



IMPLEMENTACIJA DISTRIBUIRANOG ANTENSKOG SISTEMA U PROSTORU STAMBENO-POSLOVNOG KOMPLEKSA

IMPLEMENTATION OF A DISTRIBUTED ANTENNA SYSTEM WITHIN THE RESIDENTIAL-COMMERCIAL COMPLEX

Strahinja Avramović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ENERGETIKA, ELEKTRONIKA I TELEKOMUNIKACIJE

Kratak sadržaj – Potreba za mobilnom pokrivenošću nikad nije bila veća do sada. Makroćelije sa spoljnim baznim stanicama uspešno zadovoljavaju potrebe korisnika kada se oni nalaze u spoljašnjoj sredini. Domen planiranja ćelijskog sistema koji se odnosi na unutrašnjost objekata predstavlja posebnu granu planiranja koja se susreće sa različitim izazovima. U ove svrhe koriste se DAS sistemi, koji predstavljaju posebno dizajnirane antenske sisteme koji su namenjeni za pokrivanje unutrašnjosti objekata signalom. U ovom radu opisana je praktična implementacija DAS sistema, upotrebom aktivne opreme vendora Commscope, u prostoru jednog stambeno-poslovnog kompleksa.

Ključne reči: Mobilne tehnologije, Indoor sistemi, DAS, Commscope ERA

Abstract – The need for mobile coverage has never been greater. Macrocells with outdoor base stations successfully meet the needs of users when they are in the outdoor environment. The domain of cellular system planning related to the interior of buildings represents a special branch of planning that faces various challenges. For these purposes, DAS systems are used, which are specially designed antenna systems intended to cover the interior of buildings with a signal. This paper describes the practical implementation of the DAS system, using active equipment from the vendor Commscope, in the space of a residential-business complex.

Keywords: Mobile technologies, Indoor systems, DAS, Commscope ERA

1. UVOD

Nagli porast mobilnih uređaja, koji se proteklih godina aktivno dešava, uz stalnu evoluciju mobilnih tehnologija, diktira i tempo razvijanja planerskog dela mreže, koja mora da se adaptira novim trendovima. Ovom dinamičnom okruženju potrebno je obezbedi jednu stabilnu, skalabilnu i održivu infrastrukturu koja bi mogla da odgovori svim zahtevima korisnika.

Od početka razvoja ćelijskih sistema bazne stanice sa antenskim elementima locirane su na stubovima ili

različitim objektima, sa ciljem pokrivanja bliže ili dalje okoline, u zavisnosti od mobilne tehnologije i prirode okruženja, zadržavajući se samo na ovom principu pokrivanja signalom. Bazne stanice ovog tipa mogu uspešno da pokriju spoljnu sredinu, poput ulica, terena, šetališta i slično.

Globalna statistika navodi da korisnici danas oko 80% svog vremena provode u zatvorenom prostoru, što podstiče potrebu za boljim pokrivanjem unutrašnjih delova zgrada (objekata generalno), koji trpe značajnu degradaciju kvaliteta signala, kako zbog prirode propagacije signala, tako i zbog preopterećenosti makroćelija korisnicima.

Definisana je posebna grana planiranja mreže, koja se odnosi na indoor okruženja i koja podrazumeva implementaciju nezavisnih distribuiranih antenskih sistema (DAS), posebne namene za ovakav tip sredine.

Objekti koji su se pokazali kao najinteresantniji za ovakve sisteme, tj. koji su od najvišeg interesa za pokrivanje signalom su: tržni centri, aerodromi, bolnice, stadioni, itd.

2. EVOLUCIJA MOBILNIH TEHNOLOGIJA

Mobilne tehnologije čine osnovu ćelijskih sistema. One su prešle put razvoja od prve generacije (1G) koja je bila analogna, do pete generacije (5G), poslednje koja je aktivna, ali ne u svim delovima sveta. Takođe, postoji i šesta generacija (6G) koja je u fazi laboratorijskog razvoja i prve implementacije se očekuju do početka 2030. godine. 2G (GSM) tehnologija donosi digitalizaciju signala i svih servisa, pri čemu je glavni servis ove generacije bio prenos glasa i definisanje SIM (Subscriber Identity Module) kartice kao jedinstvene identifikacije korisnika na mreži. Od treće generacije 3G (UMTS, HSPA), razvoj mobilnih tehnologija preuzima svetsko standardizaciono telo 3GPP [2], koje započinje kontinualan proces razvoja, kroz iteracije četvrte 4G (LTE) i pete generacije, pa sve do danas. Svaka generacije mobilnih tehnologija donela je unapređenja u odnosu na prethodnu generaciju, kako u pogledu korisničkih servisa, tako i u optimizaciji upotrebe spektra, kao glavnog resursa mobilnih tehnologija.

Korisnički servisi koji su se razvijali vremenom, poput uspostave poziva (prenosa glasa), SMS poruka, strimovanja visokim kvalitetom, upotreba internet pretraživača (prenos podataka) i ostale brojne aplikacije, postale su deo svakodnevnog života nas korisnika i

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dejan Vukobratović, red. prof.

mobilni servisi postali su jedni od glavnih servisa koje korisnici (svesno i nesvesno) očekuju da rade, gde god da se nalaze.

2.1. Javne mobilne telekomunikacione mreže i usluge u Republici Srbiji

Po izveštaju RATEL-a iz poslednje tri godine, usluge mobilne tehnologije u Republici Srbiji pružaju tri operatera [3]:

- Telekom Srbija a.d.
- Yettel (Telenor) d.o.o.
- A1 Srbija d.o.o.

Navedena tri mrežna operatora na osnovu dobijenih pojedinačnih dozvola za korišćenje radiofrekvencija po sprovedenom postupku javnog nadmetanja, koriste određene delove sledećih radiofrekvencijskih opsega:

- 791-821/832-862 MHz
- 890-915/935-960 MHz;
- 1710-1780/1805-1875 MHz;
- 1900-1915 MHz (Ovaj opseg operateri još ne koriste);
- 1920-1965/2110-2165 MHz.

U Srbiji se aktivno koristi LTE tehnologija, kao poslednja generacija koja je implementirana u sklopu ćelijske strukture na ovim prostorima, dok je u planu uskoro i integracija 5G tehnologije u postojeću infrastrukturu.

3. INDOOR MOBILNI SISTEMI

Makroćelije postale su preopterećene brojem korisnika koje opslužuju. Veliki broj tih korisnika nalazi se unutar zgrada. Deo korisnika koji se nalaze u zatvorenom prostoru prima spoljni signal ali ne i dovoljno dobar kako bi imao potreban kvalitet servisa. Sa druge strane i pored toga oni zauzimaju kapacitet spoljne bazne stanice i doživljavajući problem, oni dodatno i unose problem.

Zadatak indoor sistema je da se upravo ovakav scenario otkloni i da se zadovolje obe strane, prvo da rastereti makroćelije od korisnika koji su smešteni unutar objekta i drugo, da obezbedi potreban kvalitet servisa i pokrivanje unutrašnjeg prostora signalom. Drugim rečima, mobilni uređaji korisnika, tokom svog boravka u ovakvim objektima treba da prepoznaju ćeliju indoor sistema kao dominantnu u odnosu na spolju ćeliju, tj. baznu stanicu [1].

Indoor mobilni sistemi se drugačije nazivaju indoor DAS (Distributed Antenna System) sistemi, koji se projektuju radi pokrivanja unutrašnjih prostora.

3.1. Podela indoor DAS sistema

DAS sistemi se mogu podeliti na pasivne, aktivne i mešovite, tj. hibridne, koji su kombinacija prethodna dva. Naziv sistema potiče od tipa opreme koja se koristi.

Pasivni sistemi sadrže pasivnu opemu. Ona može u osnovi podrazumeva koaksijalne kablove, razdelnike signala (spliteri, taperi, kapleri), kombajnere, atenuatore, pasivne indoor antene, itd. Pasivni sistemi samo prosleđuju RF signal i distribuiraju ga dalje u mrežu ka korisnicima, bez ikakve dodatne mogućnost upravljanja signalom.

Aktivni sistemi mogu da vrše digitalizaciju RF signala i njegovo upravljanje, tj. organizaciju pre dalje distribucije ka korisnicima. Komponente aktivnog sistema zahtevaju napajanje, što je bitna razlika u poređenju sa pasivnom opremom. Osnovne aktivne komponente su:

- Upravljačke (master) jedinice – vrše prijem RF signala i digitalizaciju istog. Prosleđuju i ograničuju digitalizovan signal ka daljoj aktivnoj mreži
- Jedinice za proširenje – aktivne komponente koje se često upotrebljavaju kao proširenje sistema ukoliko master jedinice nisu dovoljne za čitav sistem
- Pristupne tačke – vrše konverzije digitalnog signala u RF signal i unose pojačanje izlaznog signala
- Optički i Ethernet kablovi – veza između aktivnih komponenti.

Hibridni sistemi predstavljaju mešavinu pasivne i aktivne opreme, gde se na aktivni deo mreže nadovezuje i pasivna mreža, koja na svojim krajevima ima pasivne antene, kao interfejs između mreže i korisnika. Hibridni sistemi često predstavljaju najadekvatnije rešenje za velike projekte obzirom na kompromis cene i kvaliteta pokrivanja koje se postiže.

U nastavku sledi opis projektovanja indoor DAS sistema u stambeno-poslovnom kompleksu WEST 65, sa ERA aktivnim sistem vendora Commscope koji je implementiran u sklopu hibridnog DAS sistema.

4. PROJEKTOVANJE DAS SISTEMA U PROSTORU STAMBENO-POSLOVNOG KOMPLEKSA WEST65

4.1. Opis lokacije

Kompleks se sastoji iz dela avenije (stambeno-poslovni deo), kule sa 40 spratova (stambeni deo), tržnog centra i bolnice. Deo avenije nije bio od interesa za pokrivanje signalom i on je fizički odvojen od ostala tri dela, dok su kula, tržni centar i bolnica spojeni međusobno, navedenim redom i čine jedinstven objekat. Ispod čitavog kompleksa, obuhvatajući i aveniju, nalaze se dva podzemna nivoa garaža.

Na delu kompleksa koji obuhvata kulu, tržni centar i bolnicu implementiran je hibridni DAS sistema, sa komponentama aktivnog ERA sistema, vendora Commscope, kao jednog od vodećih lidera iz ove oblasti na tržištu, dok je u okviru podzemnih nivoa parkinga postavljen čisto pasivni DAS sistem.

Projektovanje i instalaciju sistema izvodio je inženjerski i tehnički tim firme Panos Inženjering, iz Novog Sada.

Izgled kompleksa WEST 65 prikazan je na slici 1.

4.2. ERA Commscope digitalni DAS sistem

ERA sistem [4], vendora Commscope predstavlja potpuno digitalno rešenje. ERA je multioperaterski sistem koje može da ponudi potpuno aktivno rešenje, ili hibridno, gde bi se na pristupne tačke nadovezala mreža pasivnih elemenata.



Slika 1. Izgled stambeno-poslovnog kompleksa WEST 65

Arhitektura ERA sistema je prilagodljiva okruženju u kojem se projektuje, a osnovne komponente su:

- WIN/CAN – master jedinice za centralizaciju sistema u koje ulaze signali baznih stanica i nad kojima se vrši digitalizacija. CAN predstavlja minimalnu potrebnu komponentu kako bi se sistem definisao, dok je WIN viši stepen arhitekture koji nije nužan.
- TEN – jedinica za proširenje sistema
- UAP/CAP – pristupne tačke koje konvertuju digitalizovani signal nazad u RF i pojačavaju ga ka daljoj distribuciji mreže.

U okviru WIN/CAN/TEN komponenti dodaju se interfejsni moduli u vidu karica, koji mogu biti tipa:

- Donor kartice:
 - RFD - RF donor
 - CDD – CPRI digital donor
- Transportne kartice:
 - OPT – Optical transport
 - CPT – Copper transport
- Kontrolne kartice:
 - SUI – System user interface

Pristupne tačke ERA sistema definisane su kao:

- UAP (Universal access point) – potpuno aktivno rešenje, sa integrisanom antenom
- CAP (Carrier access point) – nema integrisanu antenu, potrebno je nadovezati mrežu pasivnih elemenata na njih (hibridno rešenje): Varijacije CAP jedinice su: CAPL, CAPM i CAPH

4.3. Inicijalna konfiguracija

Na lokaciji WEST 65, u okviru telekomunikacionih prostorija instalirane su bazne stanice sva tri operatera. Tehnologije i bednovi koji su pušteni na DAS sistem su: GSM 900 (B8), LTE 1800 (B3), LTE 1800 (B3) MIMO, UMTS 2100 (B1), LTE 2100 (B1), LTE 2100 (B1) MIMO.

Ista konfiguracija ulaza definisana je i za hibridni i za pasivni DAS sistem, u okviru kompleksa.

Signali sa baznih stanica dovode se na E-POI atenuatore, slabljenja 30 dBm-a, koji se ovim postupkom nivelišu na opseg snage od -16 do 16 dBm, kako bi RF donor kartice mogle da očitaju signale. Signali se zatim kombinuju, po frekvencijskom bendu, za sva tri operatera, u okviru multiband kombajnera, odakle se kombinovani izlazi vode na pojedinačne RFD portove.

Sistem očitava ukupno 36 frekvencijskih kerijera, pri čemu ima uvid o osnovnim informacijama svakog kerijera, a to su: Port RDF kartice koji ga očitava, Operater, Band, ARFCN, DL (Downlink), Tip, Cell ID i MIMO konfiguracija.

4.4. Sektorizacija

Na hibridnom sistemu definisana su dva sektora, prvi opslužuje bolnicu, tržni centar i prva tri sprata kule, dok drugi sektor opslužuje ostatak spratova kule, od 3. do 40. sprata. Pasivni DAS u garažama definisan je kao treći, potpuno nezavistan sektor.

Sektorizacija je usko povezana sa kapacitetom sistema. Jedan sektor ne može da opsluži sve korisnike na lokaciji, pa je potrebno prvo proceniti broj korisnika na objektu i zatim spram toga definisati broj sektora, kao dodatnog kapaciteta sistema.

4.5. MIMO 2x2

Na sistemu su korišćeni CAPM radio moduli, zbog kojih je čitav sistem mešovitog (hibridnog) tipa. CAPM moduli nemaju integrisanu antenu i sa pojačanjem od 30dBm pojačava ulazni signal i distribuira ga dalje u mrežu.

Na zahtev operatera implemetirana je MIMO 2x2 tehnika u hibridnom sistemu. MIMO 2x2 je ostvaren kaskadnim povezivanjem CAPM jedinica, zbog čega se na svakoj planiranoj poziciji radio modula nalaze dve CAPM jedinice. Na putanji od CAPM jedinica ka MIMO pasivnim antenama sve pasivne komponente su duplirane.

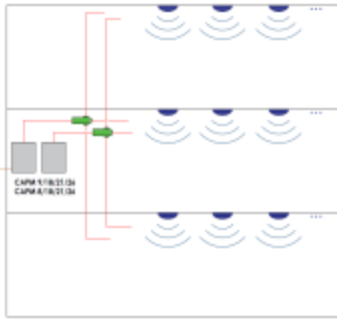
Svaka CAPM jedinica emituje signal strimove, tj. organizovane ulazne kerijere, kako bi ostvario MIMO 2x2 kapacitet.

4.6. Pozicioniranje opreme i kalkulacija zračenja

Rezultat planiranja opreme predstavlja kompromis između budžeta operatera i fizičkih ograničenja na objektu.

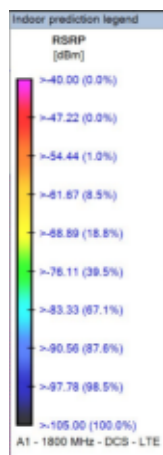
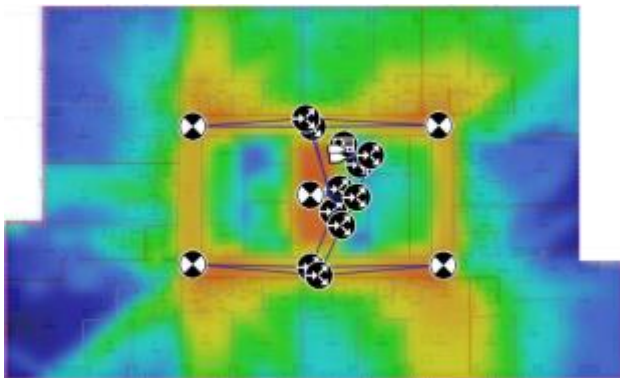
Primeru radi, projetovanje sistema u kuli zamišljeno je postavljanje pozicije jednog para CAPM jedinica na svaki treći sprat kule, pri čemu bi te jedinice pokrivala sprat iznad, sprat ispod i trenutni sprat, gde u proseku imamo 5 omidirekcionih antena po spratu. Princip povezivanja prikazan je na slici 2. Nakon definisanja pozicije komponenti sistema, sa pozicijom antena, izvodi se kalkulacija nivoa signala u prostoru koji se pokriva.

Radio mapa pokrivanja urađena je uz pomoć IBwave softvrskog alata, pri čemu su kao referentni indikatori stanja signala uzeti parametri RSSI i RSRP, za LTE 1800 tehnologiju.



Slika 2. Planiranje pokrivanja tipskog sprata kule

Radio mapa pokrivanja signalom, sa prohodno definisanim pozicijama opreme na spratu kule, prikazana je na slici 3. Referentni parametar je RSRP, kao indikator snage LTE signala.



Slika 3. IBwave radio mapa za LTE 1800 tehnologiju

Kalkulacija signala na izlazu iz antene može se izračunati i postupnom kalkucijom, računajući slabljenje signala

od CAPM jedinice, sve do izlaza antene, pri čemu se uz pomoću izarza (1) dobija ukupna izlazna snaga na anteni:

$$EIRP = (CAPM\ pow) - (Path\ loss) + (Antenna\ gain) \quad (1)$$

Dodatno, može se izračunati nivo polja signala na proizvoljnoj udaljenosti od antene, što je prikazano u izrazu (2):

$$Field\ level = EIRP + (Air\ path\ loss) + (Building\ materials\ loss) \quad (2)$$

5. ZAKLJUČAK

Završna faza implemetacije sistema, nakon instalacije opreme, podrazumeva i određena merenja signala. Na lokaciji su spravedena merenja uz pomoć G-MoN mobilne aplikacije koja prikazuje nivoe različitih parametara signala, za različite tehnologije, iz čega se može videti da li sistem zadovoljava opšte kriterijume za dobre nivoe signala.

Treba istaći da projektovanje ovakvih sistema ima dve strane, prva se odnosi na planiranje *coverage* dela, gde je potrebno obezbediti dobro pokrivanje signalom na više od 95% površine od interesa u datom objektu, što je u ovom slučaju bio zadazak inženjerskog tima firme Panos Inženjering, dok je deo optimizacije koji upravlja radom i kvalitetom svih korisničkih servisa i hendoverom, na strani operatera, koji konfigurišu svoje bazne stanice.

6. LITERATURA

- [1] Mort en Tolstrup, Third Edition, „A practical Guide for 2G, 3G, and 4G“
- [2] 3GPP – The Mobile Broadband Standard. (n.d.). <https://www.3gpp.org/>
- [3] Regulatorna agencija za elektronske komunikacije i poštanske usluge RATEL - „Pregled tržišta elektronskih komunikacija i poštanskih usluga u Republici Srbiji u 2021. godini“
- [4] ERA® Digital Distributed Antenna System CommScope. (n.d.). CommScope. <https://www.commscope.com/product-type/in-building-cellular-systems/distributed-antenna-systems-das/era/>

Kratka biografija:



Strahinja Avramović rođen je u Novom Sadu 1997. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Energetika, elektronika i telekomunikacija – Informaciono-komunikacione tehnologije odbranio je 2023.god.
Kontakt:
strahinja.avramovic333@gmail.com