

Model aktivnog upravljanja HFC mrežom upotrebom frekventnog multipleksiranja u procesu zamjene DocSIS 2.0 tehnologije

Predrag Katanić
Fakulte poslovne ekonomije
Univerzitet u Istočnom Sarajevu
Bijeljina, BiH
predrag@telrad.net

Srđan Damjanović
Fakulte poslovne ekonomije
Univerzitet u Istočnom Sarajevu
Bijeljina, BiH
srdamjan@yahoo.com

Sadržaj— Ovaj rad predstavlja potpuno funkcionalno rješenje modela upravljanja HFC (*Hybrid fiber-coaxia*) mrežom upotrebom frekventnog multipleksiranja “*down stream*” kanala sa ciljem produženja životnog vijeka DocSIS 2.0 specifikacije. Model pokazuje stepenasti tehnološki prelaz sa DocSIS 2.0, na DocSIS 3.0 i FTTH tehnologiju. Osnovna ideja je smanjenje visokih troškova investiranja u opremu neophodnu za DocSIS 3.0 specifikaciju, koristeći stepenasti prelazak i djelimično implementiranje FTTH tehnologije, kao osnovu za buduće mreže.

Ključne riječi- HFC (*Hybrid fiber-coaxia*) mreža; DocSIS; FTTH (*Fiber-to-the-home*) mreža; Internet servisi; CMTS (*cable modem termination system*)

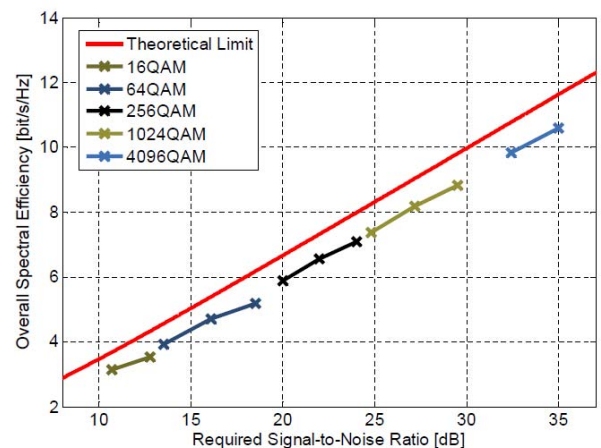
I. UVOD

Velika dilema svih ISP operatera (*Internet Service Provider*) je: „u koju tehnologiju investirati u narednom periodu“, a da se zadrži tržišna trka sa konkurencijom i da se investicija vrati u očekivanom periodu. Takođe, velika dilema je šta sa postojećom opremom i infrastrukturom i u kojoj mjeri se ona mora mijenjati.

Telekom operateri bazirani na tehnologijama xDSL (*any-digital subscriber loop*) asimetričnog prenosa signala po postojećim bakarnim vodovima, opterećeni su ograničenjima i potrebama smanjenja udaljenosti pretplatnika od koncentratora. Oni izlaz vide u VDSL tehnologijama i skraćivanju „*last mile*“, na ispod 400 m. Na taj način, u značajnoj mjeri povećavaju broj koncentratora u mreži. Koncentratori se međusobno i sa centralnim lokacijama povezuju isključivo optičkim vlaknima, pa njihova mreža sve više liči na FTTC (*Fiber-to-the-cabinet/curb*) mrežu sa kratkim perifernim krajevima od bakarnih vodova, koji teže da potpuno nestanu.

Kablovski operateri svoj izlaz pokušavaju naći u multipleksiranju frekventnih nosilaca i povećanju QAM (*Quadrature amplitude modulation*) modulacije. Jedno od rješenja je tehnologija DocSIS 3.0 koja se upravo i bazira na multipleksiranju frekventnih nosilaca, čime se postižu brzine kod krajnjih korisnika i nekoliko stotina megabita u sekundi.

Promjena trenutno korišćene modulacije QAM256 na QAM 1024/QAM4096 u okviru specifikacije DVB-C2, dovelo bi do povećanja propusnog opsega sa 50 Mb/s na 70 Mb/s odnosno 84 Mb/s. To povećanje ima svoju negativnu refleksiju na zahtjevani kvalitet signala u mreži. Na Sl.1 prikazana je karakteristika QAM modulacije i zahtjevani kvalitet signala u mreži iskazan kroz odnos signal/šum (SNR *Signal-to-noise ratio*). [1]



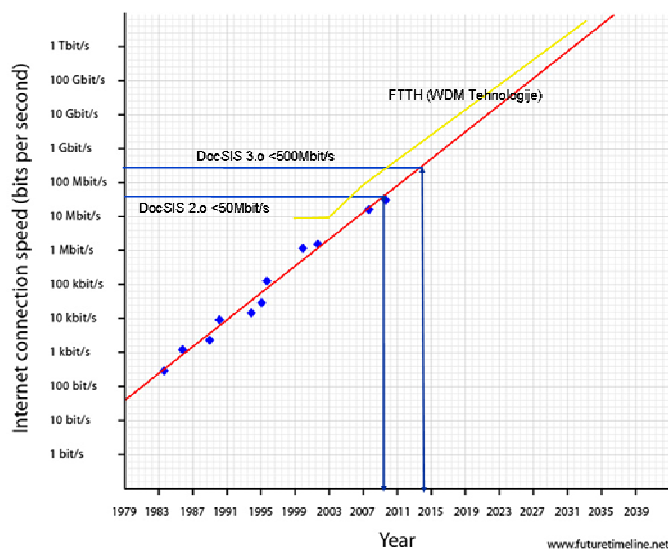
Slika 1. Zavisnost QAM modulacije od kvaliteta signala

Zamjena postojeće tehnologije DocSIS 2.0 na DocSIS 3.0 podrazumjeva zamjenu *core* i *access* opreme na strani ISP ali i zamjenu opreme kod korisnika. Zamjena velikog broja CPE (*Customer-premises equipment*) uređaja predstavlja veliku investiciju.

Takođe, i kablovski operateri značajno modifikuju svoju HFC mrežu, pokušavajući dekompozicijom optičkih nodova izvršiti segmentiranje mreže i fizički smanjiti broj korisnika po jednom optičkom nodu. Ovakvi postupci dovode do situacije u kojoj krajnji korisnici su samo periferno vezani sa koaksialnim kablovima, a veći dio mreže čine optički vodovi. Ovakve mreže sve više liče na FTTN (*fiber-to-the-node*), mreže koje postepeno teže ka FTTH (*Fiber-to-the-home*) mrežama.

II. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA

Analizirajući trend rasta potreba korisnika za *broadband* pristupom internetu, kao i trenutne servise i tehnologije koje se nude korisnicima, nameće se logično pitanje koliko je potrebno *broadband* pristupa u sljedećih 5-10 godina i koja tehnologija to može obezbijediti. Prateći trendove Nielsen-ovog zakona koji definišu trend rasta potreba za *broadband* pristupom prikazanih na Sl.2, jedina tehnologija danas dostupna, koja nudi brzine koje predviđa ovaj trend je *Fiber-to-the-Home* (FTTH) [2]



Slika 2. Trend rasta zahtjeva za broadbande po Nielsen-ovom zakonu

Dijagram na Sl.2 pokazuje trend rasta potreba za *broadband* pristupom. Na njemu su grafički prikazane linije koje predstavljaju tehnologije DocSIS 2.0, DocSIS 3.0, kao i FTTH. Potrebno je napomenuti da je ovo ukupna potreba za *broadband* pristupom, u koji ulaze svi servisi koje operateri nude korisnicima (Analogna TV, Digitalna TV, Telefon, Internet pristup). [3]

Potpuni prelazak na FTTH tehnologiju je veoma skup za kablovske operaterere, koji imaju već izgrađenu infrastrukturu. Ali, sa druge strane, potpuna implementacija DocSIS 3.0 uz visoka početna ulaganja ne garantuje dovoljno propusnog opsega za duži period.

Ove dvije činjenice dovodi do neophodnosti izrade modela, koji bi predstavljao prelazno rješenje u narednom periodu. Potrebno je definisati funkcionalni model, koji bi dao odgovor na ove postavljene zadatke. Zadatak modela je omogućavanje postepenog prelaska i smjenu tehnologija, uz zadržavanje postojeće mreže i zamjenu samo manjeg dijela opreme. Takođe, model mora da uvaži i realne činjenice na tržištu, kako bi omogućio adekvatnu tržišnu utrku sa konkurentnim tehnologijama i operaterima.

Analizom trenutne ponude *Triple play* servisa u okruženju, došli smo do sljedećeg zaključka:

- Analogna televizija predstavlja značajan benefit u kompletnoj ponudi kablovskih operatera. Mogućnost priključenja više TV prijemnika bez potrebe za dodatnim STB (*set-top box*) uređajima, predstavlja komparativnu

prednost kablovskih operatera u odnosu na Telekom operatre,

- VoIP (*Voice over IP*) predstavlja veoma dobru i prihvatljivu zamjenu za tradicionalnu TDM (*Time-division multiplexing*) telefoniju,
- Usluga “Nomadskog” telefoniranja predstavlja prednost VoIP tehnologije u odnosu na TDM,
- DVB-C tehnologija i *boadcast* signala u SDTV (*Standard-definition television*) i HDTV (*High-definition television*) formatu, značajno su kvalitetniji i prihvatljiviji od IPTV (*Internet Protocol television*) servisa,
- Inretaktivna TV, VoD (*Video on Demand*) i nPVR (*network Personal Video Recorder*) predstavljaju veliki nedostatak kablovskih operatera. Rješenje ovog problema se nalazi u implementaciji Hybrid STB uređaja i djelimičnoj implementaciji IPTV over DocSIS (samo za VoD, nPVR i aplikacije) [4],
- Internet pristup. Trenutne brzine širokopojasnog interneta u kablovskim sistemima su ekvivalentne brzinama asinhronog xDSL pristupa telekom operatera.

U okviru analize, poseban akcenat je stavljen na analizu Internet pristupa i brzine koje nude operateri u okruženju. Tabela 1 pokazuje karakteristične brzine osnovnih paketa kod operatera u okruženju. Svi internet paketi spadaju u približno istu cjenovnu kategoriju, bez benefita i popusta u kombinovanim *Triple Play* paketima.

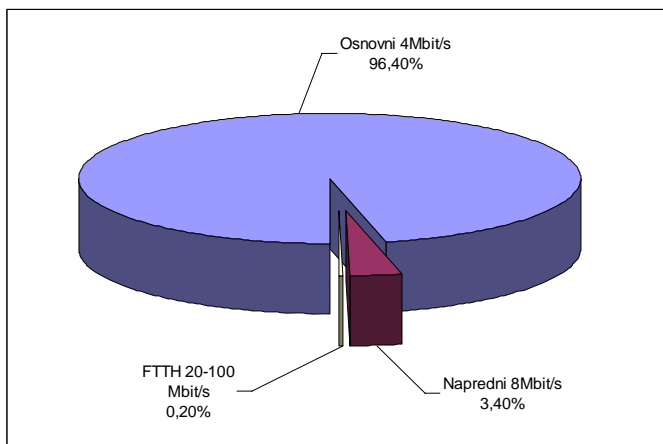
TABELA I. INTERNET BRZINE U OSNOVNIM PAKETIMA

RB	Operater	Zemlja	Brzina
1	Telekom Srbija	Srbija	5 / 1 Mbit/s
2	SBB	Srbija	10 / 1 Mbit/s
3	MTEL	BiH	2.5 / 0.25 Mbit/s
4	BH Telekom	BiH	4 / 0.4 Mbit/s
5	TCOM	Hrvatska	4 / 0.5 Mbit/s

(source: www.sbb.rs, www.open.telekom.rs, www.mtel.ba, www.bhtelecom.ba, www.hrvatskitelekom.hr)

Trenutno u ponudi dominiraju brzine od 2-10 Mbit/s, u osnovnim paketima, do brzina od 40 Mb/s u najvećim i najskupljim paketima. Analizirajući podataka korisničkih ugovora (Baza korisnika ISP Telrad.NET) dolazimo do sljedeće raspodjele internet paketa po brzini pristupa, a koja je prikazana na Sl.3

Osnovni paket zastupljen u preko 96% slučajeva, a da veoma mali broj korisnika koristi brže pakete od 10 Mb/s (oko 0,2%). Za analizu nismo imali dostupne podatke ostalih operatera, ali imajući u vidu da se radi o veoma sličnom portfoliju korisnika, sa sličnim navikama, potrebama i finansijskim mogućnostima, možemo smatrati da je ova raspodjela primjenjiva i kod ostalih operatera sa manjim razlikama.



Slika 3. Raspored korisnika po internet paketima

Trend povećanja brzine pristupa internetu u posljednjih par godina je bio udvostručenje brzine pristupa na svakih 8-10 mjeseci, što bi u našem slučaju iznosilo 4 → 8 → 16 Mbit/s u narednih 2-3 godine. [5]

III. PRIJEDLOG MODELA

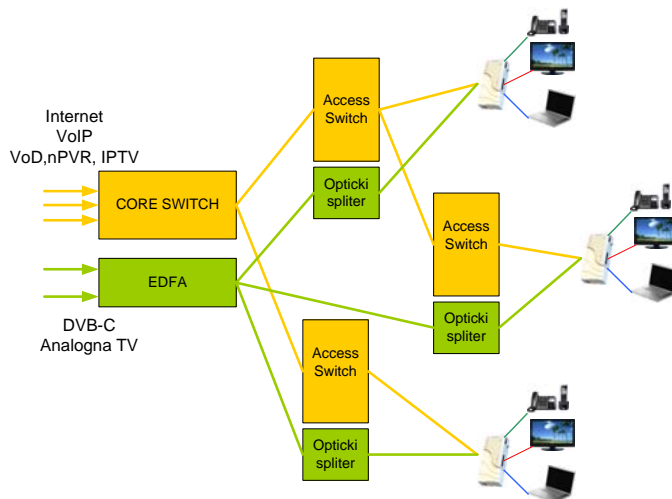
Problem smo posmatrali kroz dekompoziciju servisa. Analizirali smo servise sa veoma velikim internet propusnim opsegom (20-100 Mbit/s), odvojeno od osnovnih internet paketa za koje smo predvidjeli širnije propusnog opsega do 20 Mbit/s u narednih 2-3 godine.

Za obezbjeđenje velikih internet paketa odustali smo od implementaciju DocSIS 3.0 u punom formatu, već smo se odlučili implementirati FTTH tehnologiju. Na ovaj način smo postigli rješenje za sve zahtjevne korisnike, a napravili smo veoma dobru pripremu za postepenu zamjenu HFC mreže i prlazak na potpuno optičku mrežu.

Na Sl.4 prikazan je model FTTH mreže, koja treba da distribuira servise sa velikim propusnim opsegom, ali i okosnica za budućeg razvoj mreže. Model predstavlja *point-to-point* mrežu, gdje se IP servisi distribuiraju po jednom optičkom vlaknu na dvije talasne dužine (1550 nm *downstream*, 1310 nm *upstream*). Servis se distribuira od centralne lokacije preko POP (*point of presence*), do krajnjeg korisnika. RF signal, koji u sebi nosi servise analogne TV i Digitalne TV (DVB-C/T), distribuiraju se preko optičkih pajačivača (EDFA) i optičkih splitera do krajnjeg korisnika posebnim optičkim vlaknom.

Distribucija RF signala na ovakav način do krajnjeg korisnika omogućava zadržavanje postojećeg nivo usluga i servisa. Takođe, dobijamo potpuno upravljive servise analogne i digitalne TV, koji su do sada bili neupravljivi (daljinska kontrola, daljinsko isključenje,)

Uvođenje WDM (*wavelength-division multiplexing*) tehnologije sa dodatnom talasnom dužinom za RF servise predstavlja veliku investiciju u samom startu. Vjerovatno će ova tehnologija u budućem širenju mreže, preuzeti RF servis i time osloboditi dodatno vlakno do korisnika.

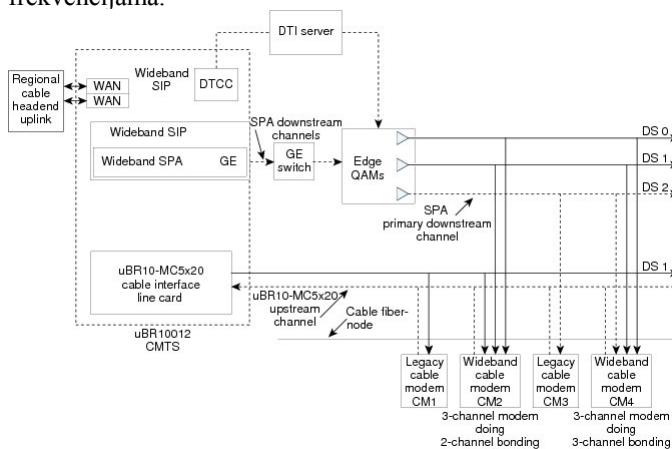


Slika 4. Model FTTH mreže sa odvojenim RF servisima

Za obezbjeđenje osnovnih internet paketa odlučili smo se za stepenastu implementaciju DocSIS 3.0, u okviru koje smo zamjenili samo opremu u *HeadEnd*-u. Korisnička oprema je ostala da radi na DocSIS 2.0. Na ovaj način smo izbjegli velike investicije u zamjenu korisničke opreme. DocSIS 3.0 specifikacija definiše dva modela implementacije i to:

- I-CMTS (*Integrated cable modem termination system*)
- M-CMTS (*Modular cable modem termination system*)

Izbor modela implementacije DocSIS 3.0 u predloženoj modelu je bio M-CMTS, upravo zbog njegove modularnosti i fleksibilnosti u dodavanju i upravljanju dodatnim *downstream* frekvencijama.



Slika 5. M-CMTS rešenje sa MC5x20 cable card interface

Opremu u *HeadEnd* sistemu smo bazirali na Cisco uBR10k platformi i Harmonica RFGW. Kao prelazno rješenje u samoj platformi uBR10k, zadržali smo MC5x20 *cable card interace*, kojima smo dodali *Wideband SPA-24xDS* procesore. Ovim smo dobili sa svakim dodavanjem SPA-24xDS novih 24 *downstream*, koje kroz RFGW dovodimo na sabirnicu i multipleksiramo sa primarnim *downstream*-ovima od MC5x20 kartica.

Sl.5 prikazuje implementaciju M-CMTS sistema, koja kombinuje primarne DS (*downstream*) kanale sa kartica MC5x20, sa sekundarnim DS kanlima iz SPA-24xDS i RFGW. [6]

Modularnost CMTS omogućava fleksibilnost upravljanja raspodjelom broja korisnika na jednom optičkom nodu. Na ovaj način u tri tačke (CMTS+RFGW; Optički predajnik + prijemnik; Optički + RF spliter) možemo izvršiti dekompoziciju jednog velikog optičkog noda na veći broj manjih virtualnih nodova, ili udružiti veći broj manjih optičkih nodova na jedan optički transmieter.



Slika 6. Upravljanja u tri tačke

Primjenom ovog modela postizemo funkcionalnost dijeljenja jednog velikog optičkog noda na više virtualnih nodova. Softverskim alatima i konfiguracijom CMTS balansiramo brojem korisnika i njihovim zahtjevom sa internet protokom.

U nastavku je prikazan primjer konfiguracije za jedan veći optički nod (13), koji je podjeljen na tri virtualna noda (466 MHz, 474 MHz i 482 MHz). Kriterijum za raspodjelu je razlika u broju modema nije veća od 20 (minimum 20). Ako u toku rada međusobna razlike prelazi 50 modema, tada sistem prisilno prebacije modeme iz jednog u drugo virtualno čvorište.

```

cable load-balance group 13 threshold load 15 enforce50
cable load-balance group 13 threshold load minimum 20
!
interface Cable6/1/2
cable load-balance group 13
cable load-balance group 13 method modems
cable load-balance group 13 interval 10

```

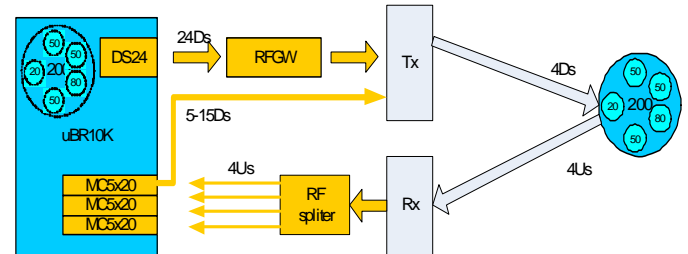
Interface/State/Group/Utilization/Reserved/Modems
Cable6/1/0 (466 MHz) up 11 39% (39%/38%) 2% 177
Cable6/1/1 (466 MHz) up 12 24% (24%/18%) 0% 179
Cable6/1/2 (466 MHz) up 13 14% (14%/11%) 1% 152
Cable6/1/3 (466 MHz) up 14 31% (31%/20%) 1% 190
Mo1/0/0:10 (474 MHz) up 11 45% (45%/38%) 2% 159
Mo1/0/0:11 (474 MHz) up 12 25% (25%/18%) 0% 164
Mo1/0/0:12 (474 MHz) up 13 38% (38%/11%) 1% 141
Mo1/0/0:13 (474 MHz) up 14 36% (36%/20%) 1% 170
Mo1/0/0:17 (482 MHz) up 11 55% (55%/38%) 2% 164
Mo1/0/0:18 (482 MHz) up 14 27% (27%/20%) 1% 170
Mo1/0/0:19 (482 MHz) up 13 32% (32%/11%) 1% 158
Mo1/0/0:20 (482 MHz) up 12 27% (27%/18%) 0% 157

(OVO JE SAMO DIO KONFIGURACIJE NA CMTS-u)

Primjenu modela možemo predstaviti kroz dva dijametralno suprotna slučaja koji se mogu sresti u praksi. U prvom slučaju radi se o velikom optičkom nodu koji ima veliki broj aktivnih kablovskih modema. U okviru DocSIS 2.0 specifikacije, ova situacija predstavlja potencijalno "usko grlo" za distribuciju IP servisa i neophodno je redukovati broj modema. Metoda sa smanjenje broja modema je fizičko dijeljenje optičkog noda na dva ili više nodova, i dekompozicija korisnika po novonastalim nodovima. Operacija zahtijeva radove na mreži, prekide servisa i značajna ulaganja u opremu i optička vlakna. Ukoliko novonastali nodovi ponovo

postanu usko grlo, postupak se ponavlja i nastavlja se dekompozicija mreže i korisnika.

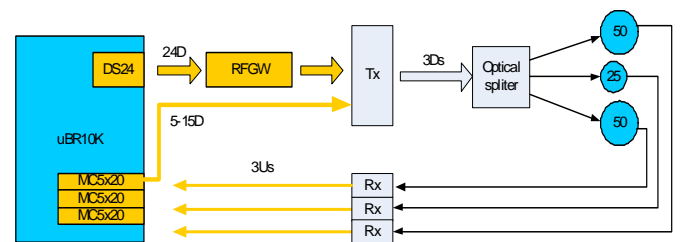
Primjenom predloženog modela ovaj problem rješavamo tako što u postojeći optički nod multipleksiramo *downstream* frekventne nosioce, a na strani CMTS pravimo virtualnu sliku optičkog noda, koji u sebi sadrži definisani broj virtualnih optičkih nodova. Virtualni nodovi su međusobno izbalansirani. Sl. 7 pokazuje primjenu predloženog modela u ovom slučaju.



Slika 7. Model upravljanja velikim čvorištem

Na ovaj način značajno štedimo na aktivnim komponentama (optički nodovi, optički transmieteri). Ukoliko želimo povećati *upstream* protok, na strani CMTS-a stavljamo RF spliter koji vežemo na željeni broj US (*upstream*) portova na *Cable Card Interface* MC5x20.

Dijametralno suprotna situacije je postojanje velikog broja manjih optičkih nodova koje je potrebno povezati sa nezavisnim optičkim transmieterima (optički transmieter je aktivna komponenta koje predstavljaju značajnu investiciju u HFC mreži). Na Sl.8 prikazana je primjena predloženog modela rešavanja ovog problema.



Slika 8. Model upravljanja malim čvorištem

Optimizacija u ovom slučaju se postiže tako što za svaki izdvojeni optički nod multipleksiramo po jednu frekvenciju, i tako složene nosioce signala prenesemo jednim optičkim transmieterom. U mreži vršimo optičko dijeljenje signala na optičkim spliterima i dovodimo do svakog optičkog noda. Pomoću povratnog signala (*upstream*) u CMTS-u vršimo uparivanje *downstream* i *upstream* frekvencija i distribuciju IP servisa do korisnika koji pripadaju definisanom optičkom nodu.

Ovo su dva dijametralno suprotna primjera koji pokazuju primjenu modela. U praksi rješenje je uvijek u nekoj kombinaciji ova dva primjera.

IV. ZAKLJUČAK

Predloženi model je pokazao punu upotrebljivost u praksi i dokazao početne pretpostavke o mogućnosti stepenastog prelaska sa tehnologije DocSIS 2.0.

Značajni rezultati ovog modela se ogledaju u sljedećim činjenicama potvrđenim u praksi:

- Sa relativno malim investicijama, izvršili smo potpunu pripremu infrastrukture za tehnologiju DocSIS 3.0,
- Uspjeli smo zadržati postojeće CPE uređaje i produžiti im životni vijek za par sljedećih godina,
- Postigli smo značajne uštede u aktivnoj i pasivnoj opremi (optički predajnici, optički prijemnici, optički nodovi, optička vlakna i koaksijalni kablovi),
- Značajno smo smanjili radove na samoj mreži i isključenja korisničkih servisa,
- Postigli smo veoma fleksibilnu mrežu sa kojom je jednostavno upravljati,
- Napravili smo početnu pripremu za širu implementaciju FTTH tehnologije.

ZAHVALNICA

Ovim radom bih željeli da se posebno zahvalimo kompaniji Telrad.NET iz Bijeljine, koja je omogućila praktičnu potvrdu predloženog modela i koja nam je na raspolaganje dala podatke korištene u samoj analizi.

LITERATURA

[1] Jan de Nijs, Mariya Popova & Jeroen Boschma, "DVB-C2 Deployment in Cable Networks 4096 QAM or not?," SCTE Autumn Meeting 2009

- [2] WEB: www.nngroup.com/articles/nielsens-law-of-internet-bandwidth, Jakob Nielsen's Alertbox: April 5, 1998. Update 2010
- [3] P. Katanić, S. Damjanović, "ANALIZA ŠIROKOPOJASNIH MREŽA NA PRIMJERU KOMPARIJACIJE HFC I FTTH TEHNOLOGIJE," Jahorina, Infoteh 2011
- [4] P. Katanić, S. Damjanović, "Funkcionalni model sistema za paralelnu distribuciju video servisa u DVB-C i IPTV okruženje," Jahorina, Infoteh 2012
- [5] "GODIŠNJI IZVJEŠTAJ REGULATORNE AGENCIJE ZA KOMUNIKACIJE ZA 2011. GODINU," april 2011. www.cra.ba
- [6] Cisco book, "Overview for Cisco DOCSIS 3.0 Downstream Solution," July, 2012 [strana 81-85].
- [7] WEB: <http://www.futuretimeline.net>
- [8] WEB: <http://www.ict-redesign.eu>

ABSTRACT

This paper provides a complete functional solution for the model of managing HFC (Hybrid fiber-coaxia) network by multiplexing downstream channel frequently with the aim of extending the lifespan of the DOCSIS 2.0 specification. The model shows the technological transformation from DOCSIS 2.0 to DOCSIS 3.0 and FTTH technology. The main notion is to reduce high expenses of investing in the equipment necessary for DOCSIS 3.0 specification, using such transformation and partially implementing FTTH technology, as the basis for future networks.

The Model of Active HFC Network Management by Using Multiplex Techniques in the Process of the Replacement of DOCSIS 2.0 Technology

Predrag Katanić, Srđan Damjanović