

# Suvremeni bežični prijenos podataka

---

**Tomić, Robert**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Pula / Sveučilište Jurja Dobrile u Puli**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:137:593967>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-26**



*Repository / Repozitorij:*

[Digital Repository Juraj Dobrila University of Pula](#)



Sveučilište Jurja Dobrile u Puli  
Odjel za informacijsko-komunikacijske tehnologije

**ROBERT TOMIĆ**

**SUVREMENI BEŽIČNI PRIJENOS PODATAKA**

Završni rad

Pula, 2019.

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli  
Odjel za informacijsko-komunikacijske tehnologije

**ROBERT TOMIĆ**

**SUVREMENI BEŽIČNI PRIJENOS PODATAKA**

Završni rad

**JMBAG: 0303061736, redovni**

**Predmet: Računalne mreže**

**Znanstveno područje: Društvene znanosti**

**Znanstveno polje: Informacijske i komunikacijske znanosti**

**Znanstvena gana: Informacijski sustavi i informatologija**

**Studijski smjer: Informatika**

**Mentor: Prof. dr. sc. Mario Radovan**

Pula, 2019.



## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, dolje potpisani Robert Tomić, ovime izjavljujem da je ovaj seminarski rad rezultat isključivo mogega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da niti jedan dio seminarskog rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz kojega necitiranog rada, te da ikoji dio rada krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za koji drugi rad pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili radnoj ustanovi.

U Puli, 2019. godine

Student

Robert Tomić



IZJAVA  
o korištenju autorskog djela

Ja, Robert Tomić, dajem odobrenje Sveučilištu Jurja Dobrile u Puli, kao nositelju prava iskorištavanja, da moj završni rad pod nazivom Suvremeni bežični prijenosi podataka koristi na način da gore navedeno autorsko djelo, kao cjeloviti tekst trajno objavi u javnoj internetskoj bazi Sveučilišne knjižnice Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli te kopira u javnu internetsku bazu završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice (stavljanje na raspolaganje javnosti), sve u skladu s Zakonom o autorskom pravu i drugim srodnim pravima i dobrom akademskom praksom, a radi promicanja otvorenoga, slobodnoga pristupa znanstvenim informacijama. Za korištenje autorskog djela na gore navedeni način ne potražujem naknadu.

U Puli, 2019. godine

Potpis

Robert Tomić

## SAŽETAK

U ovom radu objasnit ćemo koji su suvremeni bežični prijenosi podataka, te nadolazeće tehnologije koje nadoolaze. Bežične mreže u današnjem svijetu uvelike olakšavaju prijenos podataka na mjestima gdje to ne bi bilo fizičkim putem moguće. Kako vrijeme napreduje i samim time i ljudska potreba za boljim i bržim prijenosima podatak. Zbog toga imamo WIFI koji godinama nastoji poboljšati svoju brzinu i sigurnost prijenosa podataka. Konkurencija mu je LIFI koji svoj prijenos bazira na svjetlosnom snopu. Osim prijenosa koji se baziraju na prijenosima srednjeg dometa, imamo i prijenose većega dometa kao što je nadolazeći 5G koji koristi frekvencije znatno manjih valnih duljina. LoRa WAN koji služi za ponajviše za upravljanje manjim jedinicama te je relativno nova tehnologija. Na kraju objašnjavamo najčešće vrste sigurnosti kod bežičnih prijenosa podataka. Cilj ovoga rada je da pokažemo na koji način određeni prijenosi rade, te za što se najviše koriste.

Ključne riječi: prijenos, bežični, podatak, elektromagnetski, valovi

## SUMMARY

In this paper, we will explain what modern wireless data transmissions are, and upcoming technologies that are emerging. In today's world, wireless networks make it much easier to transfer data where it would not be physically possible. As time progresses, so does the human need for better and faster data transfers. Because of this, we have WIFI that has been striving for years to improve its data transfer speed and security. Its competition is LIFI, which bases its transmission on the light beam. In addition to transmissions based on midrange transmissions, we also have longer range transmissions such as the upcoming 5G that use frequencies of much smaller wavelengths. LoRa WAN, which is primarily used to manage smaller units and is a relatively new technology. Lastly, we explain the most common types of wireless data security. The purpose of this paper is to show how certain transmissions work and what they are most used for.

Keywords: transmission, wireless, data, electromagnetic, waves

# Sadržaj

UVOD .....	1
1. BEŽIČNE MREŽE .....	2
1.1 ELEMENTI BEŽIČNE MREŽE .....	3
1.2 PREDNOSTI I MANE BEŽIČNE MREŽE .....	5
1.2.1 PREDNOSTI BEŽIČNE MREŽE .....	5
1.2.2 NEDOSTATCI BEŽIČNE MREŽE .....	5
2. BEŽIČNI PRIJENOS PODATAKA .....	6
2.1. PODATAK .....	6
2.2 TEHNOLOGIJE ZAPISIVANJA I PRIJENOSA SADRŽAJA .....	6
2.2.1 FDMA .....	6
2.2.2 TDMA .....	8
2.2.3 CDMA .....	9
2.4 RAD BEŽIČNOG PRIJENOSA .....	11
2.4.1 AMPLITUDNA MODULACIJA .....	11
2.4.2 FREKVENCIJSKA MODULACIJA .....	12
2.5 VRSTE BEŽIČNOG PRIJENOSA PODATAKA .....	13
2.5.1 WI-FI .....	13
2.5.1.1 KAKO RADI WI-FI .....	15
2.5.1.2 PREDNOSTI I NEDOSTATCI Wi-Fi-a .....	17
2.5.2 LI-FI .....	18
2.5.2.1 NAČIN RADA LI-FI-a .....	19
2.5.2.2 PREDNOSTI I NEDOSTATCI LI-FI-a .....	20
2.5.2.3. PRIMJENE LI-FI-a .....	21
2.6.3 5G MREŽA .....	21
2.6.3.1. MILIMETER WAVES .....	22
2.6.3.2. SMALL CELL .....	22
2.6.3.3. MASSIVE MIMO .....	22
2.6.3.4. BEAMFORMING .....	23
2.6.3.5. FULL DUPLEX .....	23



2.5.4 LORA WAN .....	23
2.5.4.1 Princip rada LoRaWAN.....	24
2.5.4.2 Vrste uređaja kod LoRaWAN-a.....	25
2.5.4.3 Primjene LoRaWAN.....	26
3.SIGURNOST BEŽIČNOG PRIJENOSA PODATAKA.....	27
3.1 WEP.....	27
3.2 WPA,WPA2.....	28
4. ZAKLJUČAK.....	29
5. LITERATURA .....	30

## UVOD

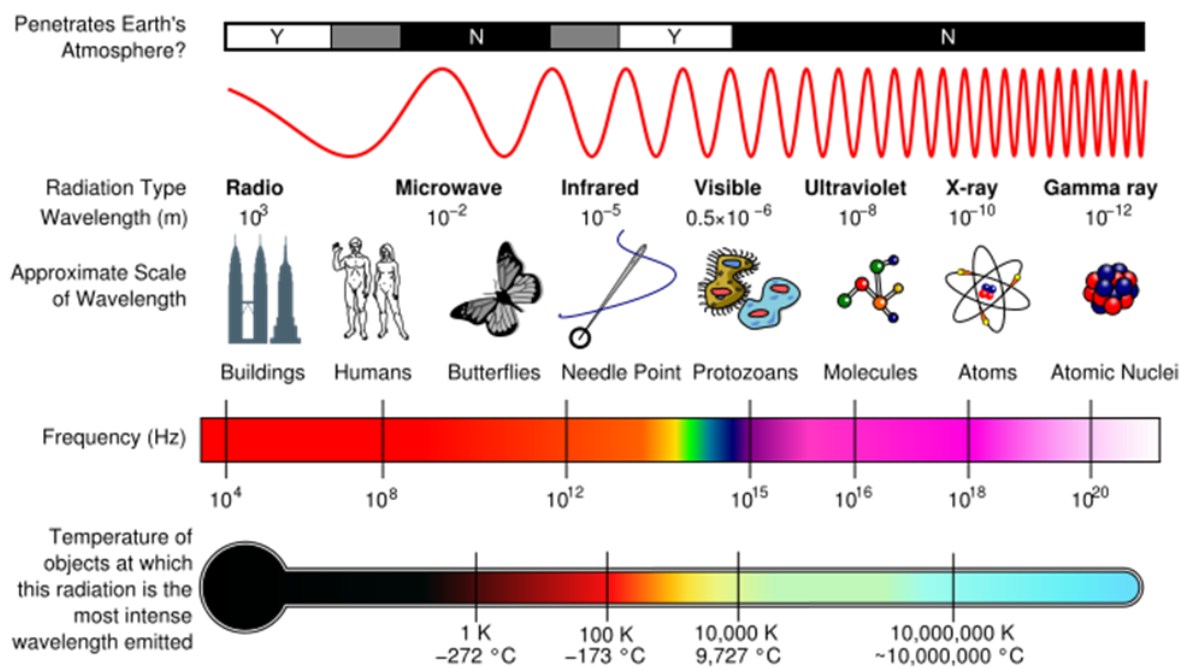
U današnje smo vrijeme sve više upoznati s bežičnom tehnologijom jer se može naći svuda oko nas. Namjena bežičnog prijenosa nije zamjena fizičke metode povezivanja i prijenosa podataka, nego olakšavanje prijenos podataka na mjestima gdje fizičkim putem nije moguće doći. Upravo zato nema osobe koja se nije susrela s barem jednom bežičnom tehnologijom. U svakodnevnicima se svi služimo pametnim telefonima kojima se putem Wi-Fi-ja spajamo na internet, bilo da se spajamo na kućnu mrežu ili na javno dostupne besplatne mreže, a sve to uz pomoć bežične tehnologije. Bežična nam tehnologija omogućava prijenos podataka i informacija bez osjećaja da se nešto događa oko nas.

Bežična nam tehnologija omogućava mobilnost i jednostavnost korištenja, a zbog te jednostavnosti većina korisnika ne razmišlja o sigurnosti. U većini su slučajeva korisnici nedovoljno informirani o potencijalnim opasnostima koje donosi spajanje na neku bežičnu mrežu pogotovo ako pristupaju važnim podacima, bankovnim računima, e-mailu ili ostalim sadržajima za koje je bitno da ostanu izvorno sačuvani i skriveni od trećih osoba. U medijima se sve više govori o zlonamjernim napadima na račune banaka gdje hakeri raznim sofisticiranim metodama i naprednim tehnologijama „upadaju“ u račune korisnika i bez većih poteškoća zaobilaze sve zaštite. Stoga je potrebno osigurati zaštitu jer je puno lakše presresti bežičnu informaciju nego onu putem žice.

U ovome ćemo radu objasniti na "lakši" način što su zapravo bežične mreže, na koji način rade, koje su razlike u bežičnim mrežama, a koje u bežičnom prijenosu podataka, te kako se zaštititi i koje su od njih najpovoljnije u odnosu za što nam točno trebaju i, naravno, koje protokole koriste kako bi nam osigurale našu sigurnost dok smo povezani s njima.

# 1. BEŽIČNE MREŽE

Bežične su mreže vrsta komunikacijske mreže koje povezuju jedan ili više uređaja, bez da medij prijenosa koristi fizičke medije za prijenos, a uspostavljaju se pomoću elektromagnetskih signala ili valova. Elektromagnetski valovi nastaju gibanjem elektrona u prostoru određenim brojem oscilacija u sekundi, što se naziva frekvencija<sup>1</sup>. Količina informacija koju elektromagnetski signal može nositi ovisi o rasponu frekvencije. Spektar je elektromagnetskih signala vrlo širok, a dijeli se na više dijelova, pri čemu signali iz različitih dijelova spektra imaju različite frekvencije i svojstva te se nazivaju specifičnim imenima. Razlikujemo radijske signale, mikrovalove, infracrvene valove, X zrake, Gama zrake. Vidljiva svjetlost i boje koje vidimo isto spadaju u elektromagnetske valove. Sve navedene primjere valova možemo vidjeti na Slici 1.1.



Slika 1.1 Spektar elektromagnetskih valova

Izvor: <https://edu.glogster.com/glog/svjetlost/23lt3fb4j0e?=&glogpedia-source> (pristupljeno 01.08.2019.)

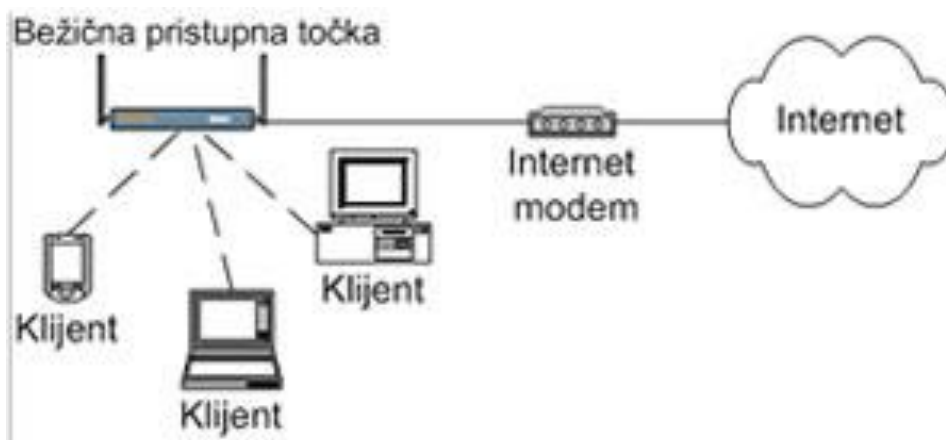
<sup>1</sup> <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=20569> (pristupljeno 01.08.2019.)

Zbog toga što se prijenosnici signala razlikuju po svojstvima neke su vrste signala pogodnije u nekim uvjetima, a signali druge vrste u drugim uvjetima. Svaki signal može naći svoju primjenu kako bi se maksimizirala njegova korisnost zbog čega neke vrste elektromagnetskih signala mogu prolaziti kroz zidove dok drugi nemaju tu mogućnost. Primjer toga su infracrvene zrake koje služe za prijenos podataka na manje udaljenosti između kojih nema nikakvih prepreka koje bi ometale taj prijenos podataka te se kao takve koriste unutar iste prostorije gdje se nalaze prijemnik i odašiljač tog signala. Primjer valova koji mogu prolaziti kroz zid su radiovalovi, mikrovalovi i X zrake. Mikrovalovi se u današnje vrijeme koriste kao sredstvo za kuhanje hrane, dok se X zrake, iako imaju malu štetnost za ljude ako se izlažu na duže i učestalo vrijeme, koriste u medicinske svrhe.

## 1. 1. ELEMENTI BEŽIČNE MREŽE

Osnovni elementi bežične mreže su:

- **Host** (čvor) – bilo koji uređaj povezan u računalnu mrežu (najčešće Internet) koji može korištenjem standardnih protokola ostvariti komunikaciju s drugim sličnim uređajima (hostovima) ili lakše rečeno krajnji uređaji na kojem se izvršavaju aplikacije.
- **Bežične veze** – računala se s baznom stanicom ili drugim računalima unutar mreže povezuju preko bežične komunikacijske veze. Različite tehnologije bežičnih veza karakteriziraju različite brzine prijenosa i različite domete.
- **Bazna stanica** – ključni je gradivni element bežične mrežne infrastrukture zadužen za slanje i prijem podatkovnih paketa ili od pojedinih računala unutar mreže kao i za koordiniranu predaju podataka većem broju računala koja su pridružena toj baznoj stanici. Primjer su baznih stanica pristupne točke (eng. Access Points) koje kontroliraju pristup mediju, a djeluju kao i mostovi prema drugim bežičnim i žičnim mrežama.



Slika 1.2. Elementi bežične mreže

Izvor: [http://www.infotrend.hr/userfiles/image/wifi\\_1.jpg](http://www.infotrend.hr/userfiles/image/wifi_1.jpg) (pristupljeno 02.08.2019)

Na slici vidimo osnovne elemente bežične mreže gdje je modem spojen na Internet, a na njega bežični modem koji putem valova šalje signale, te na taj način komunicira i šalje podatke korisnicima. Bazna je stanica najčešće povezana s nekom većom mrežom kao npr. Internet, javne telefonske mreže i sl., a djeluje kao poveznica između računala u bežičnoj mreži i ostatka svijeta. Računala koja su pridružena nekoj baznoj stanici rade u infrastrukturnom režimu rada jer se svi mrežni servisi ostvaruju preko mreže na koju je to računalo povezano preko bazne stanice.

## **1. 2. PREDNOSTI I MANE BEŽIČNE MREŽE**

Kao i svaka, tehnologija koja se pojavi na tržištu uvijek ima svoje zagovornike i protivnike tako da i bežične mreže imaju svoje prednosti i nedostatke u odnosu na žičani prijenos.

### **1. 2. 1. PREDNOSTI BEŽIČNE MREŽE**

Glavna je prednost bežičnih mreža što korisnik nema fizičkog prijenosnika, kabela putem kojeg bi korisniku bila ograničena kretanja. Korisnik je bežičnim prijenosom ograničen dosegom mreže, koja može dosezati u susjedne zgrade što žičnim putem nije najbolje. Ukoliko se uređaj nađe između dvije mreže na koje ima pristup utoliko bira onu s jačim signalom jer omogućuje brži prijenos podataka. Klijenti se u bežičnim mrežama prespajaju na sljedeću pristupnu točku u trenutku kada mrežna kartica zaključi kako je signal trenutne pristupne točke preslab za daljnju pouzdanu komunikaciju. Sve navedeno otvara brojne mogućnosti u raznim područjima mehanike, medicine, poljoprivrede i ekonomije omogućujući da određeni uređaji primaju i šalju podatke na mjestima gdje bi žičanim putem bilo jako teško.

### **1. 2. 2. NEDOSTATCI BEŽIČNE MREŽE**

Stav da će bežične tehnologije zamjeniti sistem fiksne telefonske mreže susreće se s nekoliko primjedbi, a odnose se na pitanja kvalitete servisa, sigurnosti, ograničenja u dometu isporuke servisa i zauzetosti frekvencijskog opsega. Samim time dolazi se do zaključka kako su mane bežičnog prijenosa podataka sigurnost, domet, te u nekim slučajevima njegova vrsta prijenosa što se odnosi na ometanje osjetljive opreme. Možemo reći da je najveća zabrinutost kod korisnika bežične mreže sigurnost određene mreže.

## **2. BEŽIČNI PRIJENOS PODATAKA**

Bežični je prijenos podataka zapravo vrsta komunikacijske mreže u kojoj medij prijenosa ne koristi fizički medij. Bežični prijenos radi na principu radiovalova, mikrovalova, infracrvenim signalima, X zrakama i dr. On se koristi ne kako bi zamijenio klasičan žični prijenos podataka već kako bi olakšao prijenos na mjestima gdje žičano nije moguće doći. Bežični prijenos podataka ima niz specifičnih elemenata koji se trebaju zadovoljiti kako bi uopće došlo do povezivanja i na kraju prijenosa podataka. S obzirom na to da ima više vrsta prijenosa bežičnih podataka koje rade pomoću elektromagnetskih valova vidjet ćemo da je svaki od njih poseban, te da ima polje primjene u kojemu baš taj prijenos odgovara.

### **2. 1. PODATAK**

Podatak u informatičkom smislu je formalizirani zapis pogodan za komuniciranje, interpretaciju i obradu uz pomoć ljudi ili strojeva. Podatak nastaje kada zabilježimo neko stanje, događaj, pojavu, mjerenu veličinu i sl. Bilježimo ga nizom znakova, slikama, zvukom. Podatak sam po sebi nema nikakvo značenje. Tek kada obradimo podatak i kada mu odredimo neko značenje tada on postaje koristan, te postaje informacija.

### **2. 2. TEHNOLOGIJE ZAPISIVANJA I PRIJENOSA SADRŽAJA**

#### **2. 2. 1. FDMA**

FDMA<sup>2</sup> (eng. Frequency Division Multiple Access) višestruki je pristup s podjelom frekvencija pri čemu se frekvencije šireg pojasa dijele na više užih pojaseva (kanale) te se svakoj komunikaciji dodjeljuje jedan kanal. Istovremeno se u više dodijeljenih kanala odvija više komunikacija unutar istog frekventnog pojasa. FDMA tehnika koristi se u

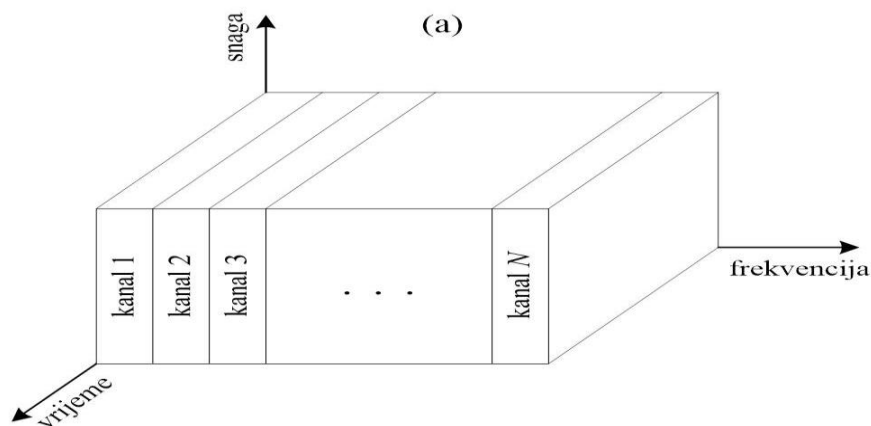
---

<sup>2</sup> <http://tutorialslaxman.blogspot.com/2011/03/frequency-division-multiple-access-or.html> (pristupljeno 09.08.2019.)

danas već zastarjelim analognim sustavima. U određenom vremenskom periodu kanal je dodijeljen samo jednom korisniku, tako da je drugom korisniku dozvoljen pristup istom kanalu ukoliko je prethodni razgovor već obavio ili je otišao u područje pokrivanja druge čelije.

Standardi koji koriste FDMA su AMPS, NMT, TACS. Nedostaci FDMA su: neracionalna tehnika (ako određeni kanal nije dodijeljen, on stoji u "praznom hodu"), kvaliteta veze ovisi o upotrebi filtera propusnika opsega učestalosti te je potrebno da imaju cut-off karakteristike, preslušavanje koje je posljedica susjedno kanalske interferencije, nelinearnost pojačivača uzrokuje širenje prenošenog signala u frekvencijsku domenu, neupotrebljiv za prijenos digitalnih signala različite brzine signaliziranja.

Prednosti FDMA su: hardverska jednostavnost (posljedica koncepta razdvajanja korisnika posredstvom jednostavnih filtera propusnika opsega učestalosti), činjenica što nije potrebna nikakva sinkronizacija između bazne stanice i mobilnog terminala, širina opsega koji se dodjeljuje nekom korisniku je mala, trajanje je signalizacijskog intervala veliko u odnosu na *delay spread*, tako da je ISI malo izražena.



Slika 2. 1. Koncept razdvajanja korisnika kod FDMA

Izvor: <https://slideplayer.gr/slide/14333187/> (pristupljeno 10.08.2019.)



## 2. 2. 2. TDMA

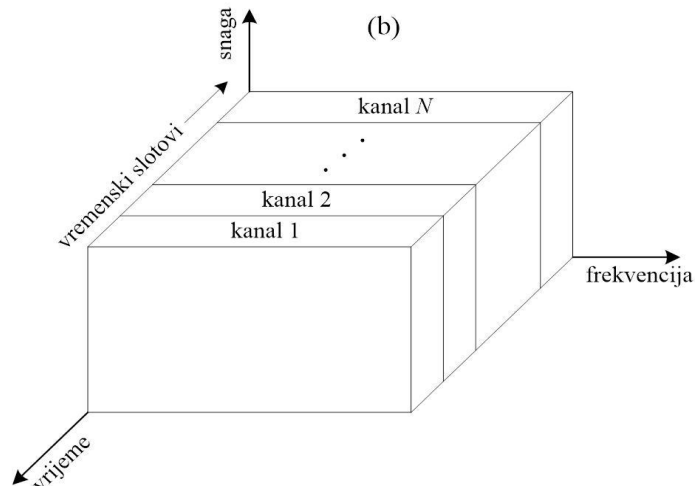
TDMA<sup>3</sup> (eng. Time Division Multiple Access) je višestruki pristup s podjelom vremena. Dodijeljeno frekvencijsko područje podjeli se na kanale, koji se dijele na velik broj vremenskih raspora, svakom se korisniku dodjeljuje jedan vremenski raspon tako da se preko jednog kanala opslužuje 8 korisnika. U svakom od tih intervala prenosi se sadržaj jedne komunikacije, svakoj od komunikacija koje dijele jedan kanal dodjeljuje se svaki n-ti vremenski interval, i tako u krug. Na taj se način ostvaruje "višestruki pristup" tom kanalu kao nositelju podataka. Tim se načinom prenosi jedan kratak vremenski val i tako u krug za sve koji trenutno koriste taj kanal, a vremenski su intervali toliko kratki da se mjere u milisekundama. Komunikacije koje se odvijaju u jednom kanalu odvijaju se na način da kanal njihove sadržaje prenosi kontinuirano što bi značilo da se na jednom kanalu odvija veći prijenos sadržaja većeg broja komunikacija koje međusobno dijele kapacitet kanala.

Poznajemo još i dinamički TDMA koji različitim komunikacijama dodjeljuje različit broj vremenskih intervala koji zavise od njihovih prioriteta i zahtjeva. TDMA se u konačnici najviše koristila i koristi za prijenos sadržaja kod mobilnih uređaja druge i treće generacije (2G i 3G).

Prednosti su TDMA što posjeduje istu radio i modemsku opremu u okviru bazne stanice na danoj frekvenciji nositelja, mogu je koristiti svi korisnici koji se nalaze u danoj ćeliji, korisniku je omogućeno da prema baznoj stanici šalje ili od nje prima digitalne signale različitog protoka u zavisnosti od njegovih trenutnih potreba te jednostavan postupak handoff-a. U nedostatke TDMA ubrajamo činjenicu da zahtijeva preciznu sinkronizaciju slotova i okvira, u slučaju gubitka sinkronizacije može doći do kolizije između korisnika, mobilni je terminal periodično aktivan samo u tijeku trajanja slotova koji su dodijeljeni korisniku, proces podešavanja frekvencijskog kanala i dodjeljivanja vremenskih slotova unosi dodatnu složenost, a digitalni protok po frekvencijskom kanalu je relativno velik.

---

<sup>3</sup> <https://slideplayer.gr/slide/14333187/> (pristupljeno 10.09.2019.)

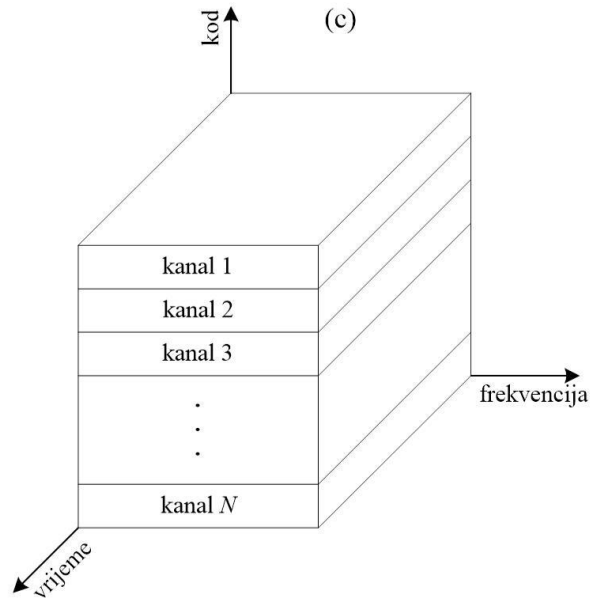


Slika 2.2. Koncept razdvajanja korisnika kod TDMA

Izvor: <https://slideplayer.gr/slide/14333187/> (pristupljeno 10.09.2019.)

### 2. 2. 3. CDMA

CDMA (eng. Code Division Multiple Access) znači višestruki pristup s podjelom koda pri čemu se koristi rašireni spektar frekvencija, a ova metoda spada u metodu izravne sekvencije. CDMA tehnika se dosta razlikuje od FDMA i TDMA tehnika. Razlika je u tome što je širina kanala 1.224 MHz i svi korisnici sustava dijele isti kanal. Signal koji se prvo emitira na kanalu raširi se preko cijelog frekvencijskog pojasa (*spread spectrum*, tehnologija proširenog spektra). Zatim se kodira koristeći jedinstven kod koji je poznat jedino prijemniku i predajniku, a kako je svaki signal u kanalu jedinstven može se razlikovati od ostalih, ispravno primiti i obraditi u prijemniku. Prošireni su kodovi najvažniji aspekti CDMA tehnologija. Kodovi se baziraju na Walsh matrici (64x64). U matrici su redovi međusobno ortogonalni, stoga su izvedeni kodovi jedinstveni svakoj mobilnoj jedinici tako da nema dva ista koda i unaprijed su definirani. Teoretski kapacitet CDMA je neograničen, međutim, redovi nisu u potpunosti ortogonalni pa je i kapacitet ograničen. CDMA metoda koristi se za prijenos sadržaja treće generacije mobilnih telefona (3G).



Slika 2.3. Koncept razdvajanja korisnika kod CDMA

Izvor: <https://slideplayer.gr/slide/14333187/> (pristupljeno 10.09.2019.)

## 2. 3. ELEMENTI I PROBLEMI BEŽIČNOG PRIJENOSA PODATAKA

Elementi i načini rješavanja problema određuju osobine bežičnog prijenosa, a time i mreže koja koristi tu vrstu prijenosa. Neki od ti elemenata su:

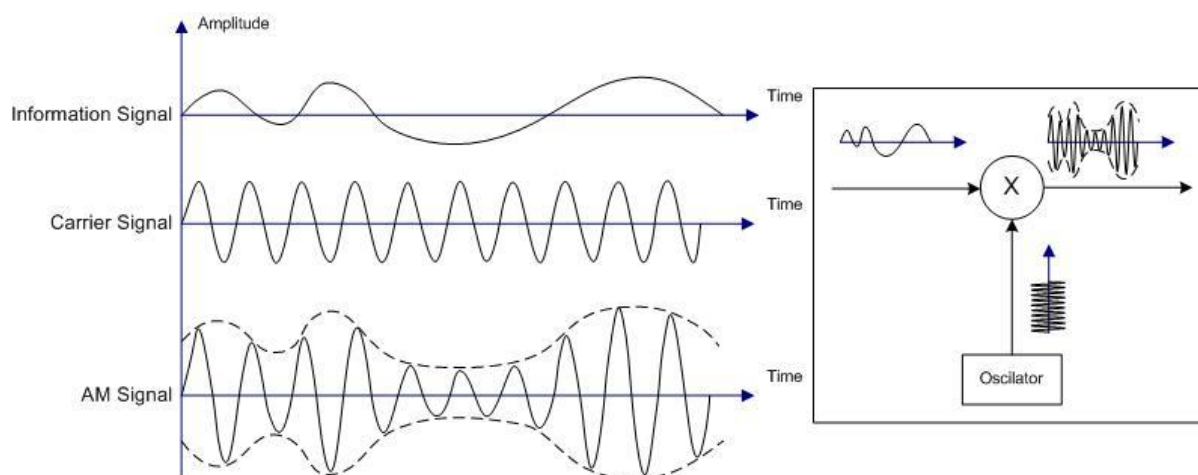
- **Frekventni pojas** – trebamo odrediti frekvenciju, to jest frekvencijski raspon elektromagnetskog spektra koji se koristi za prijenos podataka u nekoj mreži.
- **Licenca** – za neke određene frekvencije potrebna je dozvola, u slučaju da bi one ometale rad nečega većega, bitnijeg.
- **Snaga signala**
- **Maksimalna udaljenost** – udaljenost do koje je pokriven bežični prijenos podataka.
- **Potrošnja energije** – vrlo bitna stavka u slučaju da uređaj koji prima ima bateriju.

- **Pitanje interferencije** – hoće li se naš prijenos i naša frekvencija preklapati s drugom i na taj način ometati jedna drugu.
- **Zaštita sadržaja** – na koji način ćemo zaštititi naše podatke koje šalјemo bežičnim putem i koji se mogu presresti.

## 2. 4. RAD BEŽIČNOG PRIJENOSA

Kada ka֓emo be֓ični prijenos podrazumijeva se da on nema nikakvih kablova ili bilo kakvog fizičkog poveznika koji spaja točku A i točku B. Kako onda radi? Be֓ični prijenos u većini slučajeva radi na principu elektromagnetskih valova preko kojih se prenose informacije. Da bi to postigli moramo urediti/modulirati signal. Modulacija je proces oblikovanja signala na naćin da on prenosi ֓eljenu informaciju. Funkcionira tako da val nositelj, koji je val konstantne frekvencije i amplitude, ogranićavamo pomoću odrećenog sklopa na temelju informacije koju ֓elimo prenijeti. Modulirani val šalјemo tek kada ga druga strana primi pri ćemu mora demodulirati signal kako bi mogla isti ćitati.

### 2. 4. 1. AMPLITUDNA MODULACIJA



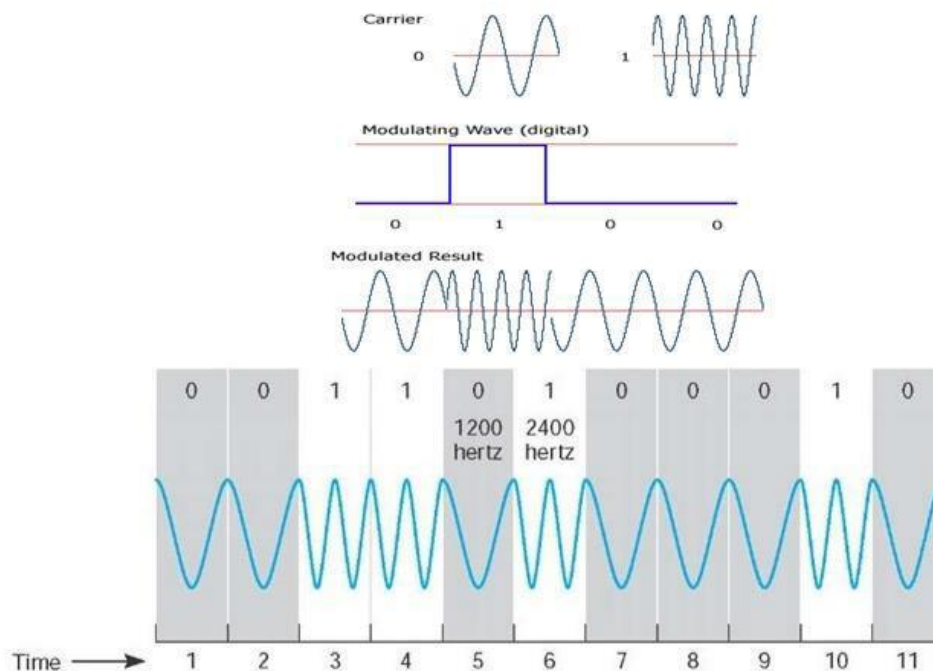
Slika 2. 4. Amplitudna modulacija

Izvor: <https://instrumentationforum.com/t/analog-modulation/5622> (pristupljeno

15.09.2019)

Na prethodnoj slici vidimo oblikovanje vala kako bi mogao prenositi informaciju, a to se postiže putem amplitudne modulacije što je postupak modulacije kod kojega se amplituda signala nositelja mijenja oko srednje vrijednosti pri čemu je promjena proporcionalna s modulirajućim signalom. Takav se modulirani signal prenosi putem nekog medija do prijamnika, kada primatelj prima taj signal on ga demodulira. Najjednostavniji je sklop za demodulaciju amplitudne modulacije detektor ovojnice koji radi slično kao poluvalni ispravljač, ali je vremenska konstanta filtracije podešena tako da se potiskuje samo noseća frekvencija dok se modulirajuća frekvencija propušta. Proces se može najlakše opisati na način da ograničavamo amplitudu signala nositelja po uzorku informacijskog signala u nekim određenim intervalima.

## 2. 4. 2. FREKVENCIJSKA MODULACIJA



Slika 2. 5. Frekvencijska modulacija

Izvor: <https://www.moz.ac.at/sem/lehre/lib/ks/lib/fm/frequency-modulation.html>

(pristupljeno 16.08.2019.)

Na prethodnoj slici vidimo još na koji način se može modulirati signal. Što je u ovome slučaju frekvencijska modulacija. Frekvencijska je modulacija (FM) postupak modulacije kod koje se informacija prenosi promjenom frekvencije prijenosnog signala. Pod promjenom se misli na to da mi zapravo mijenjamo određene dijelove nosećeg signala, tako da tamo gdje val treba predstaviti kao 1 onda je na tom području val veće frekvencije, odnosno ima više titraja u određenom vremenu. Dok za vrijeme kada treba predstavljati 0 tada val ostaje isti. Što znači da se val nositelj mijenja na osnovu informacije tako da primatelj vidi koliko je promjena bilo u jednom intervalu, više promjena označava 1, a manje 0, te se tada primljeni signal pretvara u digitalni kako bi ga računalo moglo prepoznati. U analognoj tehnici trenutna vrijednost frekvencije prijenosnog signala ovisi o trenutnoj vrijednosti amplitude modulirajućeg signala. U digitalnoj tehnici vrijednosti frekvencije prijenosnog signala čine diskretan skup i skokovito se mijenjaju ovisno o vrsti modulacije.

## **2. 5 VRSTE BEŽIČNOG PRIJENOSA PODATAKA**

S obzirom na to da poznajemo više vrsta bežičnog prijenosa podataka može se reći kako vrijeme ide taj se popis neprestano nadopunjava jer svakodnevno dolaze nove tehnologije i načini rješavanja prethodnih problema bežičnoga prijenosa podataka. Isto tako, vrste se bežičnih prijenosa podataka mogu drastično razlikovati, no isto tako mogu imati vrlo slične karakteristike koje ih obilježavaju.

### **2. 5. 1. WI-FI**

Godine 1999. nekoliko se vizionarskih tvrtki okupilo kako bi osnovalo globalnu neprofitnu asocijaciju s ciljem pružanja najboljeg korisničkog iskustva bez obzira na marku, koristeći novu tehnologiju bežičnog umrežavanja pri čemu je nastao WI-FI, Wi-Fi koji je promijenio način na koji svijet djeluje i komunicira. Wi-Fi tehnologija, utemeljena na Institutu inženjera elektrotehnike i elektronike (eng. Institute of Electrical and Electronics

Engineers, IEEE), koristi 802.11 standard bežičnog prijenosa podataka koji pruža kratak domet prijenosa podataka. U vrijeme osnivanja tadašnji standard je bio prihvatljiv, ali s godinama je zahtijevao nadogradnju i poboljšanje. Prvobitna brzina bežičnog prijenosa podataka iznosila je 1 Mbit/s. Početkom ovog tisućljeća počinje korištenje **802.11b** standarda koji omogućuje prijenos podataka po brzini do 11Mib/s koristeći se frekvencijom od 2,4 GHz. Nakon nekoliko godina pojavljuje se još brži standard **802.11x** koji ostaje na istoj frekvenciji kao i prethodnik, no povećava brzinu prijenosa podataka do 54 Mib/s. Taj se standard upotrebljava do 2009. godine kada izlazi novi **802.11n** nazivajući ga tada Wireless N ili WI-FI 4 koji se koristi i danas u većini uređaja, a razlikuje se od prethodnika jer osim na 2,4 GHz može raditi i na 5GHz, te ima brzinu prijenosa do 150 Mib/s što je ogromna razlika u odnosu na prethodnika. Godine 2013. pojavljuje se **802.11ac** standard, nazvan je WI-FI 5 koji radi samo na frekvenciji od 5GHz i ima prijenos podataka do 3.5 Gb/s što je u usporedbi s prethodnikom trostruko brži prijenos podataka. Sve navedeno dovodi nas do najnovijeg standarda dosad: **802.11ax** nazvanog WI-FI 6<sup>4</sup> koji ima brzinu do 9.6 Gb/s radeći na frekvencijama 2,4 i 5 GHz. WI-FI 6 donosi bolje performanse i bolji način rada za korisnika, ključne stvari koje ga obilježavaju su:

- **Oktogonalna frekvencija s višestrukim pristupom** (eng. orthogonal frequency division multiple access – **OFDMA**) – omogućuje većem broju korisnika istovremeni rad u istom frekvencijskom kanalu i na taj način poboljšava učinkovitost, propusnost i smanjuje kašnjenje.
- **Višekorisnički višestruki ulaz, višestruki izlaz** (eng. multi-user multiple input, multiple output – **MU-MIMO**) – omogućuje više prijenosa podataka odjednom, te mogućnost povezivanja više klijenata na pristupnu točku.
- **Oblikovanje snopa** (eng. Transmit beamforming) – poboljšava snagu signala što rezultira u znatno većim brzinama u određenom rasponu.
- **Način 1024 kvadrature amplitude modulacije** (eng. 1024 quadrature amplitude modulation mode – 1024-QAM) – omogućava povećanje propusnosti za 25% više u usporedbi sa WI-FI 5.

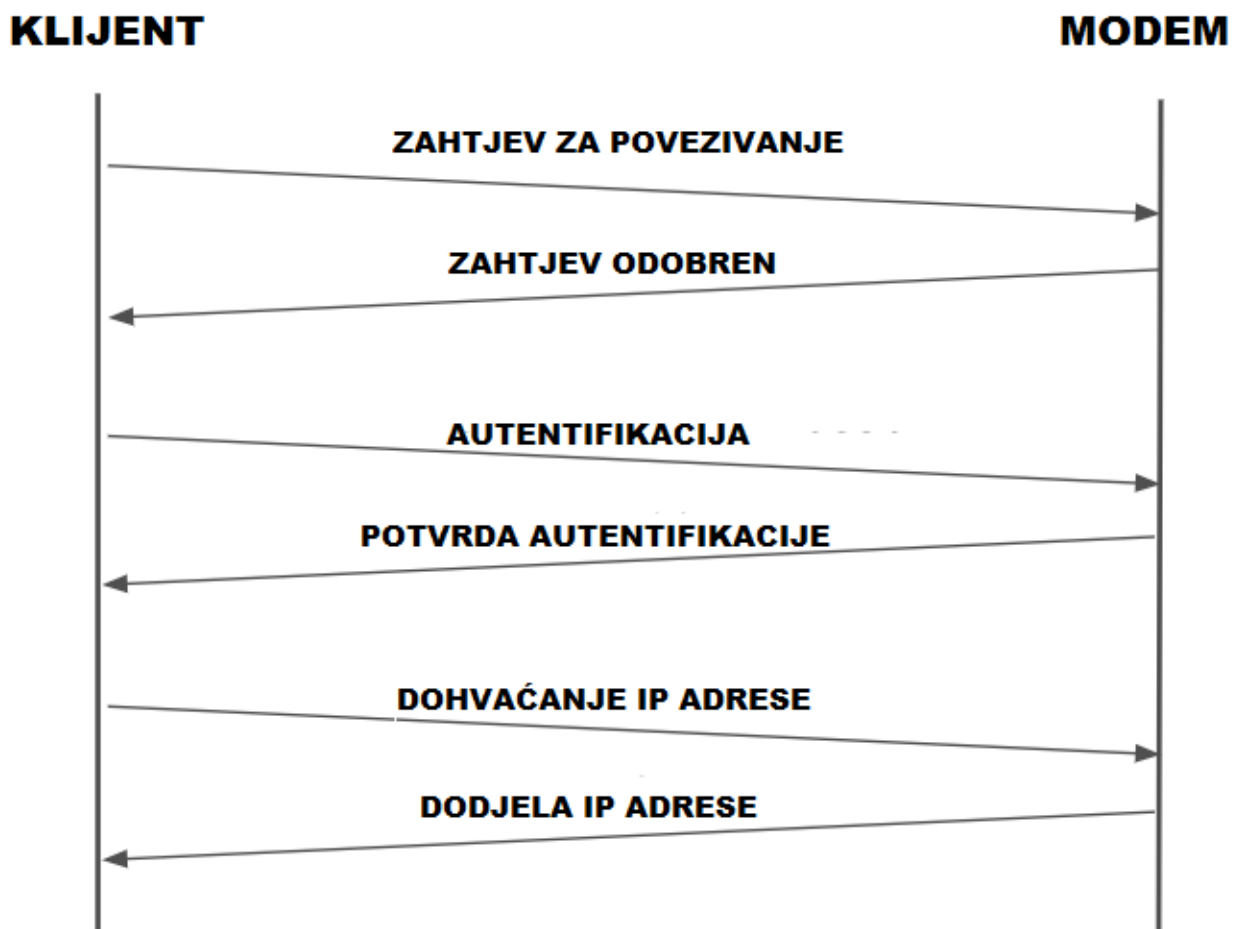
---

<sup>4</sup> <https://www.wi-fi.org/discover-wi-fi/wi-fi-certified-6> (pristupljeno 20.08.2019.)

- **Ciljano vrijeme buđenja** (eng. Target wake time – TWT) – čini WI-FI 6 više štedljivijim energetski, na taj način da uključi sleep mode kada nema spojenih korisnika.

### 2. 5. 1. 1. KAKO RADI WI-FI

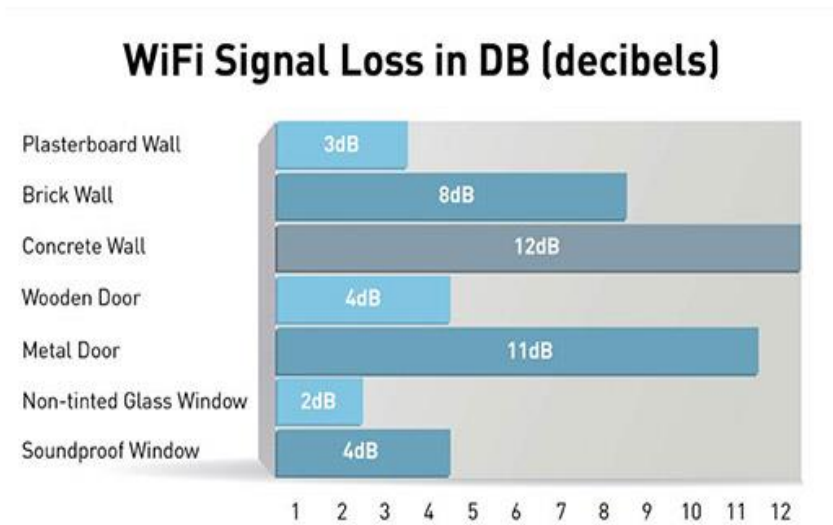
WI-FI radi tako što imamo modem koji je priključen na port koji je povezan s Internetom, te pomoću elektromagnetskih valova komunicira s uređajima koji su bežičnim putem povezani na taj modem i omogućuje im internet.



Slika 2. 6. Prikaz povezivanja klijenta i modema



Kao što vidimo na slici gore Wi-Fi funkcioniра tako da imamo klijenta koji je našao modem koji pruža bežičnu mrežu, nakon čega šalje zahtjev za povezivanje, modem zaprima zahtjev i provjerava je li povezivanje moguće. U slučaju da je sve uredu modem odgovara šaljući potvrdu. Klijent na isti način daje autentifikaciju te mu se na kraju dodjeljuje IP adresa. Na isti način funkcioniра i kada želimo pristupiti nekoj web stranici, klijent šalje zahtjev za pristup nekom web mjestu na određenoj IP adresi, modem tada učitava tu stranicu i šalje klijentu povratne podatke. Kao što smo ranije rekli Wi-Fi funkcioniра pomoću elektro-magnetskih valova, te ne samo da njegov signal odbija od određene objekte kao što su zidovi već i prolazi kroz njih. To je moguće iz razloga što valna duljina Wi-Fi-a naspram valne duljine zida je puno veća da ga zid tek malo oslabi. Razlog tome je što atomi zida su manji od elektromagnetske valne duljine i samim time nije samo da val prolazi kroz zid već možemo reći da zid (atomi zida) prolazi kroz elektromagnetski val.



Slika 2. 6. Prikaz gubitka signala s obzirom na objekte

Izvor:

<https://www.starhub.com/content/dam/starhub/2017/personal/support/broadband/broadband-101/wireless-technologies-limitations/wifi-signal-loss.jpg> (pristupljeno 20.08.2019. )

Međutim, ne mora uvijek značiti da val može proći kroz zid ili druge objekte, kao što vidimo na slici iznad prikazano je koliko koji materijal daje otpora signalu u decibelima. Osim što se signal može odbijati i prolaziti kroz objekte ti isti objekti mogu i apsorbirati dio tih signala i tako ga oslabiti. Slabost signala ne ovisi samo o preprekama nego i o udaljenosti izvora signala i primatelja, kao i smetnjama koje drugi uređaji mogu napraviti.

## 2. 5. 1. 2. PREDNOSTI I NEDOSTATCI Wi-Fi-a

Kao i svi ostali sustavi WI-FI isto tako ima neke pogodnosti i prednosti, kao i nedostatke u usporedbi s ostalim bežičnim ili žičanim prijenosima.

Prednost Wi-Fi-a:

- **DOSTUPNOST** – korisno je za sve mobitele, računala i druge uređaje s mogućnosti povezivanja bežičnim putem unutar prostorije
- **JEDNOSTAVNOST** – jednostavno spajanje s WI-FI mrežom, te jednostavne konfiguracijske postavke.
- **MOBILNOST** – mogućnost pristupa Internetu bez obzira bili u pokretu ili ne s gotovo stalnom povezanošću.
- **OPSEG** – mogućnost povezivanja više bežičnih uređaja bez potrebe za većim troškovima.
- **CIJENA** – u odnosu na žičani sustav, WI-FI ne zahtjeva nikakav dodatni prijenosni medij.

Nedostatci Wi-Fi-a:

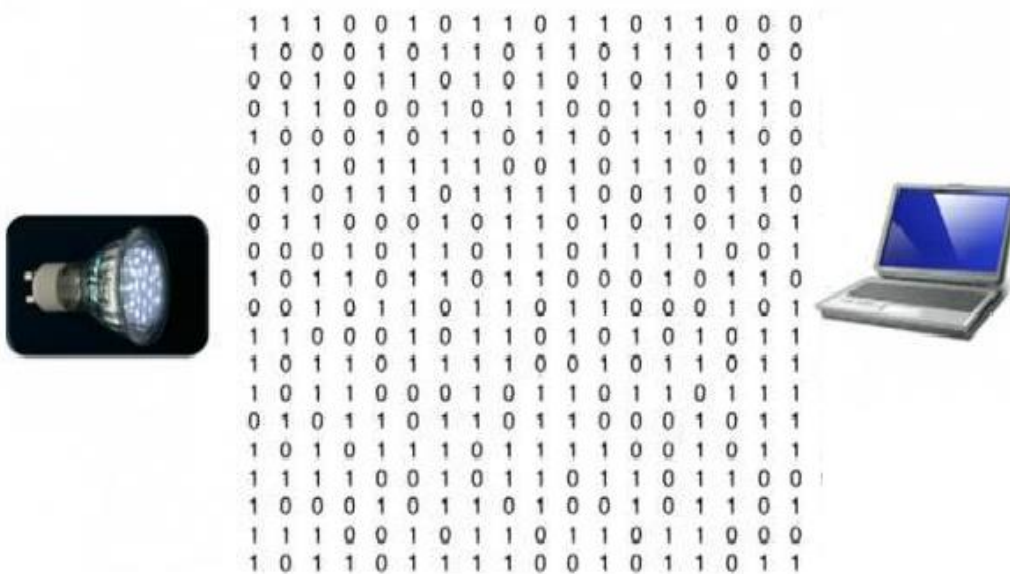
- **BRZINA** – u usporedbi sa žičanim prijenosom i dalje je sporiji, iako ima po nekim podacima sličnu brzinu ona zapravo ovisi o stvarima kao što su: jačina signala, udaljenost, prepreke i smetnje.
- **POUZDANOST** – kao i svi ostali elektromagnetski valovi WI-FI je osjetljiv na vanjske smetnje što može dovesti to prekida signala.
- **RASPON** – raspon Wi-Fi-a je do nekih 50 m u normalnim uvjetima što je dovoljno za kućnu mrežu, u savršenim uvjetima doseže i do 100 m, ali za nešto više zahtjeva dodatno ulaganje u repetitore i pojačivače signala.
- **SIGURNOST** – iako ima sigurnosne enkripcije koje poboljšavaju sigurnost one se opet mogu presresti, zaobići ili dekriptirati.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> <https://ipoint-tech.com/wireless-networking-wi-fi-advantages-and-disadvantages-to-wireless-networking/> (pristupljeno 20.08.2019. )

## 2. 5. 2. LI-FI

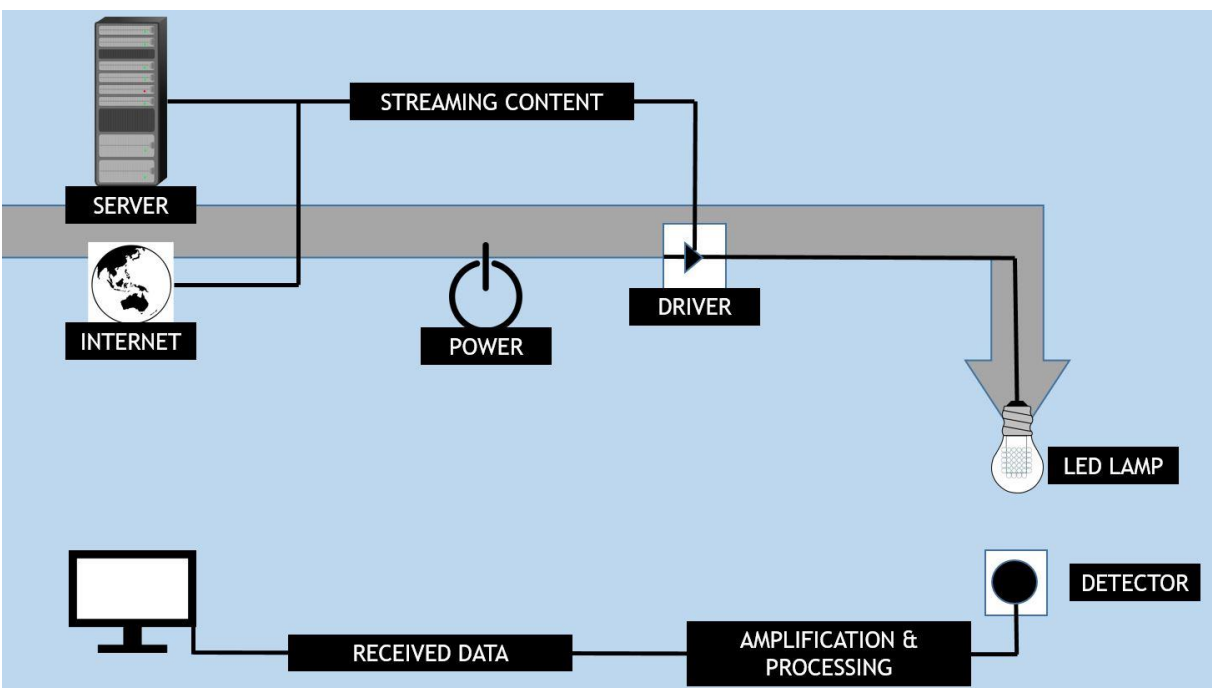
Li-Fi (Light Fidelity) vrlo nova tehnologija koju je predstavio njemački fizičar Harald Haas 2011. godine na TED (Technology, Entertainment, Design) Global. Li-Fi je bežično optička tehnologija koja koristi svjetleće diode (LED) za prijenos podataka. Pojam Li-Fi odnosi se na tehnologiju komunikacije vidljive svjetlosti (VLC) koja koristi svjetlo kao sredstvo isporuke komunikacija i informacija velikom brzinom na način sličan Wi-Fi-u. Kada kažemo na sličan način to se odnosi da oba načina koriste valove kako bi prenijeli podatke. Li-Fi pruža bolju propusnost, učinkovitost, povezivost i sigurnost od Wi-Fi-ja i ima već postignute velike brzine veće od 200 Gb/s u laboratorijskim uvjetima. Uzmemo li u obzir to da su cijene LED dioda relativno jeftine postavljanje ovakve tehnologije ne bi trebao predstavljati financijski problem. Li-Fi tehnologija koristi vidljivo svjetlo između 400 THz i 800 THz. Radi na princip da kada šalje neku informaciju mijenja jačinu svjetla LED diode, što zapravo može biti paljenje i gašenje tolikom brzinom, manjom od 1 milisekunde, da ljudsko oko to ne može vidjeti. Na taj način možemo protumačiti da kada je svjetlo upaljeno ono predstavlja '1', a kada je ugašeno/promijenjen spektar tada je '0'. Isto tako zbog svoje brzine mijenjanja i sposobnosti da svoje podatke šalje paralelno pokazuje se vrlo uspješnijim od Wi-Fi-a.



Slika 2. 7. Paralelni prijenos podataka putem Li-Fi-a

## 2. 5. 2. 1. NAČIN RADA LI-FI-a

Način na koji Li-Fi funkcionira vrlo je jednostavan. Kao što smo ranije rekli Li-Fi radi pomoću spektra svjetlosti, svjetla koje se osim za prijenos podataka može koristiti i kao obično svjetlo. Na jednom kraju se nalazi odašiljač koji je u ovome slučaju LED dioda, te na drugoj strani se nalazi foto detektor koji prepoznaje sitne promjene u intenzitetu svjetlosti. Informacije su tada kriptirane u svjetlost LED diode na način da LED dioda šalje kod 1 i 0 putem, paljenjem i gašenjem, koje primatelj tada prepoznaje i stvara informaciju iz tih podataka. Na pitanje zašto je Li-Fi tako brži od Wi-Fi-a je isto kao i pitanje zašto je brzina svjetlosti brža od zvuka, međutim, odgovor na oba je pitanja vrlo jednostavan – zato što su neki valovi gušći od drugih, što vidimo na slici 1.1., te u ovome slučaju vidljivo svjetlo ima daleko gušće intervale valova u odnosu na radiovalove Wi-Fi-a.



Slika 2. 8 Prikaz jednostavne sheme rada Li-Fi-a

Izvor: <https://www.focusearth.com/wp-content/uploads/2016/05/graphic.jpg> (pristupljeno

25.08.2019.)

## 2. 5. 2. 2. PREDNOSTI I NEDOSTATCI LI-FI-a

### Prednosti Li-Fi-a :

- **Učinkovitost** – potrošnja je energije minimizirana s upotrebom LED osvjetljenja koje je već prisutno u većini domova.
- **Velika brzina** – kombinacijom niskih interferencija, velike propusnosti i visokog intenziteta izlaza omogućavaju Li-Fi-u brzine više od 1GB/s.
- **Dostupnost** – dostupnost nije problem jer su svjetlosni izvori prisutni posvuda; gdje god postoji izvor svjetlosti, može postojati Internet; žarulje su prisutne posvuda – u domovima, uredima, trgovinama, centrima i čak avionima, koji se mogu koristiti kao medij za prijenos podataka.
- **Cijena** – Li-Fi ne zahtijeva samo manje komponenti za rad, nego koristi zanemarivu dodatnu snagu za prijenos podataka.
- **Sigurnost** – jedna od glavnih prednosti Li-Fi je sigurnost. Budući da svjetlost ne može proći kroz neprozirne strukture Li-Fi internet je dostupan samo korisnicima unutar ograničenog područja i ne može biti presretana i zloupotrijebljena, izvan područja na kojemu se nalazi.

### Nedostatci Li-Fi-a:

- Ne može se pristupiti Internetu bez izvora svjetlosti. To bi moglo ograničiti lokacije i situacije u kojima se može koristiti Li-Fi.
- Zahtjeva skoro savršene ili savršene linije vidljivosti za prijenos podataka.
- Prepreke na putu mogu utjecati na prijenos podataka.
- Prirodno svjetlo, sunčeva svjetlost i normalno električno svjetlo mogu utjecati na brzinu prijenosa podataka.
- Svjetlosni valovi ne prodiru kroz zidove pa Li-Fi ima puno kraći raspon od Wi-Fi-a.
- Visoka početna cijena instalacije, ako se koristi za postavljanje potpuno nove podatkovne mreže.

### **2. 5. 2. 3. PRIMJENE LI-FI-a**

LI-FI osim što može služiti za povezivanje s Internetom ima još primjena koje bi mogle utjecati na svakodnevni život prosječnog građanina, neke od njih su:

- ZDRAVSTVO-LI-FI za razliku od Wi-Fi-a ne ometa druge elektromagnetske uređaje, te samim time bi se podaci mogli prenositi bez rizika za opasnošću.
- ZRAKOPLOVI – kada putujemo avionom potrebno je isključiti sve veze kako ne bi došlo do ometanja instrumenata u avionu, no to nije slučaj s LI-FI jer on koristi vidljivi spektar kao prijenosnik.
- PROMET – jedna od primjena u prometu bi bio LI-FI semafor koji bi odašiljao signal ispred sebe te bi se nadolazeći auti automatski sami zaustavljali.
- TRGOVINE – pomoću LI-FI-a mogli bi smo vidjeti sve informacije o proizvodu samo približavajući se svjetlu koje je uz taj proizvod.

### **2. 6. 3. 5G MREŽA**

Kada kažemo 5G to bi onda označavalo 5 generaciju tehnologije bežičnog prijenosa podataka mobilnih veza. Razlog pojave ove nove generacije prijenosa nije samo zato kako bi se udovoljilo zahtjevima klijenata za brže veze, razlog je puno važniji, a on je da u trenutnoj 4G mreži nema više mjesta. Nema mjesta nije u smislu da je nemoguće dodati još uređaja, već kako potražnja raste te skoro svaka osoba ima pametni telefon koji koristi 4G mrežu. Te kada se na jednom urbanom mjestu nađe velika količina uređaja koji koriste 4G mrežu pretpostavlja se da bi moglo doći do preopterećenja mreže i smetnji svakodnevno. I sve se to događa zbog toga što svi dosadašnji bežični prijenosi rade na frekvencijama manjima od 6 GHz. Tu se pojavljuje 5G kojem je ideja da ide dalje, dalje od frekvencije 6 GHz. Na frekvencijama od 30 do 300 GHz radi 5G mreža što je potpuno novo područje i jako malo korišteno do sada. 5G mreža donosi 5 novih stvari: milimeter waves, small cell, massive MIMO, beamforming, full duplex.

### **2. 6. 3. 1. MILIMETER WAVES**

*Milimeter waves* ili milimetarski valovi su specifični elektromagnetski valovi koji rade na frekvencijama od 30 do 300 GHz. Njihova je valna dužina od 1 do 10 milimetara, te zbog toga ima veće i brže brzine prijenosa u odnosu na valove ispod 6 GHz. Samim time je u prednosti u odnosu na prethodnu 4G mrežu, te zbog širokog spektra frekvencije ima veću sigurnost, otpornost na ometanje, te manji gubitak podataka u prijenosu. Glavni nedostaci milimetarski valova su ti da, za razliku od ostalih valova manje frekvencije koji prolaze kroz objekte, milimetarski valovi nemaju tu mogućnost. Isto tako imaju dosta kraći domet te im vremenski uvjeti mogu stvarati smetnje kod prijenosa na veće udaljenosti.

### **2. 6. 3. 2. SMALL CELL**

*Small cell* predstavljaju male i energetske odašiljače koji bi nadoknadili nedostatke milimetarskih valova. Kao što smo ranije rekli, milimetarski valovi imaju veće poteškoće kod prolazanja kroz objekte, a kako bi to riješili dolazi se do ideje da se po cijelom području stave manji odašiljači koji bi služili kao posrednici jer bi se povezivali na njih povezivali i na glavni odašiljač, a samim time i na Internet ili neku drugu željenu mrežu. Kako bi se pomicali tako bi i naš uređaj nalazio odašiljač koji pruža najbolji signal.

### **2. 6. 3. 3. MASSIVE MIMO**

MIMO ili Multiple-input multiple-output označava višestruki unos i izlaz, koristi se kod antena za odašiljanje i primanje više signala odjednom na jednoj frekvenciji, većinom su to ogromne glavne antene na određenom području. Sastoje se od toga da imaju velik broj antena za primanje i jednak toliki broj za odašiljanje signala. Primjenjuje pravilo da što više antena ima za slanje i primanje podataka do će prijenos biti brži i pouzdaniji.

#### **2.6.3.4. BEAMFORMING**

Beamforming označava pojam da odašiljač umjesto da šalje signal širokog područja, što u kombinaciji sam Massive MIMO može dovesti do smetnji, toranj bi slao uži snop signala na određeno mjesto od kuda stiže signal recimo za uspostavu poziva. Isto tako možemo zamisliti da imamo antenu za odašiljanje koja je kao žarulja koja obasjava široko područje crvenom svjetlošću, dok druga žarulja isto radi samo s plavom svjetlošću. Kako ne bi došlo do miješanja dvaju signala imamo beamforming – kao što sama riječ kaže on bi slao signale u obliku zrake ili u slučaju našeg primjera bio bi kao svjetiljka koja šalje snop svijetla na određeno područje.

#### **2.6.3.5. FULL DUPLEX**

Full Duplex bi označavao da se podatci mogu slati i primiti u isto vrijeme. Primjer toga možemo uzeti telefon, gdje možemo govoriti i čuti što druga osoba priča u isto vrijeme. Dok primjer Half duplexa bi bio walkie talkie gdje podaci idu jedan po jedan, što znači da osoba u jednom trenu može ili samo pričati ili samo slušati.

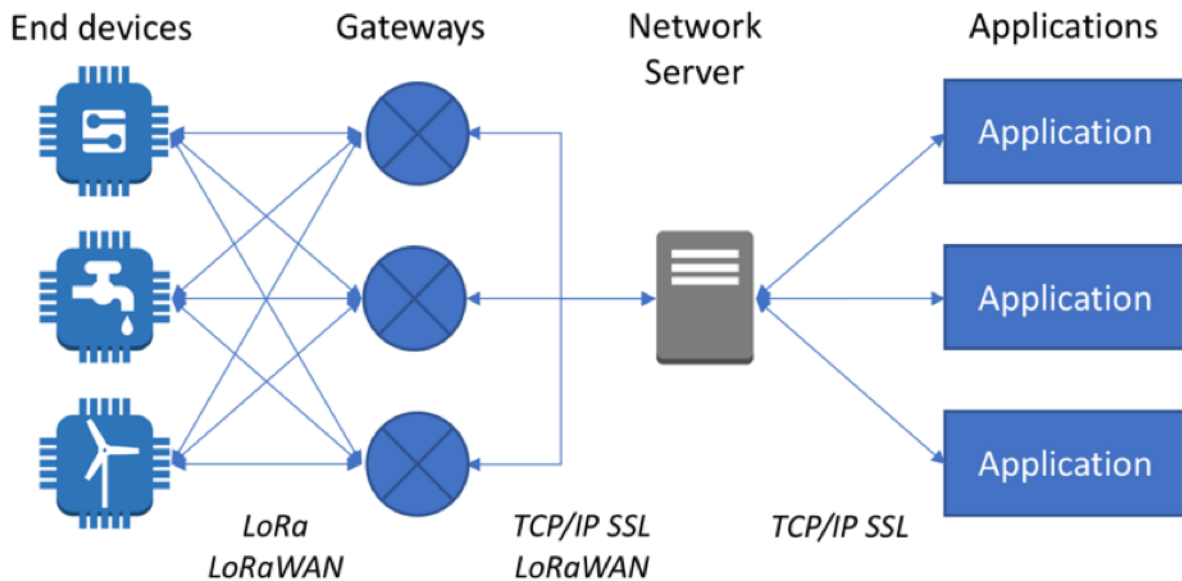
#### **2. 5. 4. LORA WAN**

Da bi objasnili što je LORA WAN moramo prvo objasniti što je LORA. LORA je akronim za Long Range bežičnu tehnologiju koja komunicira slanjem jako malih podataka na veće udaljenosti. Radi na radio frekvenciji što omogućava doomet do 10 km. LoRa ima najveću upotrebu u Internet of Things (IOT). IoT označava povezivanje svakodnevnih električnih uređaja s Internetom kako bi se mogla lakše pratiti njihova potrošnja, stanje i poboljšanje. LoRa radi na standardima LoRa Alliance, neprofitna asocijacija više od 500 članova kojima je cilj promocija i upoznavanje svijeta s LoRaWAN tehnologijom. LoRaWAN je skraćenica za Long Range Wide Area Network, mrežni protokol koji koristi jedan naprama više komunikaciju. Raspoređena je u zvjezdanu mrežnu topologiju te krajnji korisnici prenose poruke centralnom mrežnom poslužitelju.



### 2. 5. 4. 1. Princip rada LoRaWAN

LoRaWAN radi na frekvencijama manjim od 1 GHz, a arhitektura se LoRaWAN-a dijeli na dva dijela: fizički radio sloj kojeg predstavlja LoRa i mrežni sloj na kojem se nalazi LoRaWAN. Kako bi mreža bila funkcionalna potrebno je imati *end node* uređaje koje zapravo želimo nadzirati/kontrolirati, oni tada šalju svoje prikupljene podatke preko frekvencijske modulacije do modema koji prevodi signala u digitalni oblik te ih tada žičano ili bežično šalje *Cloud* na kojemu vidimo te podatke. Isto tako moguće je osim primanja podataka i upravljanje uređajima.



Slika 2. 9. Dijagram povezivanja LoRaWAN uređaja s Internetom

Izvor: <https://aws.amazon.com/blogs/iot/connect-your-devices-to-aws-iot-using-lorawan/>

(pristupljeno 28.08.2019.)

LoRaWAN se sastoji od:

- Krajnjeg uređaja – uređaj opremljen s nisko potrošnim LoRa odašiljačem.
- Modem – uređaju koji dohvaćaju signale koje LoRa odašiljači šalju.
- Server – serveri koji preusmjeravaju primljene signale do prave aplikacije.
- Aplikacija – softver koji je pokrenut na serveru.

- Uplink Message – prijenos podataka od uređaja do aplikacije.
- Downlink Message – prijenos podataka od aplikacije do uređaja.

#### **2. 5. 4. 2. Vrste uređaja kod LoRaWAN-a**

Uređaji kod LoRaWAN dijele se na tri dijela: class A, class B, class C. Svi uređaji LoRa imaju implementiranu klasu A, dok su klase B i C nadogradnje na klasu A.

- Class A – uređaji klase A podržavaju dvosmjernu komunikaciju između uređaja i modema. Poruke s uređaja (eng. Uplink Message) se mogu slati u bilo koje vrijeme. Funkcioniraju samo s aplikacijama koje nakon što prime podatke odmah šalju povratni odgovor. Tako ima dva otvorena prozora na koja prima povratni signal u različitom vremenskom razmaku. U slučaju da ne primi nikakav povratni odgovor to će moći tek kada uređaj pošalje ponovno nove podatke.
- Class B – uređaji klase B funkcioniraju isto kao i uređaji klase A, razlika je u tome što uređaji klase B mogu otvoriti dodatne prozore za primanje podataka. Još jedna razlika je u tome što za razliku od klase A koja otvara prozore za primanje podataka, ovisno o svojoj potrebi, uređaji su klase B sinkronizirani s modемом te server zna kada točno uređaj očekuje povratne podatke.
- Class C – uređaji klase C imaju mogućnost da u bilo koje vrijeme primaju podatke, što se većinom koristi kod uređaja koji su povezani žicom sa strujom. Razlog tome je što mogućnost da prima podatke u bilo koje vrijeme zahtjeva puno energije u odnosu na klase A i B.,6

### 2. 5. 4. 3. Primjene LoRaWAN

Primjenu LoRaWAN-a možemo zamisliti praktički u svemu, sve više se koriste *Internet of Things* uređaji kao i *Machine Learning*, a tamo LoRaWAN najbolje iskorištava svoj potencijal. Pa tako se LoRa primjenjuje u :

- Mjerenju – može mjeriti različita stanja, kao razina vode, goriva, zraka i sl., šaljući par poruka/podataka dnevno, te baterija može trajati i to deset godina u takvom slučaju.
- Parking – može se koristiti kao senzor koji očitava koliko i gdje ima slobodnih mjesta za parkirati automobil.
- Otpad – senzor koji očitava kada je kanta za smeće ili kontejner pun te ga je potrebno zamijeniti.
- Svijetlo – automatsko paljenje i gašenje, s obzirom na doba dana, pokret ili po rasporedu.
- Mjerenje zagađenja – mogućnost da se mjeri zračenje na mjestima na kojima bi bilo loše za ljudsko zdravlje, te tamo gdje to nije moguće češće mjeriti na mjestu.
- Imovina – kontrola nad cijelom kućom, vratima i svim ostalim uređajima.
- Zdravlje – mogućnost praćenja stanja bolesnika na daljinu.
- Praćenje – praćenje imovine, kućnih ljubimaca i ostalih životinja.

### 3. SIGURNOST BEŽIČNOG PRIJENOSA PODATAKA

Od dana kada se prvi puta proćulo za beŹiĉnu tehnologiju kasnog 20. stoljeća uvijek se pitalo kolika je njegova sigurnost, te Źto se zapravo moŹe uĉiniti da se naŹi podaci ne bi presreli. Na poĉetku to je dovelo do veliko skepticizma kod većine ljudi, no kako je vrijeme odmicalo sve viŹe im ljudi daje Źansu ĉemu je pomogla i ĉinjenica da su jednostavne, uĉinkovite i praktiĉne. Postoje tri glavna mehanizma, tj. standarda koji sluŹe za zaŹtitu WLAN prometa: WEP (Wired Equivalent Privacy), WPA (Wi-Fi Protected Access) i WPA2 (aŹurirana verzija WPA koji koristi jaĉi algoritam za zaŹtitu i teŹko je probiti takav mehanizam).

#### 3. 1. WEP

WEP, (Wired Equivalency Privacy), originalni je standard za wireless enkripciju, previĉen jer je pronaĉena uĉinkovita metoda za razbijanje iste. WEP koristi 128 i 256 bitne kljuĉeve i uglavnom je bolji od ikakve zaŹtite, ali moŹe predstavljati dodatnu opasnost jer moŹe davati laŹan osjeĉaj sigurnosti, a zbog Źiroko poznatog sigurnosnog propusta moŹe predstavljati pogodnu metu za hakere. S obzirom na to da beŹiĉne mreŹe koriste radio signal za prenoŹenje podataka one su vrlo podloŹne prisluŹkivanju za razliku od Źiĉanih mreŹa.

- **Povjerljivost** – temeljna je svrha WEP-a sprijeĉiti prisluŹkivanje (*eavesdropping*) mreŹnog prometa.
- **Kontrola pristupa** – ima ulogu kontrole pristupa jer pristupne toĉke imaju mogućnost zabrane prometa klijentima koji se ne proĉu uspješno proces autentifikacije.
- **Integritet** – dodatno polje u svakom okviru sluŹi za provjeru integriteta samog okvira.

Danas je dovoljno nekoliko minuta da bi se probila WEP zaŹtita.

### 3. 2. WPA, WPA2

WPA je skraćenica za “Wi-Fi Protected Access” (Wi-Fi zaštićeni pristup). Razvijeni kao zamjena za WEP. Koriste EAP autorizaciju preko Radius servera uz metodu dijeljenog ključa (Pre-Shared Key - PSK). WPA je napravljen i uveden u upotrebu od strane Wi-Fi Alliance nakon što je uočena ranjivost starijeg WEP algoritma. Bitna karakteristika WPA algoritma je da radi na uređajima koji mogu koristiti WEP. Kod WPA, podaci su standardno kriptirani RC4 enkripcijskim protokolom, a kao sigurnosni algoritam mogu koristiti TKIP. WPA2 je najrašireniji sustav zaštite bežičnih lokalnih mreža, a razvijen je u okviru Wi-Fi Alliance udruženja 2004. godine. Riječ je o poboljšanoj inačici WPA protokola nastalog u okviru iste organizacije. Kod WPA2, standardno su kriptirani sa AES enkripcijskim protokolom a kao sigurnosni algoritam koriste CCMP

- **TKIP** - “*Temporal Key Integrity Protocol*”, je sigurnosni protokol korišten u WPA/WPA2, namijenjen da zamijeni nesigurni WEP bez da korisnici moraju mijenjati opremu, bilo preko nadogradnje drivera bilo firmware-a. Svaki mrežni paket ima vlastiti enkripcijski ključ.
- **AES** -“*Advanced Encryption Standard*”, je kriptirajuća tehnologija koju je kao standard donijela vlada SAD-a.
- **CCMP** - “Counter mode with Cipher block chaining Message authentication code Protocol”, koristi AES kao enkripciju, služi za osiguravanje povjerljivosti i integriteta podataka, kao i za izbjegavanje nekih sigurnosnih napada.
- **IEEE 802.1X** - standard za autentifikaciju uređaja priključenih na mrežu, koja i ne mora biti bežična. Klijent (u ovoj terminologiji supplicant ili peer) se spaja na autentikator (u slučaju bežičnih mreža, na AP-u) koji zahtijeva autorizaciju isključivo u obliku EAP paketa (drugi mrežni promet nije dopušten) da bi peer dobio pristup ostatku mreže. Autentikator provjerava korisnikove ovlasti na autorizacijskom Remote Authentication Dial In User Service (RADIUS) serveru, koji može biti na AP-u ili se nalaziti na nekom drugom mrežnom uređaju. Virtualni (ili fizički kod nešto rjeđeg Ethernet korištenja) LAN port biva autoriziran za promet prema ostatku mreže. Osim ugrađenih u uređaje, najkorišteniji programski paket za ovu primjenu je vjerojatno FreeRADIUS - radi pune podrške za standard i slobodnog koda.

## 4. ZAKLJUČAK

Napretkom tehnologije dolazimo i do boljih i brži bežični prijenosa podataka, a uz to dolaze i nove mogućnosti koje uz ranije verzije nismo imali. Bežična komunikacija korisniku daje slobodu kretanja, a samim time brži i lakši pristup izvoru informacija. Osim toga, na bežične se mreže lakše povezuje veći broj korisnika. Ono što im je nekada predstavljalo problem je bila brzina, ali to više nije problem jer napretkom tehnologije napredovala je i brzina bežičnog prijenosa. Dakako, i dalje postoje opasnosti stoga, kako bi se zaštitila komunikacija u bežičnim mrežama i onemogućio zlonamjeren pristup informacijama razvijeno je nekoliko protokola. Neke od njih smo nabrojali i ukratko opisali kao što su WEP, WPA i WPA2 koji su donekle uveli sigurnost u bežične mreže kao i povjerenje korisnika. Da bi se postigla potrebna razina zaštite osim razvijenih standarda i protokola potrebno je educirati ne samo administratore već i korisnike bežičnih mreža.

Nekadašnji prijenosi koji su imali manji domet slanja podataka sada imaju skoro pa dupli domet, što pokazuje brzi napredak. Međutim, možemo reći da je bežični prijenos podataka uvelike olakšao da imamo pristup internetu i ostalim podacima gdje to s kablovima i žicama ne bi bilo moguće. Isto tako uvijek napredujemo u poboljšanjima bežičnog prijenosa te se tako radiovalovi zamjenjuju manje štetnim i bolje učinkovitim metodama. Poboljšanja su uočljiva svuda u prometu, medicini, zrakoplovima te njegovo daljnje razvijanje napreduje svakim danom.

## 5. LITERATURA

### Knjige:

Radovan, M. (2010). *Računalne mreže (1): Povezivanje računala i mreža*. Rijeka. Digital point.

### Članci:

FDMA

<https://www.techopedia.com/definition/5669/frequency-division-multiple-access-fdma>

(pristupljeno 09.08.2019.)

Introduction to Wi-Fi Wireless Networking

<https://www.lifewire.com/introduction-to-wi-fi-wireless-networking-818265> (pristupljeno

20.08.2019.)

Wi-Fi Working Principle

<https://www.elprocus.com/how-does-wifi-work/> (pristupljeno 21.08.2019.)

5G: everything you need to know

<https://www.techradar.com/news/what-is-5g-everything-you-need-to-know> (pristupljeno

23.08.2019.)

Bežični mrežni protokoli

<http://wirac.ba/archives/337/> (pristupljeno 21.08.2019.)

Wireless data from every light bulb

[https://www.ted.com/talks/harald\\_haas\\_wireless\\_data\\_from\\_every\\_light\\_bulb](https://www.ted.com/talks/harald_haas_wireless_data_from_every_light_bulb)

(pristupljeno 25.08.2019.)

About lorawan

<https://lora-alliance.org/about-lorawan> (pristupljeno 30.08.2019.)

**Web:**

Introduction to wireless network,

[http://cdn.ttgtmedia.com/searchNetworking/downloads/wireless\\_sample.pdf](http://cdn.ttgtmedia.com/searchNetworking/downloads/wireless_sample.pdf) (pristupljeno 20.08.2019.)

Wireless Forenzika

<https://www.cert.hr/wp-content/uploads/2019/04/CCERT-PUBDOC-2008-04-225.pdf>  
(pristupljeno 29.08.2019.)

Pregled sigurnosti bežičnih mreža

<http://www.cert.hr/node/15822> (pristupljeno 01.09.2019.)

WPA2 zaštita

<http://www.cert.hr/sites/default/files/CCERT-PUBDOC-2009-06-267.pdf> (pristupljeno 01.09.2019.)

Li-fi centre

<http://www.lifi-centre.com/about-li-fi/what-is-li-fi-technology/> (pristupljeno 26.08.2019.)

Li-Fi

<http://tec.gov.in/pdf/Study%20paper/lifi%20study%20paper%20-%20approved.pdf>  
(pristupljeno 26.08.2019.)

WLAN

[http://spvp.zesoi.fer.hr/predavanja%202008/WE\\_skripta.pdf](http://spvp.zesoi.fer.hr/predavanja%202008/WE_skripta.pdf) (pristupljeno 01.09.2019.)



ANALOG AND DIGITAL COMMUNICATION

<https://www.techopedia.com/definition/5669/frequency-division-multiple-access-fdma>

(pristupljeno 10.08.2019)