})$

što je za prvi slučaj bilo $3 * 6 * 4 = 72$. *Forward link* podrazumijeva link od *gateway*-a do korisničkog terminala, dok je *return link* u suprotnom smjeru.

Na slici 2.8 vidimo povećanje varijacije kašnjenja sa povećanjem udjela CBR aplikacija. Takođe, kontraintuitivno, sa povećanjem vjerovatnoće CBR aplikacija, smanjuje se ukupna propusnost u mreži, tj. količina prenesenih podataka, iz razloga što navedeno stvara opterećenje na *gateway*-ima i *transponder*-ima.

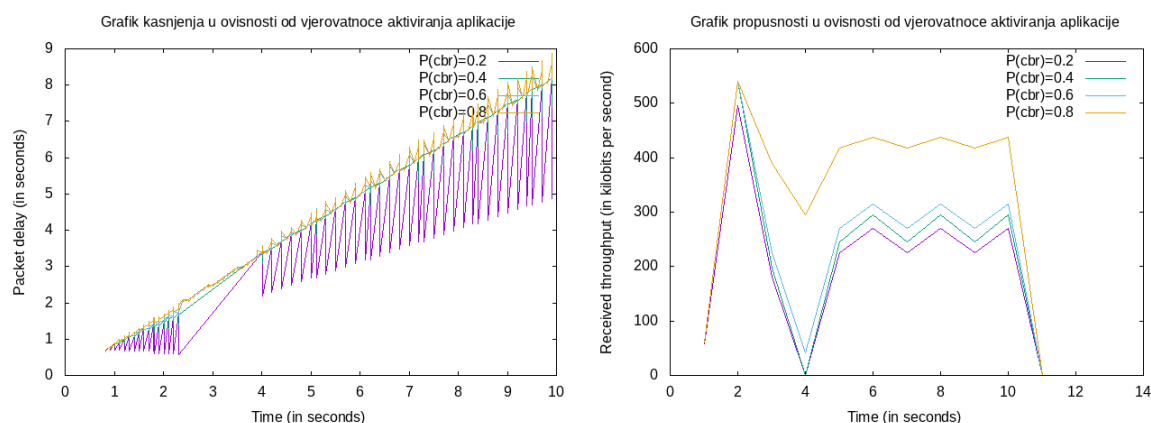


Slika 2.8: Kašnjenje i propusnost na *forward link-u*

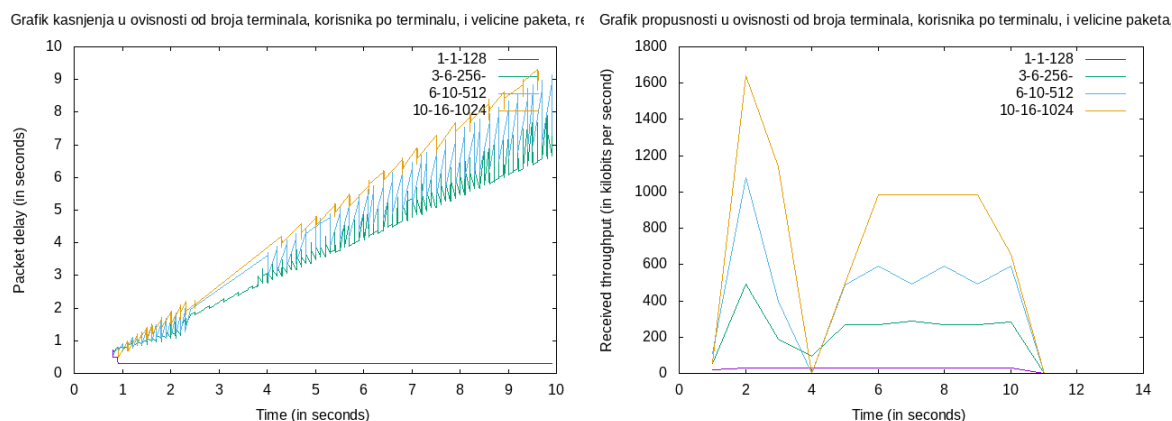


Slika 2.9: Kašnjenje i propusnost u zavisnosti od broja terminala na *forward link-u*

Povećanje veličina paketa te broja krajnjih korisnika utiče ponajviše na vjerovatnoću isporuke paketa (navedeno je vidljivo sa slike desno, iz razloga što se dešava pad u propusnosti). Također, dolazi do povećanja *jitter*-a (50 ms za $P(\text{cbr})=0.8$ i 1500 korisnika aplikacija).

Slika 2.10: Kašnjenje i propusnost u zavisnosti od vjerovatnoće CBR na *return link-u*

Kao što vidimo na *return link-u* dolazi do nezamislivih vrijednosti kašnjenja i *jitter-a*, iz razloga što veliki broj paketa zagušuje transpondere. Navedeno se moglo zaključiti i sa grafika propusnosti, gdje imamo veliki pad kada svi prestanu da šalju pakete jer dolazi kako do odbacivanja, tako do velikog kašnjenja u redu čekanja, koji se onda prazni nekom konstantnom brzinom, zbog postojanja mehanizama koji ostvaruju što je moguće veću iskoristivost resursa.



Slika 2.11: Kašnjenje i propusnost u zavisnosti od veličine paketa i broja aplikacija

Na prethodnoj slici vidimo da za iznimno mali broj korisnika (svega 4 korisnika jer smo u svakom razmatranom slučaju imali 4 snopa), možemo očekivati malo kašnjenje kroz mrežu, zbog malog broja paketa koji se šalju. Veliki broj korisnika znači ogroman početni protok ali se nakon početnog *peak-a* mreža stabilizuje na određenoj propusnosti koju drži do gašenja aplikacija pred kraj simulacije. Grafici prikazani na slikama 2.8-2.11 su u skladu sa očekivanjem, što je najočitije na *return link-u*, gdje na slici 2.11 vidimo uticaj raspoređivanja, markacije, pravilne alokacije opsega, i sličnih QoS mehanizama. Takođe na graficima 2.10 i 2.11 možemo da vidimo uticaj zagušenja na generalno kašnjenje paketa, iz razloga što većina njih biva odbačena ili se zadrži predugo u redu čekanja.

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 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.

U sklopu ovog rada analizirani su uticaj povećanja/reduciranja vjerovatnoće greške na kašnjenje i gubitke, zatim DAMA postavke te njihova promjena i njen uticaj na QoS parametre, kao i uticaj različitih mrežnih aplikacija.

Sa aspekta vjerovatnoće greške, za veće vrijednosti navedene vjerovatnoće protok teži 0 kbps, dok za manje vrijednosti protok ima određenu vrijednost i približno je jednak za sve. Kada govorimo o veličini paketa, jasno je da veličina paketa koji se prenosi ne utiče na performanse sistema.

Kada govorimo o DAMA specifikacijama i njihovom uticaju na parametre QoS-a, povećanjem broja krajnjih korisnika po terminalu dolazi do povećanja kašnjenja, a smanjenja protoka, što je i očekivan rezultat. Slični rezultati su ostvareni i sa povećanjem terminala po snopu.

Do vidnog povećanja varijacije kašnjenja dolazi zbog većeg udjela CBR aplikacija, što dovodi i do smanjenja propusnosti u mreži. Povećanje veličine paketa, sa ovog aspekta, dovodi do povećanja *jitter*-a i utiče na vjerovatnoću isporuke samih paketa.

U daljem radu na ovoj temi, moguće je simulirati druge scenarije te dati osvrt na promjenu drugih parametara kvaliteta usluge koji nisu pokriveni ovim radom. Također, moguće je koristiti i druge simulatore za potvrdu dobivenih rezultata.

Popis slika

2.1	Arhitektura sistema [4]	3
2.2	Kašnjenje i propusnost u zavisnosti od veličine paketa	4
2.3	Kašnjenje i propusnost u zavisnosti od vjerovatnoće greške	4
2.4	Protok u zavisnosti od broja korisnika	5
2.5	Kašnjenje u zavisnosti od broja korisnika	6
2.6	Protok u zavisnosti od broja terminala po snopu	6
2.7	Kašnjenje u zavisnosti od broja terminala po snopu	7
2.8	Kašnjenje i propusnost na <i>forward link-u</i>	8
2.9	Kašnjenje i propusnost u zavisnosti od broja terminala na <i>forward link-u</i> .	8
2.10	Kašnjenje i propusnost u zavisnosti od vjerovatnoće CBR na <i>return link-u</i>	9
2.11	Kašnjenje i propusnost u zavisnosti od veličine paketa i broja aplikacija . .	9

Bibliografija

- [1] “All DVB Standards.” [Online]. Available: <https://www.headendinfo.com/digital-video-broadcasting/>
- [2] “Demand Assigned Multiple Access.” [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Demand_Assigned_Multiple_Access
- [3] “NCC-2 Receive Antenna Phasing System.” [Online]. Available: <https://www.wimo.com/en/ncc-2?fbclid=IwAR3yR-hfUwwEtKU8lcRBd4k5NiDGdOjD5fiW01wUiPVPgxgNserdY4G0fy4>
- [4] P. B. Thierry Gayroud, “A QoS architecture for DVB-RCS next generation satellite networks,” 2007.
- [5] “SNS3 -Satellite Network Simulator-.” [Online]. Available: <http://satellite-ns3.com/>
- [6] “DVB -The global standard for digital television-.” [Online]. Available: <https://dvb.org/>
- [7] C. of the European Communities, “Digital Video Broadcasting - A Volume of Technical Papers Accompanying the Commission’s Communication,” 1993.
- [8] “Digital Video Broadcasting (DVB).” [Online]. Available: <https://searchmobilecomputing.techtarget.com/definition/Digital-Video-Broadcasting>
- [9] S. N. H. Leslie Rysdale, Paul de Bot, “Digital Video Broadcasting: Satellite Specifications,” *Philips Journal of Research*, vol. 50, 1996.
- [10] “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
- [11] “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
- [12] ITU-T, “Recommendation E. 800, Terms and definitions related to quality of service and network performance including dependability,” 1994.
- [13] P. L. Sastri L. Kota, Kaveh Pahlavan, “Broadband Satellite Communciations for Internet Access,” 2004.
- [14] 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.

- [15] R. J. H. et al., "Assured Forwarding PHB," 2002.
- [16] P. B. S. Combes, O. Alphand and T. Gayraud, "Satellite and Next Generation Networks: QoS Issues," 2006.
- [17] "Workshop on Simulation for European Space Programmes (SESP)." [Online]. Available: https://indico.esa.int/event/93/contributions/3557/attachments/2837/3294/1800_Puttonen.pdf
- [18] S. Gupta, "Digital Video Broadcasting (DVB): Architecture, Applications, benefits and Design," *International Journal Of Core Engineering Management*, vol. 2, 2015.
- [19] "IP over DVB-S." [Online]. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/18d7/84866bf27ce98ec22de71a21fd0faa4e4dc2.pdf>
- [20] "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/>