

Primena korporativnih bežičnih TCP/IP mreža na železnici

Damir Zaborski
Elektrotehnika u saobraćaju
Visoka železnička škola strukovnih studija
Beograd, Srbija
damir.zaborski@gmail.com

Zoran Avramović
Saobraćajni fakultet
Univerzitet u Beogradu
Beograd, Srbija
zoran.avramovic@sf.bg.ac.rs

Ilija Ranković
Hibrid integracije
Beograd, Srbija
iljakzs@hotmail.com

Dragan Ranković
Sektor za IKT
"Srbija Voz" a.d.
Beograd, Srbija
dragan.rankovic@srbvoz.rs

Sažetak: Pored zapaženog razvoja mobilnih mreža (trenutno je u toku standardizacija 5G sistema), u svetu je prisutan i intenzivan razvoj drugih tipova bežičnih mreža, posebno računarskih, koje omogućavaju velike brzine prenosa. Aktuelna je i primena bežičnih senzorskih mreža i Internet of Things (IoT) koncepta umrežavanja.

Razvoj novih mrežnih radio tehnologija zasniva se na konceptu pristupa bežičnim uređajima na bazi instaliranja malih ćelija ili pristupnih tačaka, koje su povezane u grupe brzim optičkim mrežama. Tako se ostvaruje saradnja unutar grupe da bi se zajednički upravljalo resursima u datoj mrežnoj oblasti.

Stvaranje pametnih transportnih sistema prilagođenih okolini i mobilnosti je među visokim prioritetima u razvoju saobraćaja širom sveta. Železnički prevoz je prepoznat kao vitalni deo ovog procesa.

U radu su prikazane mogućnosti bežičnih pristupnih tehnologija, dat je opšti predlog arhitekture i implementacije bežičnih pristupnih mreža na železnici.

Ključne reči 1; bežična mreža, 2; pristupna tačka 3; železnica

I. UVOD

Današnji standardi poslovanja železničkih kompanija podrazumevaju da je zaposlenima omogućeno da rade i preko bežične računarske mreže, kao što je i gostima firme omogućeno da imaju bar osnovni pristup Internetu kada borave u prostorijama firme. Rešenja koja se implementiraju kako bi se ovo omogućilo zasnivaju se na tome da je bežična mreža koja se postavlja centralno kontrolisana, a da se pristupna mreža sastoji iz pristupnih tačaka koje se strateški postavljaju tako da kvalitetnim signalom pokriju zahtevano područje.

I danas se često pominje poznati citat iz kulture serije „Ne može to bez kabla“, za koji možemo reći da važi u pojedinim situacijama, i stoji da bežične pristupne mreže još uvek ne

moгу dati toliko kvalitetan pristup kao žične. Međutim, napredak tehnologije i promena načina poslovanja i života uopšte su doveli do toga da postoje dovoljno dobra rešenja koja je moguće implementirati kako bi se ostvarile i mobilnost, a uz to i održana udobnost prilikom boravka na radnom mestu.

II. MOGUĆNOSTI KOJE PRUŽAJU BEŽIČNE TEHNOLOGIJE

A. Način rada bežičnih mreža

Rasprostranjenost bežičnih uređaja, kao i benefit pristupa Internetu u većini situacija doveli su do toga da i radnici neretko danas imaju mobilne uređaje- kako radne stanice, tako i druge vrste mobilnih uređaja koji su im potrebni za svakodnevno obavljanje radnih obaveza. Svi uređaji na radnom mestu, i službeni i privatni, uglavnom za pristup računarskoj mreži koriste korporativnu bežičnu mrežu koju nudi firma.

Bežična mreža mora da bude odgovarajućeg kvaliteta da bi mogla da podrži rad sa mobilnih uređaja, s tim da zahtevani kvalitet može varirati u zavisnosti od prirode posla. Pored toga, potrebno je da mreža ima i mogućnost da ponudi bežični pristup i različitim vrstama privatnih uređaja i da im obezbedi pristup, a da na taj način ne ugrozi bezbednost firme.

Ovakav način rada je doveo do pojavljivanja novih principa u poslovanju. Jedan od njih je princip *BYOD – Bring your own device*. Ovo je princip koji se u svetu sve češće primenjuje i podrazumeva da je radnicima dozvoljeno da za rad koriste svoje lične uređaje. Ovo daje dodatnu udobnost prilikom rada, ali sa sobom nosi rizike zato što je ovim uređajima potrebno omogućiti pristup korporativnoj mreži. Ovaj koncept još uvek nije u potpunosti zaživeo u okviru

sistema željeznica, ali je svakako nešto na šta treba računati u budućnosti. [1]

B. Razvoj bežičnih tehnologija

Napredak tehnologije je omogućio da mreža bude brža i pouzdanija uvodeći nove standarde 802.11 protokola, kao i nove načine komunikacije pristupne tačke i uređaja poput *MIMO* (*Multiple input multiple output*) i *MU* (*Multi user*) *MIMO*. Da bi pomenute nove tehnologije mogle da se koriste, potrebno je i da korisnički uređaji i pristupne tačke podržavaju nove standarde, tako da pristupne tačke po pravilu i dalje podržavaju i starije verzije ovog protokola. Standardi protokola koji su omogućili da bežične mreže počnu da rade na većim protocima su *IEEE 802.11n* i *IEEE 802.11ac*. Ovi standardi podržavaju i *MIMO* i na taj način omogućavaju da se protok koji je njima omogućen dodatno poveća. [2]

IEEE 802.11n je standard koji definiše komunikaciju između uređaja u bežičnim računarskim mrežama. Od strane *Wi-Fi Alliance* je retroaktivno imenovan i kao *WiFi 4* zato što je uveo novine koje se mogu smatrati novom generacijom. Standard je kreiran kako bi omogućio veći protok od svojih predhodnika *IEEE 802.11a* i *IEEE 802.11g*, i u tome je uspeo podižući ukupan protok sa 54 Mb/s na 72 Mb/s na jednom kanalu od 20 MHz i 600 Mb/s na kanalu od 40 MHz. Ovo je postignuto na taj način što standard predviđa korišćenje većeg broja antena. *IEEE 802.11n* standard je uveo korišćenje *MIMO*-a pored toga je omogućio da se radi i *frame aggregation* i povećao sigurnost. Ovaj standard može da radi na frekvencijama od 2.4 GHz i 5 GHz. [3]

IEEE 802.11ac je standard koji definiše komunikaciju između uređaja u bežičnim računarskim mrežama. Od strane *Wi-Fi Alliance* je retroaktivno imenovan i kao *WiFi 5* zato što je uveo novine koje se mogu smatrati novom generacijom. Ovo je standard koji radi na frekvenciji od 5 GHz. Koristeći širi kanal, od 160 MHz, više *MIMO* kanala (najviše do 8), *MU MIMO*, modulacije visoke gustine *WiFi 5* obezbeđuje protok od bar 1Gb/s dok je protok jedne veze bar 500 Mb/s. Uređaji klasifikovani kao *Wave 1* rade u skladu sa nacrtom standarda 3.0 i koji je uveden 2013. Godine pre donošenja zvaničnog standarda, dok uređaji klasifikovani kao *Wave 2* koriste sva svojstva standarda koji postoji od 2016. godine [4]

Implementacija korporativne bežične mreže omogućava da se ista bežična mreža ponudi na velikom prostoru, tako što se koristi ćelijski način pokrivanja. Na zadatoj površini se raspoređuje dovoljan broj pristupnih tačaka, u zavisnosti od tražene pokrivenosti i kvaliteta. Svaka tačka predstavlja jednu ćeliju sistema za pristup, i konfigurisane mreže *Service Set Identifier (SSID)* se mogu nuditi u svim ćelijama. Pošto je očekivano da korisnici pristupne mreže imaju dobar signal i kada se kreću između ovih ćelija, implementirana je opcija roving.

Roving omogućava da se korisnički uređaji automatski konektuje na pristupnu tačku koja im nudi najbolji signal, i da pritom ne moraju da prolaze ponovo kroz ceo proces

prijavlivanja na sistem, kako bi prekid bio što kraći. Način na koji se ovo postiže i logika koja stoji iza ovoga uglavnom zavisi od proizvođača korisničkog uređaja, kao i od proizvođača pristupne mrežne opreme. Roving između ćelija ne bi trebalo da se dešava ukoliko nije apsolutno neophodan, pa se zbog toga uglavnom inicira tek kada signal pristupne tačke na koju je uređaj trenutno priključen padne ispod neke unapred definisane vrednosti.

U opštem slučaju proces rovinga između ćelija se može podeliti na četiri osnovna koraka:

1. Korisnički uređaj aktivno ili pasivno skenira da li u okolini ima dodatne ćelije
2. Na korisničkom uređaju se inicira da treba da promeni ćeliju, tj. da uradi roving
3. Korisnički uređaj uradi skeniranje da vidi da li mu je i dalje dostupna druga ćelija
4. Uređaj se konektuje u drugu ćeliju.

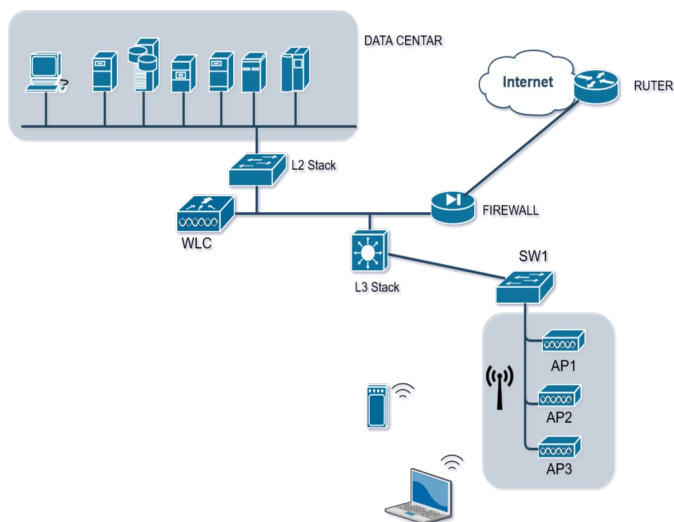
Ovakve mreže omogućavaju i da se korisnicima obezbedi sigurniji i lakši pristup bežičnoj mreži tako što omogućavaju da se kao način autentifikacije koriste napredni servisi, a ne svima poznata šifra (*Pre shared key*). Neki od načina na koje je omogućena autentifikacija korisnika koristeći ovakva rešenja su *Captive portal* i *RADIUS* autentifikacija.

Captive portal je način delegiranja autentifikacije korisnicima na predefinisani web portal koji je uglavnom posebno napravljen. Autentifikacija na portalu može biti raznovrsna, od toga da neko pročita i prihvati uslove korišćenja, do autentifikacije korisničkim imenom i šifrom koji su vezani za neki drugi sistem. Po uspešnoj autentifikaciji na ovom portalu, potvrđna informacija o uspešnoj autentifikaciji se vraća kontroleru.

RADIUS autentifikacija je način delegiranja autentifikacije korisnika *RADIUS* serveru. Ovo je server koji autentifikuje korisnike koristeći ili svoju lokalnu bazu ili upitom u neki od postojećih baza korisnika u sistemu, npr. *Active directory*. Ovaj sistem autentifikacije se radi na principu 802.1x standarda. 802.1x standard je standard koji je definiše kako se uređajima dozvoljava pristup mreži kada ga zatraže, i odnosi se generalno na bilo kakav pristup mreži, ne samo bežični. U *Windows* okruženju umesto podizanja *RADIUS* servera moguće je koristiti i nativno rešenje u vidu *NPS – Network policy server*. [5]

III. OPŠTA ARHITEKTURA BEŽIČNE PRISTUPNE MREŽE NA ŽELEZNICI

Osnovna arhitektura prilikom postavljanja ovakve mreže se zasniva na tome da se rasporede centralno kontrolisane pristupne tačke, i prikazana je na slici 1.



Slika 1. Opšta arhitektura računarske mreže na železnici

Kao što se vidi sa slike 1., uređaji AP 1-3 koji predstavljaju bežičnu pristupnu mrežu se povezuju preko žične pristupne mreže, koja je označena sa SW1. Kako bi se oni konfigurisali i podesili u mreži mora da postoji i uređaj na koji se oni asociraju i koji ih kontroliše, a na slici je to uređaj WLC (Wireless LAN Controller). Dalje se sa slike može videti da je cilj ovog načina povezivanja da se uređajima koji se na ovaj način konektuju u mrežu omogući pristup kako lokalnim servisima, tako i pristup Internetu. [6]

Prilikom projektovanja i implementacije ovakvih pristupnih mreža potrebno je proći kroz sledeće korake:

1. Raspored i količina pristupnih tačaka kako bi se kvalitetnim signalom pokrio traženi prostor.
2. Detekcija uskih grla u implementaciji i određivanje maksimalnog protoka koji će mreža moći da ponudi korisnicima
3. Maksimalan broj različitih uređaja koji će moći istovremeno da koriste ovu mrežu.

A. Raspored i količina pristupnih tačaka

Prilikom projektovanja broja pristupnih tačaka kao i njihovog rasporeda polazi se od pokrivenosti koju svaka tačka može da pruži.

Karakteristike zračenja pristupnih tačaka su opisane u tehničkoj specifikaciji dijagramima zračenja. Uzimajući u obzir raspored fizičkih prepreka na terenu, treba naći idealna mesta za postavljanje uređaja kako bi svaki od njih mogao da pruži najveću moguću pokrivenost. Pristupne tačke uglavnom

omogućavaju pristup koristeći više standarda tehnologije 802.11, čije su karakteristike dometa i brzine u obrnutoj proporciji. Na primer, standard B ima veći domet u odnosu na standard N, ali je N standard zato brži, tako da ukoliko je zahtev projekta da se uglavnom radi na N standardu, pristupne tačke je potrebno gušće postavljati. Svaki standard ima preporučenu minimalnu snagu signala koja treba da bude zadovoljena kako bi se pristup smatrao kvalitetnim, tako da cilj proračuna treba da bude da se na što većem prostoru ovo obezbedi.

Pristupne tačke su sve deo istog sistema i kao takve su „svesne“ jedne drugih. Ovo znači da ukoliko se nalaze previše blizu jedna drugoj one će smanjivati svoje snage zračenja kako se ne bi međusobno ometale, te stoga ne smeju biti ni previše gusto raspoređene zato što onda neće raditi tako da imaju optimalnu pokrivenost. Ukoliko se na ovo ne obrati pažnja, za dobru pokrivenost će biti potrebno više pristupnih tačaka nego što je neophodno, što će bez potrebe učiniti rešenje skupljim.

Svaka pristupna tačka može se posmatrati i kao jedna ćelija ove pristupne mreže. Svi standardi pristupne tehnologije 802.11 rade na ograničenom broju radio kanala. Prilikom dizajna treba imati u vidu da susedne ćelije ne mogu da koriste iste kanale na kojima rade. Ukoliko kontroler ne obavlja automatsko raspoređivanje na kojim kanalima radi koja pristupna tačka, potrebno je u dizajnu uraditi raspoređivanje istih i ručno ih podesiti. [7]

B. Kapacitet mrežnog sistema - protok

Kada se projektuje sistem za pristup uvek treba imati u vidu koliki maksimalni propusni opseg može da ponudi korisnicima. Isto važi i kada se projektuje sistem za bežični pristup.

Ograničenja protoka na koja posebno treba obratiti pažnju se svode na ograničenja uređaja u lancu kojim je predviđeno da se obavlja saobraćaj. Ova ograničenja se uglavnom odnose na to koliko saobraćaja može da obradi svaki od uređaja, i koliko je ograničenje saobraćaja koji može da prođe preko komunikacionog kanala između dva uređaja.

Svaki mrežni uređaj ima maksimalnu količinu saobraćaja koju može da obradi u jedinici vremena, i ovo ograničenje je dato u njegovoj tehničkoj specifikaciji. Prvi uređaj na koji treba obratiti pažnju je pristupna tačka, koja treba da bude odabrana tako da može da obradi predviđeni korisnički saobraćaj za korisnike koji će biti u njenoj ćeliji. Nakon toga, u zavisnosti kako je rešena žična lokalna mreža, treba proveriti da li i ostali uređaji kroz koje prolazi ovako generisani saobraćaj mogu da ga obrade.

Prva veza u bežičnoj mreži je veza između korisničkog uređaja i pristupne tačke. Ona ima ograničenje u smislu saobraćaja koji može da prođe preko nje u jedinici vremena i zavisi od standarda koji se koristi, kao i od kvaliteta signala. Svaka sledeća veza od interesa je veza između pristupne tačke i žične računarske mreže. Ova veza treba da bude

projektovana tako da njen kapacitet može da podrži saobraćaj koji se očekuje da bude generisan u ćeliji koju predstavlja ta pristupna tačka. Dalja ograničenja kapaciteta veza zavise od toga kako je rešena lokalna mreža, i treba imati u vidu da postojeće veze između uređaja u lancu treba da budu u stanju da podrže saobraćaj koji će biti generisan iz bežične mreže.

C. Kapacitet sistema – korisnici

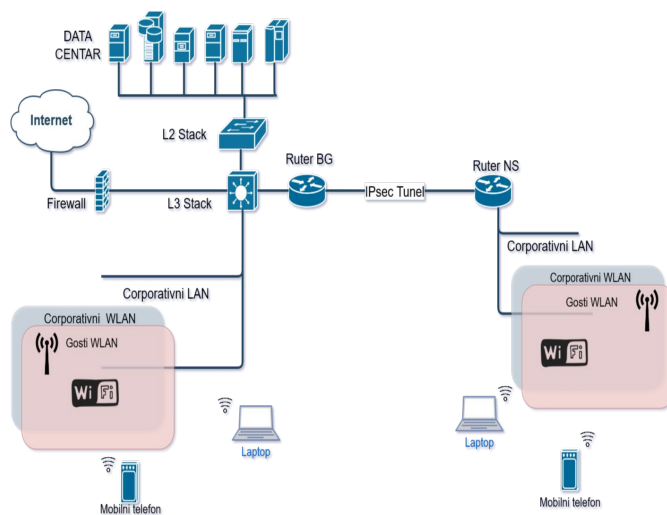
Kada se govori o korisničkom kapacitetu sistema misli se na broj korisničkih uređaja koji mogu istovremeno da koriste pristupnu mrežu.

Ovaj parametar je definisan od strane proizvođača, i dat je u tehničkoj specifikaciji. Ograničenje koje se odnosi da pristupne tačke predstavlja najveći mogući broj uređaja koji može da bude istovremeno priključen na pristupnu tačku. Drugo ograničenje je ograničenje kompletnog sistema, koje dolazi od strane kontrolera koji se koristi u sistemu. Dodatno ograničenje koje postoji na kontroleru je i ograničenje broja pristupnih tačaka sa kojima kontroler može da radi.

IV. IMPLEMENTACIJA BEŽIČNIH PRISTUPNIH MREŽA ZA POTREBE ŽELEZNICE

Implementacija koja je prikazana odnosi se na postavljanje jedne bežične pristupne mreže na železničkoj stanici u Novom Sadu. Bežični pristup objašnjen na primeru ove stanice predstavlja potencijalno rešenje povezivanja i svih ostalih stanica na železničkoj mreži. Zadatak je bio da se u okviru postojeće žične mreže omogući i bežični pristup. Cilj ovog pristupa je da prvenstveno pruži komfor putnicima koji se nalaze na stanici, ali i da omogući zaposlenima da pristupe korporativnim servisima koristeći bežični pristup kada za to ima potrebe. Veza između ove lokacije i centralne lokacije u Beogradu, kao i osnovne funkcionalnosti lokacija predstavljene su na slici 2.

Kao što se može videti sa slike 2., na lokaciji u Novom Sadu će se nalaziti samo pristupna mreža- kako žična tako i bežična, dok se ostali servisi (lokalni i javni) nalaze na lokaciji u Beogradu.



Slika 2. Uprošćena šema povezivanja stanica u intranet železnice

Ovo rešenje troši dodatne resurse slanjem celokupnog saobraćaja kroz tunnel koji povezuje ove dve lokacije, i dodatno opterećuje lokaciju u Beogradu, ali omogućava da se vrši filtriranje saobraćaja na višem nivou koristeći mrežni Firewall koji nije predviđen na lokaciji u Novom Sadu. Da bi se ovo rešenje implementiralo tako da ne utiče na centralnu lokaciju, potrebno je postaviti ograničenja na saobraćaj koji dolazi sa lokacije u Novom Sadu. Ova ograničenja u smislu protoka se implementiraju kako na lokalnoj opremi u Novom Sadu, tako i na profilima koji se prave za bežične mreže koje će se tamo koristiti. Postavljena su sledeća ograničenja:

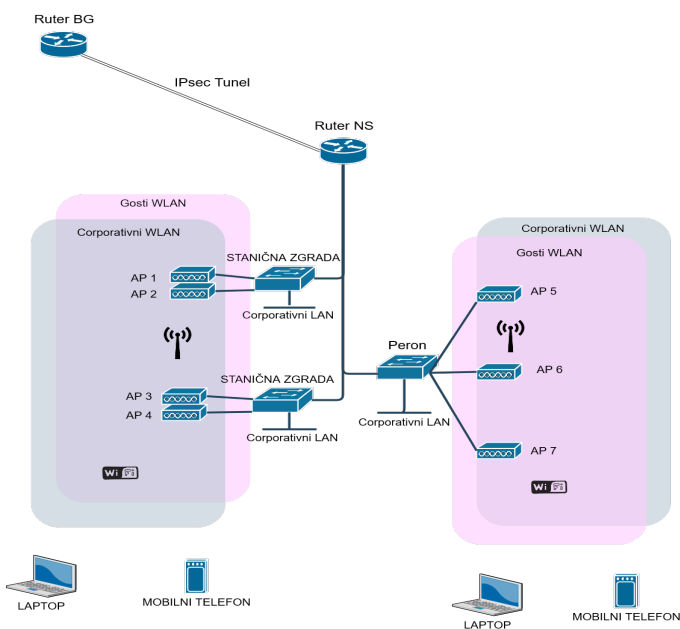
- Korisnici bežične mreže za goste nemaju pristup korporativnoj mreži, već mogu pristupati samo Internetu, sa ograničenim ukupnim protokom
- Korisnici korporativne mreže, kako bežične tako i žične, nemaju ograničen protok ka korporativnim serverima koji se nalaze na lokaciji u Beogradu
- Korisnici korporativne mreže, i bežične i žične, imaju ograničen protok ka Internetu.

Navedena ograničenja protoka postavljena su tako da ne utiču na redovan rad i postoje najviše zbog toga da se bežična mreža ne bi zloupotrebila za obaranje centralne lokacije generisanjem prevelike količine saobraćaja.

Lokacija u Novom Sadu je podeljena u smislu mrežnog pristupa na dve celine: stanična zgrada i peroni. Procenjeno je da je za obezbeđenje bežičnog pristupa dovoljno da se na svakom spratu postave po dve pristupne tačke, dok je za svaki peron potrebno po 3 pristupne tačke. Iako je površina pokrivanja veća, postoji manje fizičkih prepreka koje se nalaze na peronima pa se lokacija može pokriti sa manjim brojem pristupnih tačaka. Šema mreže nakon postavljanja pristupnih tačaka data je na slici 3. Lokalne žične mreže prikazane kao Corp LAN služe uglavnom za pristup korporativnim servisima.

U njima se u zgradi nalaze radne stanice, štampači i terminali za izdavanje karata, dok se i u staničnoj zgradi i na peronima nalaze satovi i informacione table. Ovi železnički sistemi već postoje na lokaciji i jedan od ciljeva je da se takvi servisi ne ugroze prilikom postavljanja novog načina pristupa. Očekivani saobraćaj iz bežičnih mreža kako korporativne tako i iz mreže za goste je prema Internetu, mada će postojati mogućnost pristupa korporativnim servisima iz bežične mreže namenjene radnicima. [8], [9]

Za ovu implementaciju je potrebno dodati tri nova adresna mrežna opsega na lokaciji u Novom Sadu, i iste propustiti kroz tunel ka centralnoj lokaciji. Dva opsega će biti za nove pristupne mreže za goste i za zaposlene, gde posebno treba obratiti pažnju da u mreži za goste ima dovoljno raspoloživih adresa, zato što se tu očekuje veći broj korisnika.



Slika 3. Šema povezivanja bežične računarske mreže u Novom Sadu na centralnu lokaciju

Treći opseg treba da bude za upravljanje pristupnim tačkama, i za njihovu međusobnu komunikaciju, posebno je bitno i da WLC uređaj sa centralne lokacije ima pristup ovoj mreži, kako bi mogao da upravlja sa pristupnim uređajima. Idaje je da sve ove mreže koriste lokalno konfigurisan DHCP server, koji će biti podešen na ruteru, dok će pristupne tačke imati unapred podešene adrese, kako bismo mogli da ih dodamo na kontroler.

Kada se izvrše osnovna podešavanja na lokaciji u Novom Sadu, bežična mreža se dalje konfigurira na kontroleru koji se nalazi na centralnoj lokaciji. Prvo je potrebno dodati nove pristupne tačke na kontroler, kako bi on preuzeo kontrolu nad njima i kako bi nove pristupne tačke postale deo celokupnog sistema bežičnog pristupa koji se nudi na nivou firme. Iako je moguće da se neka od već postojećih bežičnih mreža pusti i u Novom Sadu, praksa je pokazala da je u ovakvim situacijama

ipak bolje konfigurirati posebnu mrežu. Ovo omogućava da administrator na osnovu adresa zna sa koje lokacije mu dolazi saobraćaj i da lakše podešava pravila za filtriranje na osnovu adresa. [8], [9]

Pošto je odluka bila da se puste dve nove bežične mreže na lokaciji u Novom Sadu, njih je potrebno definisati i na kontroleru. Parametri koje je neophodno postaviti prilikom konfigurisanja ovih mreža su:

- Ime profila
- SSID (Service Set Identifier)
- Autentifikacija
- Ograničenja

Ime profila predstavlja ime pod kojim se profil ove mreže zove na WLC-u. Ovo ime je bitno samo administratorima sistema i služi da bi administratori mogli lakše da prepoznaju na koji se bežični pristupni profil odnosi.

SSID – Service Set Identifier predstavlja ime po kom će korisnici moći da nađu bežični pristup na lokaciji. Ovo ime može biti skriveno ili javno, tj. moguće je uraditi dodatno zaštitu, gde je potrebno da neko zna i ime mreže i parametre autentifikacije kako bi se na nju prijavio. U ovom slučaju za obe mreže je ostavljeno da budu javno dostupne.

Autentifikacije može da bude konfigurisana na više načina, od kojih su nama od interesa bili *Captive portal* i autentifikacija preko RADIUS servera.

Captive portal predstavlja način autentifikacije prilikom koje se uređaj koji treba da prisupi mreži preusmeri na web portal na kom treba da se autentifikuje. Portal za goste u okviru sistema železnice ne zahteva dodatnu autentifikaciju, već samo prihvatanje uslova korišćenja. Ovakva vrsta autentifikacije se koristi za gostinsku mrežu koju će koristiti putnici.

RADIUS je autentifikacija prilikom koje se sa WLC-a autentifikacija delegira na eksterni RADIUS server. Kada prođe proces autentifikacije na ovom serveru, vraća se povratna informacija WLC-u kako bi kontroler znao da je korisnik autentifikovan da pristupi mreži. RADIUS je u okviru Železničkog sistema realizovan kao Windows NPS server, koji je sinhronizovan sa Windows AD serverom i omogućava da se preko njega korisnici autorizuju koristeći domenske naloge. Ovo povećava sigurnost autentifikacije tako što se iste sigurnosne politike koje se primenjuju na domenski nalog primenjuju i na parametre za autentifikaciju. Ovaj način autentifikacije se koristi za korporativnu bežičnu mrežu kojoj će pristupati zaposleni.

Postavljena ograničenja se odnose i na ograničenje protoka ka centralnoj lokaciji. Ograničenje za bežičnu mrežu za goste je postavljeno na nivou SSID-a zato što je iz ove mreže moguć izlaz samo ka Internetu. Ograničenje za bežičnu mrežu

zaposlenih je postavljeno na ruteru zato što je njima ograničen protok samo ka Internetu, dok je protok ka korporativnim servisima neograničen.

V. ZAKLJUČAK

Prilikom postavljanja nove bežične pristupne mreže na lokaciji železnička stanica u Novom Sadu i praćenja rada iste, prikazane su sve prednosti ovakvih rešenja u odnosu na rešenja koja bi se implementirala na način jedna pristupna tačka jedna mreža.

Osnovna prednost predloženog rešenja za korisnike bežičnih mreža je povećanje brzine do koje je došlo kao rezultat napretka tehnologije, kao i mobilnost koja se postiže prijavom na samo jednu mrežu. Pored toga, benefiti su i u vidu ovlašćenja za pristup koje je poznato samo korisnicima u slučaju korporativne mreže, dok gosti treba da prihvate uslove korišćenja.

Za administrators, ovakva mreža predstavlja idealno rešenje zato što je centralno kontrolisana i ne zahteva da se pamte lokacije i način pristupanja pristupnim tačkama, što u velikoj meri olakšava konfigurisanje. Olakšana je i implementacija ograničenja, i omogućen centralizovani pregled uslova za korišćenje mreže, u cilju praćenja analiza rada mreže.

Konačno, možemo zaključiti da predložena implementacija bežičnih mreža u velikoj meri olakšava korišćenje i administraciju i predstavlja adekvatno rešenje za zadovoljenje svih potreba železničkih komunikacionih servisa i aplikacija.

Literatura

- [1] https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11ac
- [2] <https://en.wikipedia.org/wiki/MIMO>
- [3] https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11n-2009
- [4] https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/wireless/controller/8-5/Enterprise-Mobility-8-5-Design-Guide/Enterprise_Mobility_8-5_Deployment_Guide/MobilityGuide_Security.html

- [5] https://www.arubanetworks.com/assets/ds/DS_AP300Series.pdf
- [6] https://www.arubanetworks.com/assets/so/SO_SmartWorkplace.pdf
- [7] https://www.arubanetworks.com/assets/tg/AVD_Large-Campus-Design-Deploy.pdf
- [8] Zaborski D., Avramović Z., Predlog servisnog modela i arhitekture informaciono-komunikacionog sistema železnice, ITeO, Banja Luka; 2017.
- [9] Zaborski D., Avramović Z., Ranković D. Modernizacija sistema za rezervaciju i izdavanje karata na Železnici Srbije, ITeO, Banja Luka; 2018.

ABSTRACT

In addition to the remarkable development of mobile networks (standardization of 5G systems is currently in process), there is a progressive development of other types of wireless networks worldwide, especially of the wireless computer networks that allow high-speed transmission. The usage of the wireless sensor networks and the Internet of Things (IoT) networking concept is also very actual.

The development of new network radio technologies is based on the concept of access to the wireless devices connected to the installation of small cells or hotspots linked to the groups of high-speed fiber networks. This way of collaboration within the group allow us to manage resources in the subject network area. Creating of smart transport systems adapted to the environment and mobility is among the highest priorities in the development of transport worldwide. Rail transport is recognized as a vital part of this process.

The paper presents the possibilities of wireless access networks, gives a general proposal for the architecture and implementation of wireless access networks on the railway.

IMPLEMENTATION OF CORPORATE WIRELESS TCP/IP NETWORKS ON RAIL

Damir Zaborski, Zoran Avramović, Ilija Ranković, Dragan Ranković