

IMPLEMENTACIJA HFC MREŽE IMPLEMENTATION OF HFC NETWORK

Vladan Orašanin, Željien Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

OBLAST - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Tehnički uslovi i karakteristike neophodni za implementaciju HFC mreže, prenos signala kablovske televizije i interneta putem optičkih i koaksijalnih kablova. Upotreba i integracija aktivne opreme u jedinstven sistem.

Ključne reči: HFC mreža, kablovska televizija, prenos signala, internet.

Abstract – Technical conditions and characteristics necessary for the implementation of the HFC network, transmission of cable television and Internet signals via optical and coaxial cables. Use and integration of active equipment into a single system.

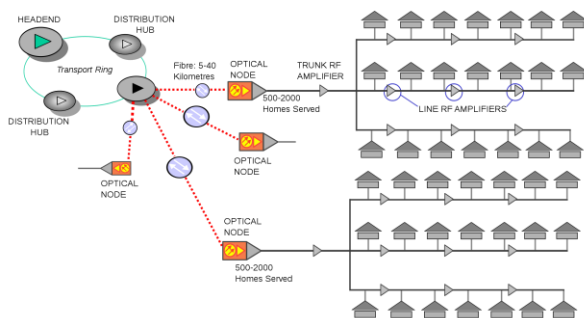
Keywords: HFC network, cable television, signal transmission, internet.

1. UVOD

U ovom radu objašnjena je implementacija hibridne optičko-koaksijalne mreže i na koji način se ovo tehničko rešenje koristi za prenos signala na velikim udaljenostima. Opisana je oprema koja se koristi, kako kod korisnika, tako i u prostorijama i na mreži samog kablovskog provajdera [1, 2]. Uz blok šeme opisanih sistema prikazane su i slike realizacije opisanih sistema na terenu.

2. OPŠTI PREGLED MREŽE

Hibridna optičko-koaksijalna mreža predstavlja mrežnu infrastrukturu izrađenu pomoću optičkih i koaksijalnih kablova. HFC mreža pogodna je za prenos podataka po velikim brzinama (do nekoliko gigabita u sekundi (Gb/s)), kao i za prenos signala do krajnjih korisnika koji su na velikim udaljenostima od Headend-a (do nekoliko desetina kilometara).



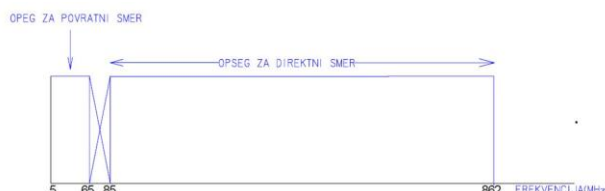
Slika 1. HFC mreža [3]

Na slici 1 prikazana je opšta šema i skup elemenata od kojih se sastoji svaka HFC mreža. Vidi se da se signal, putem optičkih vlakana proteže od Headend-a preko HUB-a, koji prekriva manju geografsku oblast, do lokalnog optičkog čvora. Optički čvor je opto elektronski pretvarač, koji signal iz optičkog vlakna tj. svetlost pretvori u signal pogodan za prenos kroz koaksijalnu mrežu. Koaksijalna mreža je drugi deo mreže koji se prostire RF signal [3, 4]. Koaksijalna mreža počinje od optičkog čvora, prostire se preko nekoliko pojačavača i dolazi do krajnjeg korisnika.

3. SPEKTAR SIGNALA

Kako je za funkcionisanje servisa koji se nude korisnicima potrebna dvosmerna komunikacija, spektar signala je podeljen u dva dela. Spektar direktnog smera (Downstreams), u kome se nalaze podaci koji se šalju od provajdera ka korisniku, i spektar povratnog smera (Upstream), u kome se nalaze podaci koje korisnik šalje ka provajderu.

Spektar signala u frekvencijskom domenu prikazan je na slici 2. Opseg direktnog smera je od 85MHz do 852MHz (noviji trend je da se spektar direktnog smera nalazi u opsegu od 105MHz do 1000MHz), dok je za povratni deo spektra izdvojen opseg od 5MHz do 65MHz (noviji trend je opseg od 5MHz do 85MHz) [5].



Slika 2. Spektar signala [4]

3.1. Spektar signala direktnog smera

Spektar signala direktnog smera je deo spektra preko koga se podaci tj. Servisi, od provajdera, dostavljaju do korisnika. U ovom delu spektra nalaze se analogni TV kanali, Downstreams kanali za internet, VoD kanali i digitalni kanali sa mogućnosti premetavanja u nazad.

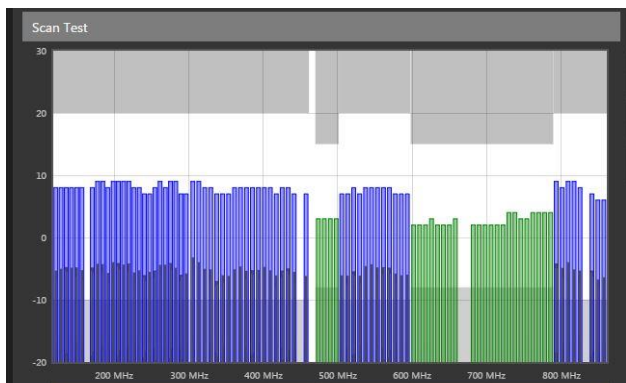
Svaki analogni TV kanal sastoji se od nosilaca za video, audio, boju i ostalih pratećih kanala. U zavisnosti od sistema prenosa koji se koristi izvršen je raspored samih nosilaca unutar analognog kanala.

Jedan analogni kanal može do korisnika da prenese jedan TV kanal, i prostor koji ovaj analogni kanal zauzima u spektru signala je 8MHz. Ovakav raspored kanala, ne ostavlja nam mnogo mesta za digitalne kanale koji se takođe nalaze u spektru, Sa razvojem tehnologije ukazala se potreba za mnogo većim brzinama interneta, što

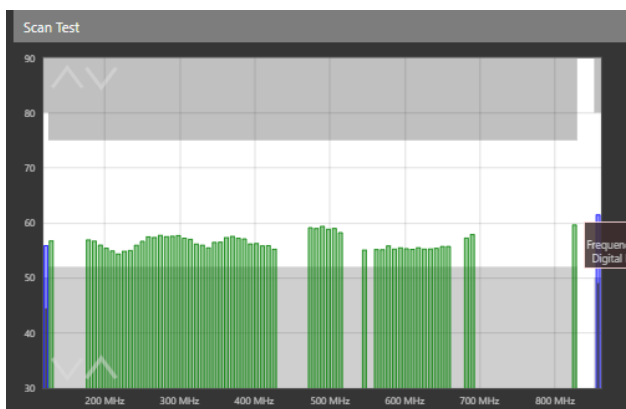
NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Željien Trpovski, red.prof.

zahteva i veći broj Downstreams internet kanala. Kako bismo oslobodili prostor u spektru signala za ove kanale, analogni TV kanali su putem neke od digitalnih modulacija utisnuti u digitalni kanal. Nekoliko TV kanala se nalazi unutar jednog digitalnog kanala. Modulacija koja se najčešće koristi jeste QAM256. Izgled spektra signala u kome se nalaze i analogni i digitalni kanali prikazan je na slici 3, dok je izgled spektra u kome se nalaze samo digitalni kanali sa većim broj Downstreams kanala prikazan na slici 4.



Slika 3. Izgled direktnog smera sa analognim i digitalnim kanalima



Slika 4. Izgled direktnog smera sa samo digitalnim kanalima

3.2. Spektar signala povratnog smera

Servisi interneta i videa na zahtev zahetevaju dvosmernu komunikaciju, odnosno za korišćenje ovih servisa mora se obezbediti komunikacija od korisnika ka provajderu.

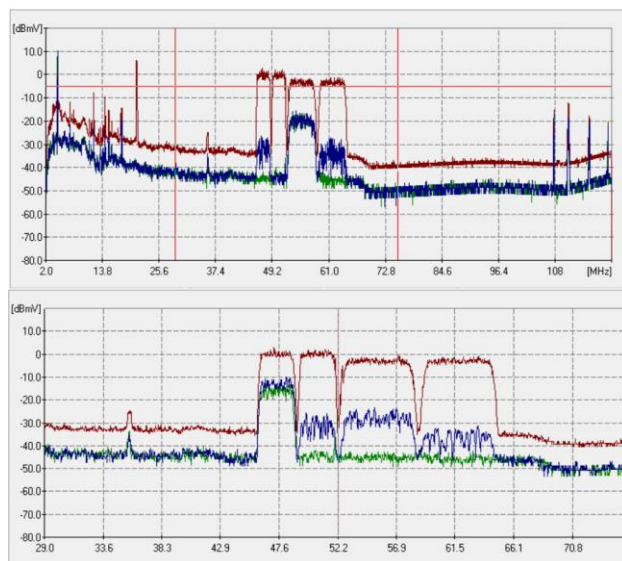
Povratni deo spektra prostire se od 5MHz do 85MHz, i u njemu se nalaze kanali koji obezbeđuju dvosmernu komunikaciju, za one servise za koje je dvosmerna komunikacija potrebna.

Kanali koji se nalaze u povratnom delu spektra koriste QAM64 modulaciju, i njihova širina zavisi od količine podataka koje je potrebno preneti. Obično se koriste kanali širine 1.6MHz, 3.2MHz i 6.4MHz.

Različite širine kanala obezbeđuju različite brzine prenosa, tako na primer kanal širine 6.4MHz ima maksimalnu brzinu prenosa 30Mb/s, kanal širine 3.2MHz ima maksimalnu brzinu prenosa 15Mb/s itd. Prednost užih kanala kanala jeste u njihovoj snazi, jer su u pitanju jači tj. viši kanali.

Ova dodatna jačina obezbeđuje im veću otpornost na šum i omogućava održavanje zahtevanog SNR-a (Signal to noise ratio).

U praksi se uži kanali, postavljaju na nižim frekvencijama, u deo spektra koji je više izložen šumu. Primer rasporeda kanala u povratnom delu spektra prikazan je na slici 5. Ovakav raspored kanala obezbeđuje nam ukupnu brzinu od 90Mb/s, a u slučaju zagušenja moguće je postaviti veći broj kanala.



Slika 5. Izgled povratnog dela spektra

4. STANSKA INSTALACIJA I OPREMA

Kako bi korisnik mogao da koristi internet neophodno je da poseduje instaliran i postavljen kablovski modem, koji ima zadatak da komunicira sa ostatkom mreže kablovskog provajdera, tj. prima podatke od provajdera, i šalje podatke ka provajderu. Za potrebe praćenja digitalne televizije koriste se dekoderi signala.

Dostupne brzine interneta zavise i od specifikacija modema, odnosno broja kanala preko kojih modem komunicira sa ostatkom mreže. Neke od konfiguracija koje se koriste su sledeće:

- 4x4 (4 downstream kanala, 4 upstream kanala)
- 8x4 (8 downstream kanala, 4 upstream kanala)
- 16x4 (16 downstream kanala, 4 upstream kanala)
- 24x8 (24 downstream kanala, 8 upstream kanala)
- 32x8 (32 downstream kanala, 8 upstream kanala)

Neki od modema koji se koriste u praksi prikazani su na slici 6.



Slika 6. Modemi i dekoderi koji se postavljaju kod korisnika

5. PRENOS SIGNALA OD HUB-A DO KORISNIKA

Sistem prenosa putem koga se signal od prostorija provajdera prenosi do krajnjeg korisnika sastoji se od kombinacije optičke i koaksijalne mreže, optičkih čvorova i pojačavača signala. Primer povezivanja takve mreže dat je na slici 7. Na prikazanoj šemi mogu se uočiti osnovni elementi, koji su ključni u dostavljanju signala do korisnika.



Slika 7. Mapa optičkog čvora

Oblast uokvirena tirkiznom bojom predstavlja oblast napajanja aktivne opreme. Unutar te oblasti nalazi se optički čvor ACE8, različite vrste pojačavača, CX3, CXE180, prateća pasivna oprema za spoljnu montažu i kablovi.

Sva aktivna oprema koja se koristi može se napojiti na dva načina, lokalno, naponom od 220V, ili daljinski putem koaksijalnog kabla naponom od 65V.

Daljinsko napajanje omogućava nam da iz jedne, zajedničke tačke, napojimo veći broj aktivnih elemenata, tako što na primar transformatora dovedemo napon od 220V, dok se na sekundaru transformatora pojavljuje napon od 65V.

Da bismo napon mogli spovesti putem koaksijalnog kabla do svih elemenata potreban nam je uvodnik napajanja odnosno LPI (Line power inserter).

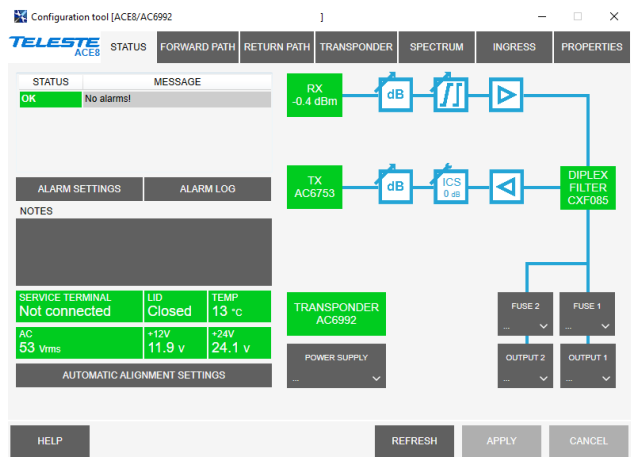
5.1. Optički čvorovi i pojačavači

Optički čvor je opto-elektronski pretvarač koji omogućava prenos signala putem optičkog vlakna na veće udaljenosti. Optički čvor sa jedne strane ima optički signal, dok sa druge strane ima RF signal. Na strani optičkog signala, od čvora do lokalnog HUB-a postoje dva optička vlakna.

Jedno vlakno koristi se za direktni smer, tj. slanje signala od HUB-a ka čvoru i korisnicima, dok se drugo vlakno koristi za povratni smer tj. slanje signala ka HUB-u odnosno od korisnika.

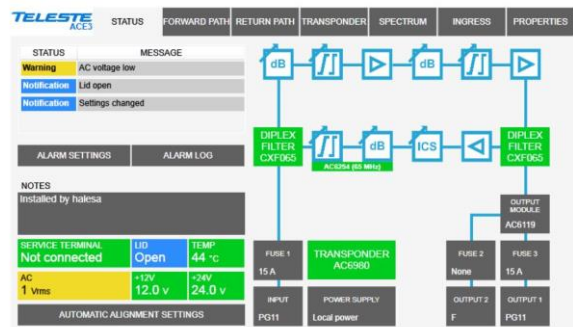
Na strani RF signala, razdvajanje direktnog i povratnog smera dešava se u DIPLEX filtrima koji predstavljaju elektronske komponente unutar samog čvora. Pored DIPLEX filtara, od elektronskih elemenata u čvoru imamo optički prijemnik, zadužen za prijem optičkog signala iz HUB-a i njegovo pretvaranje u RF signal, optički predajnik, zadužen za slanje RF signala, njegovo pretvaranje u optički signal i njegovo slanje ka HUB-u i transponder koji nam omogućava daljinski nadzor i upravljanje optičkim čvorom.

Na slici 8 prikazan je Teleste ACE 8 optički čvor preko programa za daljinski nadzor.



Slika 8. Prikaz ACE8 optičkog čvora

Tokom prenosa RF signala kroz kabl, signal je sklon slabljenjima i izobličenjima na različitim frekvencijama, npr. sa povećanjem dužine kabla nivo signala koji se prenosi opada, i to najviše na visokim frekvencijama. Uloga pojačavača jeste da ova izobličenja kompenzuje i na taj način omogući da se željeni signal bez izobličenja dostavi do korskina. Pojačavači kostite RF signal i na ulazu i na izlazu. Osnovni parametri pojačavača preko kojih se kontroliše nivo signala jesu Attenuator, equalizer i cable simulator. Na slici 9 prikazan je Teleste ACE3 pojačavač preko programa za daljinski nadzor.



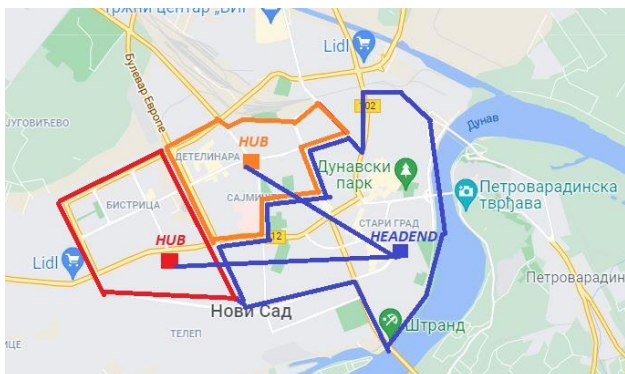
Slika 9. Prikaz ACE3 pojačavača

6. HEADEND I HUB

Početna tačka prenosa signala je HeadEnd. Dalje se signal preko HUB-ova, koji predstavljaju veće koncentracione tačke, šalje prema krajnim korisnicima. Glavna razlika između HeadEnd-a i HUB-a, jeste u prenosu video signala.

Unutar objekata kablovskog provajdera postoje uređaji koji se ponašaju kao generatori signala odnosno generatori usluga koje potrošači koriste. Ovakav generator video signala nalazi se samo u HeadEnd-u, koji se dalje putem HUBova distribuira na veće udaljenosti.

Na slici 10 dat je primer distribucije signala na mapi Novog Sada. Plavom bojom obeležen je HeadEnd i oblast koju ovaj objekat prekriva internet signalom. Crvenom i narandžastom bojom obeležene su oblasti koje dobijaju internet signal iz HUB-ova. Video signal sa druge strane u svim oblastima dolazi iz HeadEnd-a, odnosno korisnici u svim oblastima dobijaju isti signal čija je polazna tačka HeadEnd.



Slika 10. Distribucija internet i video signala

6. ZAKLJUČAK

Kablovski distributivni sistemi nastali su kao potreba ljudi da TV signal prenesu do svih onih koji su zainteresovani da prate određeni program. Razvojem tehnologija i povećanjem potreba krajnjih korisnika, omogućeni su i dodatni servisi koje je bilo moguće preneti na velike udaljenosti.

Razvojem početne ideje, razvila se HFC mreža, koja kombinacijom optičkih i koaksijalnih kablova uspeva da signale prenese na udaljenosti od nekoliko desetina kilometara.

Kako bi se smanjili troškovi održavanja razvijena je FTTH (Fiber to the home) mreža, odnosno mreža koja optičkim kablom dolazi do samog korisnika. Iako je ovakva mreža skupa za izgradnju, ona je omogućila dosta stabilniji prenos signala, veće brzine prenosa i smanjenje troškova održavanja. Tehnologija koja se primenjuje pri gradnji ove mreže jeste GPON (Gigabit Passive Optical Network).

Kako bi bili konkurentni na tržištu, sa platformama koje su omogućile konzumiranje video sadržaja online, kablovski operateri morali su da osmisle nove načine distribucije signala kao i dodatne pogodnosti za svoje korisnike. Tako je omogućeno gledanje televizije putem aplikacije na svim pametnim uređajima, oformljeni su video klubovi iz kojih se sadržaj može konzumirati u bilo kom momentu, a omogućeno je i premotavanje sadržaja u nazad.

7. LITERATURA

- [1] <https://www.infinitydish.com/blog/history-cable-tv-entertainment/>
- [2] <https://calcable.org/learn/history-of-cable/>
- [3] https://en.wikipedia.org/wiki/Hybrid_fiber-coaxial
- [4] G.Dimitrijević, G.Stajić, D.Krivić, D.Tomić, Lj.Macut, M.Knežević, M.Miletić, M.Matović, M.Racković, M.Mužer, M.Mladenović, N.Jakovljević, N.Drenovac, N.Miljić, V.Kalaba, *Tehnički priručnik za zaposlene u izgradnji i održavanju HFC mreže*
- [5] <https://www.cisco.com/c/en/us/products/video/cbr-series-converged-broadband-routers/index.html>

Kratka biografija:



Vladan Orašanić rođen je u Zvorniku 1996. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Komunikacione tehnologije i obrade signala odbranio je 2022.god.

kontakt: vladan.orasanin96@gmail.com



Željko Trpovski rođen je u Rijeci 1957. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1998. god. Oblast interesovanja su telekomunikacije i obrada signala.

Zahvalnica:

Izradu ovog rada pomogao je Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Departman za energetiku elektroniku i telekomunikacije, u okviru projekta pod nazivom: „Razvoj i primena savremenih metoda u nastavi i istraživačkim aktivnostima na Departmanu za energetiku, elektroniku i telekomunikacije”.