# Analiza komunikacijskih tehnologija u prometnom okruženju

**Kuliš, Mladen**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

*Permanent link / Trajna poveznica:* https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:165606

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-03-28**



*Repository / Repozitorij:*

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository









SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Mladen Kuliš

# ANALIZA KOMUNIKACIJSKIH TEHNOLOGIJA U PROMETNOM OKRUŽENJU

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2018.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 24. travnja 2017.

Zavod: **Zavod za informacijsko komunikacijski promet**
Predmet: **Informacije i komunikacije**

# ZAVRŠNI ZADATAK br. 4144

Pristupnik: **Mladen Kuliš (0135231623)**
Studij: Promet
Smjer: Informacijsko-komunikacijski promet

Zadatak: **Analiza komunikacijskih tehnologija u prometnom okruženju**

Opis zadatka:

U radu je potrebno napraviti analizu primjene informacijsko-komunikacijske tehnologije u prometnom okruženju. Na osnovu analize prikazati mogućnosti primjene bežične tehnologije u svrhu identifikacije i informiranja korisnika.

Zadatak uručen pristupniku: 28. travnja 2017.

Mentor:

doc. dr. sc. Marko Periša

Predsjednik povjerenstva za završni ispit:

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

**ZAVRŠNI RAD**

# ANALIZA KOMUNIKACIJSKIH TEHNOLOGIJA U PROMETNOM OKRUŽENJU

# ANALYSIS OF COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN TRANSPORT ENVIRONMENT

Mentor: doc. dr. sc. Marko Periša

Student: Mladen Kuliš

JMBAG: 0135231623

Zagreb, rujan 2018.

## SAŽETAK

Informacijske tehnologije integrirale su se u mnoge sfere društvenog života. Tako današnji način života postaje nezamisliv bez svakodnevne uporabe mobilnog uređaja ili Interneta. Sve informacije na dohvat ruke u samo par sekundi uvelike su olakšale svakodnevne obveze. Početak razvoja komunikacijskih sustava i uređaja usko se veže uz razvoj vojne industrije, posebice oko Svjetskih ratova. Budući da je to polje neiscrpno, razvoj tehnologija poprilično je opsežan. Kroz povijest prikazani su najvažniji elementi informacijskih tehnologija, razvoj komunikacijskih sustava te analizirane tehnologije bežičnog prijenosa informacija. Posebno je analizirana NFC tehnologija kao primjer bežične komunikacijske tehnologije u svrhu identificiranja i informiranja korisnika.



KLUČNE RIJEČI: informacijske tehnologije; komunikacijski sustav; bežična komunikacijska tehnologija; NFC



## SUMMARY

Information technologies have integrated in many aspects of social lives. Common way of living would be unthinkable without daily usage of mobile phones or Internet. All the information's on everyone's fingertips within a few seconds really made daily responsibilities easier. The beginning of communication systems evolution in nearly linked with evolution of military industry, especially around World Wars. Due to that field of research is non-exhaustive, evolution of technology had the occasion to expend in many ways. Through the ages, most important elements of information technologies and evolution of communication systems have been researched, and technologies of wireless transmission of information have been analyzed. Near field communication (NFC) is especially analyzed as an example of wireless communication technology with purpose of identifying and informing users.



KEY WORDS: information technology; communication system, wireless communication technology; near field communication (NFC)

# Sadržaj


1. Uvod ..... 1
2. Prikaz i razumijevanje informacijske tehnologije i teorija informacija ..... 2
2.1 Razvoj informacijske tehnologije ..... 2
2.1.1 Prikaz razvoja komunikacijskog uređaja *telegraf* ..... 3
2.1.2 Općeniti prikaz i razvoj komunikacijskog uređaja *telefon* ..... 4
2.1.3 Prikaz razvoja radio komunikacijske tehnologije ..... 6
2.1.4 Prikaz razvoja komunikacijske tehnologije u televizijskom načinu prijenosa informacija ..... 6
2.1.5 Prikaz razvoja računalne komunikacijske tehnologije ..... 7
2.1.6 Razvoj Internetskih komunikacijskih tehnologija ..... 8
2.2 Općeniti prikaz i razvoj teorije informacija ..... 9
3. Razvoj komunikacijskih sustava ..... 11
3.1 Karakteristični primjeri komunikacije i elementi komunikacijskog sustava ..... 11
3.2 Primjer komunikacijskog sustava ..... 15
4. Prijenos informacija u bežičnim komunikacijama ..... 18
4.1 Mobilni komunikacijski sustavi ..... 18
4.2 Prikaz WLAN komunikacijske tehnologije ..... 19
4.3 *Bluetooth* komunikacijska tehnologija ..... 21
4.4 RFID komunikacijska tehnologija ..... 22
4.5 NFC komunikacijska tehnologija ..... 23
4.6 Globalni navigacijski satelitski sustavi ..... 24
4.6.1 GPS navigacijski satelitski sustav ..... 24
4.6.2 GLONASS navigacijski satelitski sustav ..... 26
4.6.3 Galileo navigacijski satelitski sustav ..... 27
5. Primjer bežične komunikacijske tehnologije u prometnom okruženju ..... 29
6. Zaključak ..... 33
Literatura ..... 34
Slike ..... 37

# 1. Uvod

Komunikacijski sustavi razvijaju se od postanka čovječanstva. Kroz povijest čovječanstvo je definiralo i konstruiralo brojne načine za prijenos informacija kao što su dimni signali, uporaba glazbenih instrumenata kao zvučne obavijesti, korištenje životinja za prijenos pisama itd. Kao prekretnica za početak razvoja suvremenih komunikacijskih sustava najčešće se navodi završetak II. Svjetskog rata. Smatra se kako su baš za potrebe vojne industrije razvijeni prvi komunikacijski uređaji koji su poslužili kao temelj za daljnji napredak razvitka komunikacijske tehnologije kakvu danas svijet poznaje.

Razvojem komunikacijskih tehnologija uvelike je olakšano obavljanje svakodnevnih aktivnosti. Budući da sve informacije mogu biti pristupačne „na dlanu" informatička pismenost smatra se neizostavnim dijelom svakodnevnim životnim potrebama. Upravo takve funkcionalnosti, ali i brojne druge, omogućava bežična komunikacijska tehnologija što je ujedno i predmet proučavanja ovog završnog rada. Svrha ovog završnog rada je prikazati razvoj informacijske tehnologije i komunikacijskih sustava te primarno prikazati razvoj bežičnih komunikacija i njihovu implementaciju u prometno okruženje. Cilj završnog rada je na primjeru NFC (engl. *Near-field communication*) tehnologije prikazati način identifikacije i informiranja korisnika. Naslov završnog rada jest: Analiza komunikacijskih tehnologija u prometnom okruženju te je rad podijeljen u šest cjelina:

1. Uvod
2. Prikaz i razumijevanje informacijske tehnologije i teorija informacija
3. Razvoj komunikacijskih sustava
4. Prijenos informacija u bežičnim komunikacijama
5. Primjer bežične komunikacijske tehnologije u prometnom okruženju
6. Zaključak

U drugom dijelu rada prikazani su osnovni termini vezani za informacijsku tehnologiju te povijesni razvoj elemenata sustava. Isto tako objašnjeno je što je to teorija informacije te njena primjena.

Razvoj, objašnjenje i primjena komunikacijskih sustava tema su trećeg dijela rada. Prikazani su elementi i funkcije komunikacijskih sustava te primjena TDM tehnologije u komunikacijskom sustavu.

U četvrtom dijelu završnog rada prikazan je povijesni razvoj bežičnih komunikacija te objašnjena načela prijenosa informacija u mobilnom komunikacijskom sustavu, računalnom sustavu te *Bluetooth*, RFID, NFC i GPS tehnologiji.

NFC tehnologija uzeta je za primjer bežične tehnologije. Peti dio prikazuje implementaciju NFC tehnologije u prometno okruženje te neke od načina identifikacije i informiranja korisnika u zračnom i cestovnom prometu.

# 2. Prikaz i razumijevanje informacijske tehnologije i teorija informacija

Kada se govori o informacijskim tehnologijama, najčešće se definiraju kao skup postupaka uporabom elektroničkih računala koji uključuju prikupljanje, pohranu, razdiobu i prijenos informacija. Pojam „*informacijske tehnologije*“ odnosi se na sve oblike tehnologija koje se koriste za stvaranje, pohranu, razmjenu te pritom koriste informacije u raznim oblicima (poslovne podatke, glasovne razgovore, slike, filmove, multimedijske prezentacije i druge oblike). Pojam je također prikladan za upotrebu telefonije i računalne tehnologije u jednom pojmu [1].

Informacijske tehnologije odnose se na sve računalno-bazirane informacijske sustave koji se sastoje od softverskih aplikacija i hardvera. Konvencionalniji pristup značio bi korištenje elektroničkih sustava u svrhu pristupa informacijama. Prihvatljivije mišljenje je da se informacijske tehnologije koriste kao pomoć pri pronalaženju traženih informacija.

Informacijske tehnologije se u modernom dobu uvelike povezuju s komunikacijom i dostupnosti informacija što je jedan od najvećih razloga zašto se uporaba računala i mobilnih uređaja povezuje s informacijama. Komunikacija je sastavni dio onoga što predstavlja informacijska tehnologija za ljude u modernom dobu, jer u današnje vrijeme život postaje nezamisliv bez korištenja tehnoloških inovacija poput Interneta i mobilnih uređaja koji su postali dio svakodnevnice. Informacijska tehnologija se na mnoge načine ukorijenila u svakidašnji način života. Pronalazi se u najjednostavnijim stvarima kao slanje poruka ili ostvarivanje poziva u privatne svrhe do korištenja tehnologije u poslovnom okruženju i unaprjeđenju poslovanja. Bez ikakve sumnje može se reći da je informacijska tehnologija omogućila ogroman iskorak u daljnjem razvoju te pružila mogućnosti za voditi kvalitetniji život. Štoviše ova pretjerana ovisnost o informacijskoj tehnologiji ljude čak i često pretvara u manje produktivne osobe kada dođe do iskorištavanja potencijalnih mogućnosti. To je još davne 1987. godine istaknuo ekonomist *Robert Solow* referirajući se na svoje statističke podatke. „*Doba računala je svuda očito osim u statistikama produktivnosti*“ [2].

## 2.1 Razvoj informacijske tehnologije

Informacija u najopćenitijem smislu znači obavijest, tj. novost koju pružaju sredstva javnog priopćivanja te vijesti koje prenose komunikacijski sustavi. Prema [3] informacija se može definirati kao „*kvalitativan čimbenik koji određuje parametre nekog sustava i utjecaj koji taj sustav ima na neki drugi sustav*“.

Informacijska i komunikacijska tehnologija je djelatnost i oprema koja čini tehničku osnovu za sustavno prikupljanje, pohranjivanje, obradu, širenje i razmjenu informacija različitih oblika, tj. znakova, teksta, zvuka i slike. Premda se njezinim začetkom može smatrati izum tiskarskoga stroja, pravi početci su smatraju se od otkrića telegrafa, telefona, filma, radija i televizije iz prve polovice 20. st. Može se reći da su ona iz temelja promijenila način komuniciranja među ljudima. Svoj procvat, kao i razvoj tehnologije kakva je i danas poznata, doživjela je nakon 2. Svjetskog rata. Tada su objavljene konstrukcije računalnih naprava koje su do tad bile čuvane kao vojna tajna, što je početkom 1950-ih rezultiralo pojavom prvih računala na tržištu i početak eksplozivnog razvoja računalstva. U isto to doba izumljen je i tranzistor, a daljnjim razvojem poluvodičke tehnologije nastala je nova tehnička

grana, mikroelektronika. Istovremeno s razvojem mikroelektronike i računalne tehnologije razvijalo se i područje telekomunikacija. Današnji globalni sustavi za prijenos informacija razvili su se od jednostavnih telefonskih centrala povezanih žičnim vezama i razmjerno izoliranih radiodifuzijskih sustava. To je omogućilo da se donedavno izolirana računala danas u najvećem dijelu povezuju u jedinstvenu računalnu mrežu zvanu Internet, preko koje računala velikom brzinom mogu razmjenjivati sve vrste informacija. Za novonastali spoj mikroelektronike, računalne tehnologije i telekomunikacija počeo se s vremenom upotrebljavati naziv „Informacijska tehnologija“ (akr. IT), a u najnovije doba i naziv informacijska i komunikacijska tehnologija (engl. *Information and Communications Technology,* ICT) [4].

U današnje vrijeme se informacijska i komunikacijska tehnologija primjenjuje gotovo u svakoj grani gospodarstva te u svim njegovim glavnim segmentima, tj. u istraživanju, razvoju, projektiranju, proizvodnji, administraciji i marketingu. Stupanj informatizacije, tj. masovnost i širina primjene informacijske i komunikacijske tehnologije, postaje jedno od glavnih mjerila razvijenosti pojedinih zemalja. Sektor informacijske i komunikacijske tehnologije, a naročito proizvodnja mikroelektroničkih sklopova i računala, u svjetskim je razmjerima postao jedna od glavnih gospodarskih grana. Informacijska i komunikacijska tehnologija donijela je takve promjene u suvremenome društvu razvijenih zemalja da se ono s pravom naziva informacijskim društvom [4].

Za razvoj informacijske tehnologije važno je istaknuti razvoj najvažnijih elemenata sustava, kao što su telegraf, telefon, radio, televizija, računalo, Internet i drugi. Budući da je relativno lako složiti se oko toga koji su elementi najvažniji kroz povijest, ostaje odrediti događaje koji su najvažniji u razvoju tih elemenata. Budući da svaki element uz sebe sadrži određenu godinu i određeno ime svog „izumitelja“, prikazani su neki od najvažnijih. Razvoj elemenata traje nekad i do nekoliko godina i na njemu sudjeluje više osoba pa često postoje situacije da je za isti izum navedeno nekoliko imena i nekoliko godina kojima se pripisuju zasluge, ovisno o izvoru.

### 2.1.1 Prikaz razvoja komunikacijskog uređaja *telegraf*

Telegraf kao naprava ili sustav omogućava prijenos kodiranih informacijskih sadržaja na daljinu. Takav opis obuhvaća mnoge sustave za prijenos informacija, koji su razvijeni (i korišteni) prije pojave električnog telegrafa, koji je razvijen sredinom 19. stoljeća. Pod pojmom telegraf obično se misli na električni telegraf. Optički telegrafi su obično bili postavljani na brdima, tako da su njihovi signali mogli biti viđeni ili da su mogli primati signale sa što veće udaljenosti, obično sa drugih brda. Jedan takav optički telegraf razvijen je u Francuskoj 1791. godine. Taj telegraf sastojao se od dviju poluga koje su se mogle kretati kružno (kao kazaljke na satu) te je svaka od tih poluga mogla zauzeti nekoliko položaja. Svaka kombinacija položaja tih dviju poluga imala je dodijeljeno jedno slovo ili broj što je predstavljalo njeno značenje. Takvim načinom moglo se prenositi „pisane poruke“ na udaljenosti od deset kilometara, obično sa jednog brda na drugo [5].

Sličan sustav prethodnom razvijen je u Engleskoj 1795. godine. Ovaj sustav sastojao se od šest „prozora“ u nizu i svaki prozor mogao je biti zatvoren ili otvoren. Znači, to je bio binarni sustav koji je zapisivao znakove sa šest „bitova“ što daje 26 kombinacija i omogućava predstavljanje 64 znaka, kao što su slova, brojke i drugi znakovi. Ovaj sustav za komuniciranje na daljinu bio je dobro prihvaćen u Engleskoj i u SAD-u.

Sredinom 19. stoljeća, optičke telegrafe zamijenio je električni telegraf. Razvoj električnog telegrafa odvijao se postupno, budući da je taj razvoj bitno ovisio od novih saznanja u području proizvodnje struje, kao i u području elektromagnetizma (to jest, međusobne povezanosti električnih i magnetskih pojava). Nakon više neuspješnih pokušaja, prvi uspješni električni telegraf konstruiran je na način da se slanjem određenih električnih signala kroz nekoliko žica postizalo to da na prijemnoj strani magnetska kazaljka pokaže na odgovarajući znak (slovo ili broj). Premda je taj sustav radio, nije bio naročito učinkovit.

Važan napredak u razvoju i primjeni telegrafa donijelo je uvođenje *Morseovog* načina zapisivanja znakova abecede i brojeva. *Samuel Morse* bio je profesor slikarstva, ali „se zanimao“ za električni telegraf. Godine 1835. definirao je sustav za zapisivanje slova i brojeva pomoću nizova crtica i točki. Ako se točka shvaća kao signal „0“, a crtica kao signal „1“, onda se može reći da "Morseova abeceda" (kako se ponekad zove) predstavlja binarni zapis znakova obične abecede (slova, brojeva i drugih znakova koji se koriste u pisanoj komunikaciji).

Godine 1861. dovršena je transkontinentalna telegrafska linija, koja je povezivala istočnu i zapadnu obalu SAD-a. Godine 1865. osnovana je *International Telegraph Union* (ITU), koja je radila na definiranju standarda u području telegrafije, s ciljem da se omogući uspostava sustava međunarodne telegrafske komunikacije. U narednim godinama položen je prvi telegrafski kabel preko Atlantika, čime je omogućena telegrafska komunikacija između Europe i Amerike [5].

### 2.1.2 Općeniti prikaz i razvoj komunikacijskog uređaja *telefon*

Telefon je uređaj koji omogućava istodobnu dvosmjernu glasovnu komunikaciju, dok s druge strane telefonski sustav omogućava uspostavu veze između učesnika i prijenos sadržaja u takvoj komunikaciji. Sam razvoj informacijske tehnologije doveo je do činjenice da telefoni postaju sve više sličniji računalima, kao i da računala omogućuju telefoniranje. Takav razvoj doveo je do toga da naprave u prostoru informacijske tehnologije postaju višenamjenske, ali unatoč tome telefoniranje kao usluga ostaje uglavnom ista.

Izumiteljem telefona se smatra *Alexander Graham Bell*, koji je dana 14. veljače 1876. godine svoj patent prijavio Patentnom Uredu SAD-a. Istog tog dana, u istom već navedenom Patentnom Uredu svoje „upozorenje“ (engl. *caveat*) kojim najavljuje da namjerava prijaviti svoj patent telefona ispunio je *Elisha Gray*. Takvo „upozorenje“ (*caveat*) predstavlja najavu istraživača s kojim obavještava da radi na razvoju novog patenta i da ga uskoro planira prijaviti tom Uredu. Takva vrsta upozorenja istraživaču daje određena prava u odnosu na druge koji nakon upozorenja pokušaju patentirati istu stvar [6].

Dakle, istog dana kad je *Bell* prijavio patent telefona, najavu istog patenta je prijavio *Gray*. Nakon toga se smatralo kako u tom trenutku ni *Bell* ni *Gray* još nisu imali dovršen patent koji omogućava prijenos ljudskog govora. Međutim, s obzirom kako je *Bell* prijavio patent, a *Gray* ga samo najavio, izum telefona se pripisuje *Bell*-u [6].

Patentni Ured je službeno prihvatio *Bellov* patent 7. ožujka 1876. godine. Poslije toga su postojale brojne rasprave je li *Bellov* sustav (telefon) bio zaista bolji od *Gravovog*. U svakom slučaju, *Bellov* patent je bio prvi telefon koji je prenio razgovijetan ljudski govor i to samo tri dana nakon što je Patentni Ured prihvatio njegov patent telefona. Već slijedeće godine započela je komercijalna upotreba telefona, a prve telefonske linije uspostavljene su između ureda jedne tvrtke i ureda tvrtki koje su koristile njene usluge [6].

*Thomas Alva Edison* je značajno unaprijedio mikrofon. Napredak je vidljiv u samoj konstrukciji mikrofona koji se sastoji od jednog prostora (spremnika) u kojem se nalazi ugljena prašina, a spremnik je pokriven membranom. Vibracije (njihanje) zraka koje stvara ljudski glas prenose se na membranu, koja te vibracije (kao pritisak) dalje prenosi na ugljenu prašinu. Kroz ugljenu prašinu teče struja koja promjenom svog pritiska mijenja gustoću ugljene prašine u spremniku, a samim time i njen otpor protoku struje. Navedeno upućuje na to da se promjenom otpora mijenja i jačina struje. Na taj način, vibracije glasa oblikuju jačinu struje, a glas se preslikava na električni signal koji se zatim prenosi u slušalicu sugovornika. U toj slušalici, električni signal promjenjive jačine izaziva vibracije membrane koje su promjenjive jačine te time proizvodi kopiju glasa s kojim je taj signal oblikovan u membrani.

U samim počecima su se telefoni međusobno povezivali izravnim vezama (žicama). Nedugo poslije su uvedeni „centri za (pre)spajanje telefona“ (engl. *telephone switching centres*). Godine 1889. razvijena je naprava koja je u centru za prespajanje spajala telefon pozivatelja s telefonom pozvanog. Za takvu automatizaciju spajanja trebalo je uvesti dvije osnovne stvari. Prva stvar je ta da je svakom telefonu trebalo dodijeliti jedinstvenu oznaku (broj), a druga da je svaki telefon trebao imati mogućnost da pozivatelj priopći automatu (u centru) broj onog telefona s kojim želi da ga se spoji [6].

Električni signali se na svom putu iskrivljuju i slabe. Postoji više razloga za to, u neke od njih spadaju induktivna i kapacitivna svojstva (otpori) vodiča koji prenosi neki električni signal, kao i elektromagnetne smetnje u prostoru kojim se signal kreće. Upravo zbog toga je kod prijenosa signala na veće udaljenosti potrebno obnavljati signal na putu. Godine 1907. *Lee De Forest* je patentirao električni element koji je nazvan vakumska cijev. Upravo je on omogućio elektroničko obnavljanje signala. Načelo rada te cijevi je vrlo jednostavno: slabi signal oblikuje jedan jači signal, koji zatim poprima oblik slabog signala i nadomješta ga u nastavku puta ili u nastavku nekog procesa. Kaže se da vakumska cijev „pojačava“ slab signal, ali zapravo je točnije reći da ga zamjenjuje jačim signalom koji poprima oblik slabijeg signala. Isto to čini element pod nazivom tranzistor, koji je razvijen 40 godina kasnije i koji je u potpunosti zamijenio vakumske cijevi.

U svrhu transkontinentalne komunikacije počeli su se koristiti i sateliti koji prijenos signala izvode uz pomoć elektromagnetskih (radio) valova. Godine 1962. lansiran je satelit ***Telstar,*** a on je omogućavao održavanje mnogih telefonskih komunikacija (razgovora) kao i transkontinentalni prijenos televizijskog programa. Satelit izvodi transkontinentalni prijenos na

način da prima signale (elektromagnetske valove) koji se šalju na satelit s jednog kontinenta i emitira te signale na drugi kontinent (ili u smjeru drugog kontinenta) [6].

### 2.1.3 Prikaz razvoja radio komunikacijske tehnologije

Elektromagnetni valovi (signali) u prostoru se šire brzinom od blizu 300 000 [km/s]. Visinu njihaja vala nazivamo amplitudom; amplituda vala se ciklički mijenja, od minimalne visine (nule) do maksimalne visine i natrag. S druge strane, pojam frekvencija vala predstavlja broj ciklusa (porasta i padova) koje val učini u jednoj sekundi. Ona predstavlja maksimum amplitude koje val dosegne u sekundi jer svaki ciklus sadrži jedan maksimum amplitude. Elektromagnetni valovi tako mogu služiti kao nosioci informacijskih sadržaja. Kako bi valovi mogli nosit informacijske sadržaje, njihov se osnovni oblik treba iskriviti na neki od načina na koji se na osnovni val zapisuje informacijski sadržaj kojeg se želi prenijeti. Na strani primatelja sadržaja nalazi se naprava (elektronički sklop) koja prima iskrivljeni osnovni elektromagnetski val i iz njihovih iskrivljenja formulira onaj informacijski sadržaj s kojim je pošiljatelj iskrivio taj val. Takav val kojeg se iskrivljuje naziva se nosivim valom, a sam proces iskrivljavanja naziva se modulacijom; proces preuzimanja informacijskog sadržaja s moduliranog vala naziva se demodulacijom.

Krajem 1960-ih godina razvijena je tehnologija integriranih sklopova (krugova). Umjesto da se elementi slažu na ploče sa utisnutim vezama među njima, kod integriranih sklopova proizvode se kompaktni „blokovi“ koji sadrže sve elemente koji tvore jedan sklop. Tijekom procesa proizvodnje takvog „bloka“, ti elementi se povezuju na način na koji trebaju biti povezani u tom sklopu. Takav sklop se često naziva čip (engl. „*chip*“). Integrirani sklopovi se proizvode tako da se slojevi odgovarajućih materijala nanose jedan iznad drugog. Upravo se na taj način formiraju elektronički elementi (tranzistori i drugi), kao i veze među tim elementima. Takva vrsta integriranih sklopova može sadržavati više milijuna elemenata koji mogu obavljati razne funkcije i operacije, od mjerenja i zapisivanja; do mnogih vrsta složenih računanja i pretraživanja [7].

### 2.1.4 Prikaz razvoja komunikacijske tehnologije u televizijskom načinu prijenosa informacija

Prijenos televizijske slike odvija se na način da se skeniraju statičke snimke „po linijama“ odozgora prema gore. Čim je veći broj takvih linija, time sama reprodukcija skenirane snimke može biti kvalitetnija. Istodobno se mogu skenirati sve točke jedne linije sa jednim nizom senzora koji je dug koliko i linija. Zapisi skeniranih linija svake snimke prenose se od izvora do odredišta. Na tom se mjestu iz tih zapisa linija proizvodi kopija izvorne snimke. Kako bi se stvorila „slika pokreta“ kod televizije je potrebno skenirati, prenijeti i reproducirati određeni broj snimki. Televizija se relativno kasno pojavila u širokoj upotrebi, ali sam proces skeniranja slika na izvoru, njihova prenošenja i reproduciranja na odredištu, definirao je i patentirao *Paul Nipkow* još 1884. godine u Njemačkoj [8].

Televizijski sustav kojeg je patentirao *Nipkow* sadržavao je mehaničku napravu koja je omogućila skeniranje (i reprodukciju) snimki. Skeniranje se izvodilo po poprečnim linijama snimke i po točkama te linije. Izvodilo se pomoću rotirajućeg diska koji je imao rupice poredane u spiralu, od vanjskog ruba diska prema njegovom središtu. Snimka se nalazila iza diska te je bila znatno manja od diska. Rotiranjem diska, svaka njegova rupica je skenirala jednu poprečnu liniju snimke (to jest, jednu usku poprečnu traku), i tako od vrha snimke prema dnu. Rupe koje su bliže vanjskom obodu skenirale su gornje dijelove snimke, a one bliže središtu „vidjele" su donje dijelove snimke.

U Njemačkoj je 1897. godine *Karl Ferdinand Braun* razvio katodnu cijev s fluorescentnim ekranom. To je cijev iz čijeg se dna emitiraju „zrake elektrona" prema ekranu (na drugoj strani) s kojim ta cijev završava, a pritom je ekran prekriven slojem fluorescentnog materijala. Zatim, zrake emitirane iz dna cijevi „pogađaju" fluorescentni ekran i time „crtaju" vidljive sadržaje na ekranu. Upravo na taj način, elektronske zrake „pišu i crtaju" vidljive informacijske sadržaje na ekranu. Smatra se da je 1907. godine *Boris Rosing* prvi put upotrijebio reprodukciju prenijetih grafičkih sadržaja. Iz svih razloga, katodna cijev je važan element na putu do razvoja „prave televizije" [8].

### 2.1.5 Prikaz razvoja računalne komunikacijske tehnologije

Računalo je sustav koji izvodi razne procese s raznim vrstama podataka, a pritom su ti procesi i oblici podataka unaprijed određeni pomoću računalnih programa. Raznolikost procesa (programa) koje računalo može izvoditi, kao i raznolikost oblika podataka s kojima može raditi je praktički neograničena. Računalo se sastoji od materijalnih dijelova koji se nazivaju hardver i od softvera (programa). Hardver obuhvaća sve materijalne dijelove, od tipkovnice do elektroničkih sklopova i diskova, dok softver predstavlja zajednički naziv za programe.

Smatra se da je 1837. godine *Charles Babbage* definirao prvo potpuno programibilno mehaničko računalo koje je nazvao analitičkim strojem (engl. *analytical engine*). *Babbage* se zbog toga navodi kao začetnik razvoja i gradnje računala [9].

*Alan Turing* se smatra začetnikom računarske znanosti. *Turing* je 1936. godine definirao *Turingov* stroj koji predstavlja teorijski model računalnog stroja. Naime, to nije bio nacrt stroja prema kojem bi bilo prikladno napraviti računalo, već je to bio čisto teorijski model jednog programibilnog automata koji može izračunati sve što je izračunljivo.

*Konrad Zuse* je u Njemačkoj napravio seriju „Z strojeva", ali povijesni prikazi o tome nisu naročito precizni. Kaže se da je *Zuseov* stroj Z1 napravljen 1936. godine, dok se za njegov Z3 stroj, koji je dovršen 1941. godine, kaže da je bio „prvo pravo računalo koje je zaista radilo". Taj stroj koristio je binarnu aritmetiku što znači da je računao s binarnim zapisima brojeva te je bio u znatnoj mjeri programibilan [9].

Za ratne potrebe je 1943. godine razvijeno britansko računalo *Colossus*. To računalo nije bilo naročito programibilno jer je bilo namijenjeno izvođenju samo jednog zadatka: dešifriranje šifriranih poruka Njemačke vojske za vrijeme Drugog svjetskog rata.

Godine 1943. u *Ballistic Research Laboratory*-u u SAD-u, započet je rad na razvoju računala ENIAC (engl. *Electronic Numerical Integrator and Computer*) za kojeg se smatra da je razvoj dovršen koncem 1945. ili početkom 1946. godine. Računalo ENIAC koristilo je dekadsku aritmetiku (ne binarnu) te se za to računalo kaže da je bilo prvo pravo elektroničnо računalo opće namjene [9].

*John von Neuman*, u svom tekstu *First Draft of a Report on the EDVAC* („*Prva skica izvještaja o EDVAC*-u“) definirao je osnovnu strukturu računalnog sustava 1945. godine. Istu takvu strukturu prihvatili su drugi koji su radili na razvoju računala. Ta osnovna struktura održala se do dana danas, te upravo zbog toga se današnja računala nazivaju „*von Neumanovim*“ računalima. Prema *von Neumanovom* modelu računalnog sustava, računalo treba omogućiti da se u njega pohrani program (ili više programa). Rad računala se onda odvija na način da jedna jedinica čita pohranjeni program i uz to upravlja radom hardvera. To znači da hardver izvodi operacije koje su zadane (definirane) naredbama toga programa.

Podaci o počecima izrade integriranih sklopova variraju, od konca 1950-ih godina, do početka 1970-ih godina. Jedan takav integrirani sklop sadrži velik broj osnovnih elemenata. Ti elementi su međusobno povezani na takav način da tvore jednu cjelovitu jedinicu koja izvodi određene operacije. Naime, pomoću posebnih kemijskih procesa, umjesto zasebnih elektroničkih elemenata, proizvode se „blokovi“. Navedeni „blokovi“ sadrže velik broj međusobno povezanih elemenata, koji kao cjelina (sklop) obavljaju određene operacije i procese obrade podataka.

Broj elemenata u integriranim sklopovima neprestano raste i doseže više milijuna. Integrirani sklop koji sadrži cijelu procesnu jedinicu računala (engl. *Central Processing Unit*-CPU) naziva se mikroprocesor. Prvi integrirani sklop napravljen je 1957. godine, a prvi mikroprocesor proizvela je tvrtka *Intel Corporation* 1971. godine [9].

### 2.1.6 Razvoj Internetskih komunikacijskih tehnologija

Internet je mreža globalnih razmjera sastavljena od mnogo mreža različitih vrsta. Svaka od tih mreža može raditi zasebno (unutar svojih granica), ali u sastavljenoj mreži Internet, ove mreže smatraju se podmrežama. Sastavljena mreža Internet omogućava korisnicima komunikaciju između čvorova koji pripadaju njenim različitim podmrežama.

Globalna komunikacija na razini sastavljene mreže Internet se ostvaruje pomoću dva osnovna protokola koji ostvaruju i definiraju funkcioniranje Interneta. To su protokoli IP (engl. *Internet Protocol*) i TCP (engl. *Transmission Control Protocol*). Tim nazivima nazivaju se formalne definicije procesa i podataka, kao i softver koji realizira te definicije i omogućava rad Interneta. IP protokol definira jedinstven sustav adresiranja čvorova na globalnoj razini Interneta, te proces nalaženja puta između udaljenih čvorova u mreži. O uspješnosti (ispravnosti) prijenosa sadržaja između komunikatora račun vodi TCP [10].

U SAD-u postoji agencija za tehnološka istraživanja koja se naziva ARPA (engl. *Advanced Research Projects Agency*) koja je 1970-ih godina promijenila naziv u DARPA (engl.

*Defense Advanced Research Projects Agency*). Krajem 1969. godine ostvarena je prva veza između dvaju udaljenih računala u okviru sustava koji je trebao postati mrežom ARPANET. Iz tog razloga se ta godina uzima kao početak rada mreže ARPANET, čiji naziv dolazi od naziva agencije ARPA i od riječi „*net*“ (mreža). Do konca 1971. godine u ARPANET je uključeno 15 računala iz različitih dijelova SAD-a.

U početku se računalna mreža Internet koristila za prijenos raznih sadržaja, posebno pisanih poruka. Izniman poticaj širenju Interneta u svijetu dao je razvoj *World Wide Web* sustava. Razvoj toga sustava započeo je *Tim Berners-Lee* na institutu CERN u Ženevi početkom 1990-ih godina [10].

## 2.2 Općeniti prikaz i razvoj teorije informacija

U prometu, informacija je mjerljiva veličina (roba) koja se transportira u komunikacijskim sustavima, ali se informacija može smatrati i kao relevantno sredstvo komuniciranja. Teorija informacija je teoretska podloga tehničke komunikacije informacija, tj. u svojoj užoj funkciji ima zadaću rješavati komunikacijske probleme. Primjena teorije informacije u komunikacijama omogućuje rješavanje problema vezanih uz realizaciju obrade, predaje, prijenosa, prijema, uskladištenja informacija, protoka informacija u komunikacijskoj mreži [3].

Po općoj definiciji, informacija je skup podataka (elemenata, događaja) koji se nižu po nekom određenom matematičkom zakonu vjerojatnosti. Informacija može biti govorna ili glasovna (engl. *voice*), podatkovna (engl. *data*, npr. podaci su upisani u bazu ili datoteku pohranjenu na čvrstom disku računala), video, audio i dr.

Teorija informacije također je i matematička teorija koja se temelji na statistici i teoriji vjerojatnosti te se bavi komunikacijom, odnosno prijenosom informacije od izvorišta do odredišta uz uvjete što brže, što točnije, uz što manji utrošak energije te uz prikrivanje i zaštitu od zlouporabe. Isto tako, daje mjeru za sadržaj informacije- količina informacije u nekoj izvorišnoj poruci, tj. količina informacije koju u prosjeku sadrži svaki simbol poruke. Još jedna od zadaća joj je postavljanje minimalnog broja simbola potreban za izražavanje nekog sadržaja informacije (granica kompresije bez gubitaka) te postavlja granice na količinu informacije koja se može prenositi komunikacijskim kanalom u jedinici vremena [bit/s] [11].

Kao začetnika teorije informacija smatra se *Claude E. Shannon*, koji je osnovne postavke iznio 1948. godine u članku Matematička teorija komunikacija (engl. *A Mathematical Theory of Communications*), a teoriju informacija kao matematičku teoriju dalje razradio s američkim matematičarom *Norbertom Wienerom*. Prema njima su „*osnovne informacijske veličine entropija i informacija, a mjerenje količine informacija izvodi se izračunavanjem njihove entropije*“. Entropija sustava predstavlja njegovu prirodnu težnju da dođe u stanje potpunoga kaosa, kao posljedica njegove potpune neorganiziranosti. Suprotno od entropije, informacija je mjera za red (organiziranost) sustava, tj. nešto što ukida ili smanjuje neodređenost sustava, odnosno smanjuje neizvjesnost promjena. Entropiju je *Shannon* opisao kao „*matematičku funkciju koja se zasniva na količini informacija, a brojčano određuje*

*neizvjesnost sustava, tj. nedostatak informacija o njegovu stanju*“ [12]. Prema *Claude E. Shannon*-u entropija se definira grčkim slovom *eta* (Ή) i izračunava se na sljedeći način (1):

$$\text{Ή}(X) = -\sum_{i=1}^{n} p_i \log_2 p_i \ \ [bit]$$

Gdje oznake imaju sljedeće značenje:

- Ή - entropija sustava
- X - fizički sustav s različitim stanjima
- $\sum_{i=1}^{n} p_i$ - predstavlja ukupnu sumu svih vjerojatnosti mogućih stanja
- $p_i$ - predstavlja sve vjerojatnosti mogućih stanja

Smatra se kako je teorija kodiranja danas jedna od najvažnijih i najizravnijih primjena teorije informacija. Kako bi se optimalno kodirala informacija koja se šalje kroz komunikacijski kanal važno je definirati i objasniti količinu informacije sadržane u pojedinim porukama koje se šalju komunikacijskim kanalom. U tu svrhu potrebno je definirati način mjerenja količine informacija u porukama. Uz pomoć statističkog opisa podataka, teorija informacija određuje broj bitova potrebnih za opis podataka, što je zapravo entropija informacija na izvoru. Osim navedenoga područje primjene teorije informacija definira se kao kriptografija, grana znanosti koja proučava metode za slanje poruka u takvu obliku te da ih može pročitati samo onaj kojemu su namijenjene. *Shannon* je u tom području uz pomoć teorije informacija definirao minimalnu duljinu kriptograma („šifrata“) potrebnu da bi se izvršilo dešifriranje poruke. Osim navedenoga, teorija informacija služi inženjerima koji se bave informacijskim tehnologijama kao pomagalo u rješavanju složenih problema budući da pruža osnove za analizu pojava u informacijskim sustavima. Primjena teorije informacija danas se pronalazi u različitim znanstvenim područjima, npr. lingvistici, komunikacijskim mrežama, biologiji, medicini, ekonomiji, bioinformatici i dr [12].

Sustav je u toku svog rada određen u svakom trenutku i zauzima određena stanja. Smatra se da je sustav odredljiv (deterministčan) ako se stanja dobro poznaju da se mogu predvidjeti. To znači da postoji uzročna zavisnost između sadašnjeg i budućeg stanja. Budući da se zakon ponašanja može odrediti, može se s određenom vjerojatnošću zaključiti očekivano buduće ponašanje sustava.

# 3. Razvoj komunikacijskih sustava

Komunikacijom se smatra razmjena informacija između pošiljatelja i primatelja putem komunikacijskog kanala. Da bi se ostvarila komunikacija mora postojati izvor koji šalje poruku prema cilju, odredištu. Izvor može biti identičan pošiljatelju (govorna komunikacija), ali i ne mora (npr. telekomunikacije), a pošiljatelj (engl. *transmitter*) kodira poruku, tj. informaciju, u određeni signal i zatim ju šalje putem komunikacijskoga kanala do primatelja (engl. *receiver*), koji dekodira signal u poruku i šalje ju do cilja. Da bi komunikacija bila razumljiva informacija mora biti upućena prema primatelju u formatu koji on može razumjeti.

Glavne faze društvenoga komunikacijskoga procesa su kodiranje, prijenos i dekodiranje poruke. Kod komunikacijskih sustava naglasak je na otvorenosti značenja (višeznačnosti) poruke, koju različiti pošiljatelji u različitim okolnostima mogu različito registrirati i razumjeti. Svaka komunikacija obuhvaća sljedeće osnovne elemente [13]:

(1) pošiljatelj (izvor, komunikator);

(2) primatelj (recipijent, adresat);

(3) kod (verbalni i neverbalni znakovni sustav, sustav simbola);

(4) kanal (fizički prijenosnik ili spoj, npr. govor, pismo, telefon, televizija);

(5) poruka (kombinacija znakova, sadržaj, informacija);

(6) kontekst (predmet komuniciranja, situacijski čimbenici).

Budući da svaka komunikacija obuhvaća brojne načine prijenosa informacija između uređaja ili osoba, u sljedećem poglavlju bit će prikazani karakteristični primjeri komunikacije i elementi kojima se komunikacija ostvaruje. Isto tako bit će prikazan primjer komunikacijskog sustava prijenosa.

## 3.1 Karakteristični primjeri komunikacije i elementi komunikacijskog sustava

Komunikacijski sustav predstavlja cjelokupni sustav prijenosa poruke. Pretvaranje poruke u signal vrši predajni uređaj, a pretvaranje signala u poruku vrši prijamni uređaj. Glavna zadaća komunikacijskog sustava je da prenese informaciju s jednog mjesta na drugo. Prijenos informacije moguće je realizirati na način da se prenosi prema jednom ili više primatelja ili odašilja od jednog ili više pošiljatelja na sljedeći način:

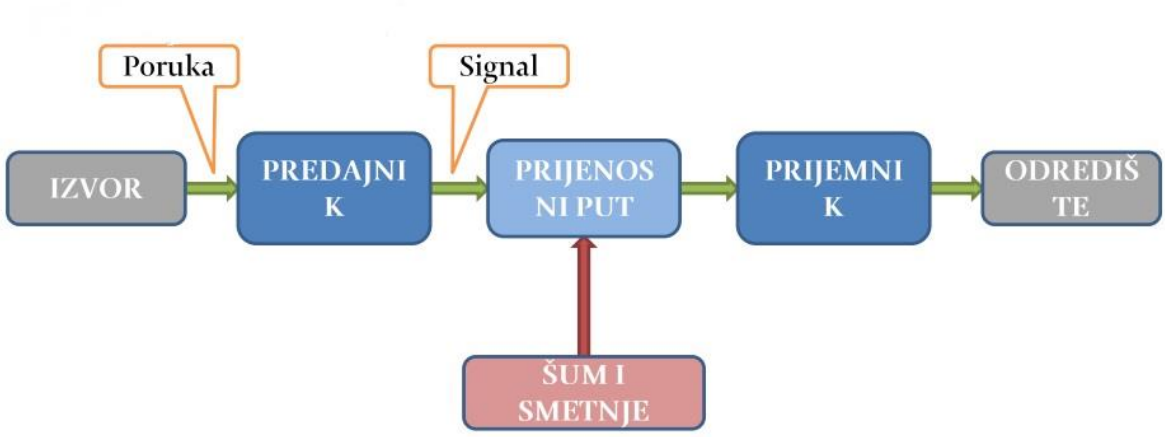
1. Jedan pošiljatelj, jedan primatelj:
    - jednosmjerna komunikacija: zapovijed, pismo, e-mail, SMS (engl. „*Short message service*“),
    - dvosmjerna komunikacija: razgovor, telefon;

2. Jedan pošiljatelj, mnogo primatelja:
    - jednosmjerna komunikacija: govor, radio, televizija,
    - dvosmjerna komunikacija: WWW (engl. „*World Wide Web*“);

3. Mnogo pošiljatelja, jedan primatelj:
    - jednosmjerna komunikacija: „teledijalog“ (npr. engl. *televoting*- (telefonsko glasovanje));

4. Mnogo pošiljatelja, mnogo primatelja:
    - dvosmjerna komunikacija: rasprava u skupini, konferencijski poziv.

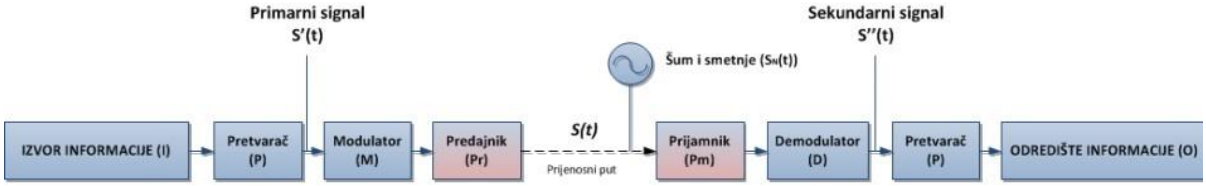
Više komunikacijskih sustava povezanih u jednu interakcijsku cjelinu čini komunikacijsku mrežu koja povezuje izvore i prijamnike informacija prijenosnim kanalima i tehničkim uređajima te obavlja funkciju prijenosa informacija [14]. Osnovnu strukturu komunikacijske mreže čine mrežni čvorovi koji su međusobno povezani poveznicama (engl. *link*).




*Slika 1. Poopćeni prikaz komunikacijskog sustava*

IZVOR: [3]

Na slici 1. prikazan je poopćeni model komunikacijskog sustava te elementi koje sustav sadrži. Izvor predstavlja dio sustava od kud se informacija prenosi putem predajnika, koji informaciju pretvara u signal i putem prijenosnog puta odašilje do prijemnika. Predajnik modulira informaciju u signal kako bi bila otporna na šum i smetnje u prijenosnom putu te na način da ju prijemnik razumije i može demodulirati u izvornu informaciju koja kao takva stiže na odredište.



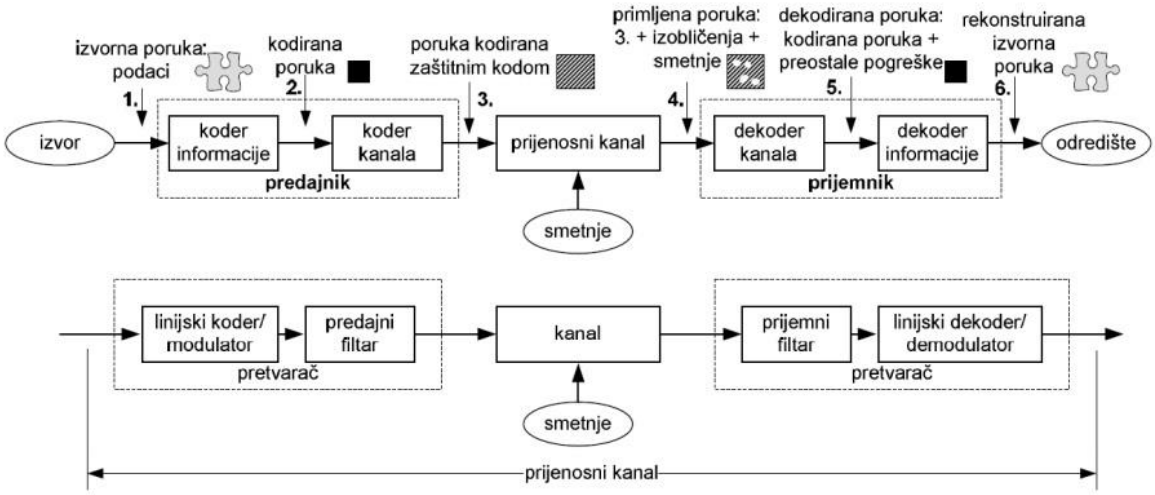

*Slika 2. Blok shema komunikacijskog sustava*

IZVOR: [14]

Slika 2. prikazuje blok shemu komunikacijskog sustava te njegove funkcionalne elemente. Primarni signal je vremenska funkcija koja se generira na izlazu. Prije predaje signala, ukoliko komunikacijski sustav ima ***n*** istovrsnih signala (više izvora informacija), tada ih je potrebno svesti na jedan složeni zajednički signal koji se prenosi prijenosnim putem S(t) [15].

Zadaće elemenata komunikacijskog sustava su [14]:

- Izvor informacije - bilo koja vrsta informacije koju želimo prenijeti (govor, slika, video, podaci itd.)
- Pretvarač - na njihovim izlazima generira se vremenska funkcija S(t), pretvara informaciju u signal
- Modulator (uređaj za obradu signala) - omogućava sakupljanje ***n*** primarnih signala u jedan zajednički koji se emitira na prijenosni put
- Predajnik - predaja signala
- Prijenosni put - prijenosni medij kao što je bakreni vodič, optička vlakna, zrak, elektromagnetski valovi, itd.
- Prijamnik - prijam signala
- Demodulator- suprotno od modulatora
- Pretvarač - pretvara signal u izvorišnu informaciju
- Odredište informacije- npr. ljudsko uho.




*Slika 3. Razrađeni komunikacijski sustav*

IZVOR: [3]

Na slici 3. prikazan je razrađeni komunikacijski sustav prijenosa informacije u 6 koraka. Prikazan je način na koji se izvorna poruka u predajniku pretvara u kodiranu poruku koristeći koder informacije i koder kanala te se kao takva prenosi prijenosnim kanalom gdje na nju djeluju brojna izobličenja i smetnje. Prijemnik je element zadužen da koristeći dekoder kanala i dekoder informacije dekodira poruku, ukloni izobličenja te ju proslijedi na odredište kao rekonstruiranu izvornu poruku.

Da bi postigli zadovoljavajuću razinu usluge (engl. *Qualty of Service*- QoS) u vidu tehničkih, tehnoloških i ekonomskih uvjeta potrebno je odabrati modulacijske postupke koji mogu prenijeti informaciju u određenom frekvencijskom području u što kraćem vremenskom roku te prenijeti informaciju u određenom vremenu.

Postupak modulacije predstavlja svojstvo promjene iz jedne fizičke veličine u drugu veličinu ovisnu o potrebama sustava za koji se vrši namjena. U telekomunikacijskoj tehnologiji modulacijom se prenose različite skupine informacija i podataka. Izvodi se na način da se jedan od parametara električnoga, zvučnog ili svjetlosnoga signala ili elektronskoga toka (općenito nazvanih prijenosnim signalom ili nosiocem) mijenja podudarno s informacijama koje je potrebno prenijeti.. Najveću primjenu ima modulacija električnoga signala. Modulacijom se informacijski signal nanosi na prijenosni signal one vrste koja je za određeni zahtjev najprikladnija [15].

U radijskim komunikacijama se koristi harmonijski prijenos signala, odnosno sinusni oblik prijenosa. To je povijesno najstarija modulacija amplitude (engl. *Amplitude Modulation*, AM), tijekom koje se amplituda harmonijskih titraja visoke frekvencije mijenja u ovisnosti o razini modulacijskoga signala. Na sličan način nastaju modulacija frekvencije (engl. *Frequency Modulation*, FM) i modulacija faze (engl. *Phase Modulation*, PM) harmonijskih titraja. Za prijenos digitalnih podataka koriste se inačice navedenih modulacijskih postupaka: diskretna modulacija amplitude, diskretna modulacija

frekvencije i diskretna modulacija faze, a česte su i složenije diskretne modulacije: kvadraturna modulacija amplitude, modulacija minimalnim pomakom frekvencije i sl. [15].

Uređaj koji izvodi modulaciju naziva se modulator. Prema [15] „*Modulator je sklop, najčešće elektronički, za ostvarivanje modulacije kojim se jedno od svojstava prijenosnoga signala mijenja u skladu s nekim drugim signalom*“. Različite inačice modulatora u velikoj mjeri ovise o vrsti prijenosnoga signala koji može biti sinusni oblik ili impuls i o vrsti modulacijskoga signala koji mogu biti analogni signali (kao npr. govor ili slika) ili diskretni signali (kao npr. digitalni podaci).

Jedan od većih problema u komunikaciji predstavljaju šum i smetnje. Šum se definira kao svaka smetnja u komunikacijskom kanalu koja utječe na iskrivljenje signala. Izobličenost signala događa se kao posljedica nesavršenosti prijenosnog medija i utjecaja vanjskih smetnji na prijemnom i predajnom dijelu sustava. Utjecaj tih prijenosnih smetnji, odnosno šuma, bit će najveći na kraju prijenosnog puta. Idealan komunikacijski sustav bi bio onaj u kojem nema smetnji što bi značilo da je sekundarni signal jednak primarnom.

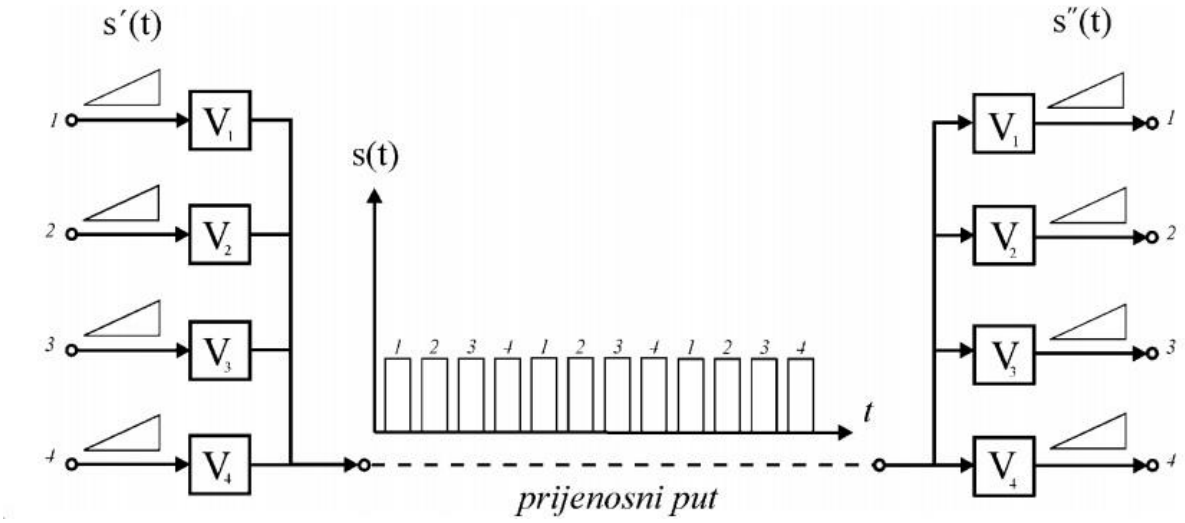
Komunikacijski sustavi prijenosa dijele se na [14]:

- Analogne sustave s frekvencijskom podjelom kanala (engl. *Frequence division modulation*- FDM)
- Digitalne sustave s vremenskom podjelom kanala (engl. *Time division modulation*- TDM)
- Prijenos s razdiobom po valnim duljinama (engl. *Wavelenght division modulation*- WDM)
- Prijenos s razdiobom po dinamici (engl. *Difference in depht od modulation*- DDM).

Budući kvaliteta prijenosa u komunikacijskom sustavu ovisi o prijenosnim smetnjama, kvaliteta će biti bolja ukoliko je sekundarni signal što manje izobličen u odnosnu na primarni signal. U sljedećem će odlomku biti prikazana primjena digitalnog sustava s vremenskom podjelom kanala u prometnom okruženju.

### 3.2 Primjer komunikacijskog sustava

TDM sustav je krenuo s razvojem 1970-ih nakon pojave digitalne integrirane tehnike. Pruža mogućnost obavljanja milijuna procesa tijekom jedne sekunde tako što je omogućen protok velike količine informacija koja u sebi može nositi velike količine podataka. TDM sustav je pouzdaniji i omogućava vrlo kvalitetne kanale za prijenos informacija. Kod ovog sustava multipleksiranje se odvija na način da se informacije prenose preko istog prijenosnog medija s više kanala, ali vremenski pomaknuto. Kanali su vremenski odijeljeni, odnosno nižu se po vremenskoj osi [14].




*Slika 4. TDM sustav s vremenskom razdiobom kanala*
IZVOR: [14]

TDM predstavlja proces stvaranja kompleksnog signala po principu vremenske raspodjele kapaciteta prijenosnog medija, pri čemu dolazi do kombiniranja višestrukih nezavisnih kanala, prethodno podijeljenih prema unaprijed definiranim vremenskim odsječcima, u jedan tok podataka. Svaki ulazni kanal odašilje informacije u unaprijed točno definiranom, njemu pridruženom, vremenskom odsječku. Svaki ulazni signal u multipleksor, na prijemnoj strani, se ponovo vraća (demultipleksira) u prvobitni oblik zahvaljujući identičnom vremenskom odsječku. Prilikom ovakvog tipa multipleksiranja dolazi do promjene vremenske karakteristike pojedinačnih ulaznih signala dok frekventna karakteristika ostaje konstantna i za svaki ulazni signal ista. Drugim riječima, ovim tipom multipleksiranja je moguće kroz jedan frekvencijski opseg (kanal) omogućiti prijenos većeg broja različitih signala koji imaju istu noseću frekvenciju. Različiti signali ulaze u multipleksor po istom kanalu i iz njega izlazi kompleksni signal sa identičnom frekventnom vrijednošću i propusnim opsegom i kao takav prenosi se žičnim ili bežičnim prijenosnim medijem do prijemne strane gdje dolazi do obrnutog procesa demultipleksiranja [16].

Digitalnim prijenosnim sustavom prenose se korisni signali isključivo u digitalnom obliku. Na početku sustava signal se u posebnom uređaju, metodom uzimanja uzoraka, pretvara u impulsni oblik. Amplitudno modulirani impulsi se posebnim metodama kvantiziraju i kodiraju, te se na kraju dobiva kodirani impulsno modulirani signal (engl. *Pulse-code modulation*- PCM) koji se multipleksira u vremenu i koji je pogodan za prijenos. Prijenos takvih impulsa je moguć kabelskim linijama, radio vezama, ali i optičkim prijenosnim sustavima [17].

U većini modernih telekomunikacijskih sustava koristi se neki od oblika TDM sustava za prijenos informacija na velike udaljenosti. Multipleksirani signal može se prenositi žičnim putem, ali može biti moduliran i na nosioce signala za prijenos radio valovima. Primjer takvog prijenosa nalazi se u Sjevernoj Americi gdje se koriste takozvani „T“ nosioci. „T1 sustavi“ implementirani su 1962. godine, a sadrže 24 podkanala multipleksiranih po vremenskim odsječcima. T1 se smatra kao tip širokopojasne komunikacije namijenjene za povezivanje Internetskih davatelja usluga sa Internetskom infrastrukturom. T1 nosioci nude potpunu

digitalnu i *full-duplex* razmjenu podataka putem radiovalova, optičkih niti, ali i ostalih telekomunikacijskih medija. Razvijeni su i T3 nosioci koji nude veće brzine prijenosa, međutim takvi sustavi su preskupi za pojedinačne mrežne korisnike tako da je razvoj usmjeren na ISDN linije, DSL (engl. *Digital Subscriber Line*) povezivanje te za neke oblike bežičnog komunikacijskog ili satelitskog brzog pristupa Internetu [18].

# 4. Prijenos informacija u bežičnim komunikacijama

Sami počeci bežičnih komunikacija bili su u vojne svrhe. Pogledom na neke stare filmove s ratnom tematikom iz II svjetskog rata vidi se kako je svaka komunikacija s jedne strane završavala riječju „gotovo“ (engl. *Over*). To je značilo da osoba koja je do tog trenutka govorila otpušta gumb za prelazak iz predajnog moda u prijemni te da druga strana može početi govoriti. Svaki uređaj je znači imao predajni i prijemni dio koji su se mehaničkim preklopnikom naizmjenično priključivali na antenu (engl. *Half-duplex*). Antene su zadužene za propagaciju elektromagnetskih valova. U početcima su se bežični uređaji koristili prvenstveno za zvukovne komunikacije dok se danas bežični prijenos koristi u mnoštvu različitih uređaja. Razvojem bežičnog telefona počinje implementacija bežičnih komunikacija u svakodnevnu uporabu. Kućište telefona sadržavalo je prenosivu slušalicu s akumulatorom te su oba dijela imala prijamni i predajni uređaj, ali je sama priroda žičnog telefonskog kanala omogućavala istovremeni razgovor i slušanje oba korisnika u komunikaciji (engl. *Duplex*). Način ostvarivanja istovremene dvosmjerne komunikacije preko jedne parice omogućava „fantomski vod“ (Fantomska veza ili fantomski vod omogućava da se iz dva dvožična voda, povezana na odgovarajući način, dobije treći – fantomski vod. U pogledu prometa ovaj vod je potpuno nezavisan od dvožičnih vodova koji ga formiraju, a potrošnja bakra za vodove se time smanjila na 33% po jednoj vezi) [20].

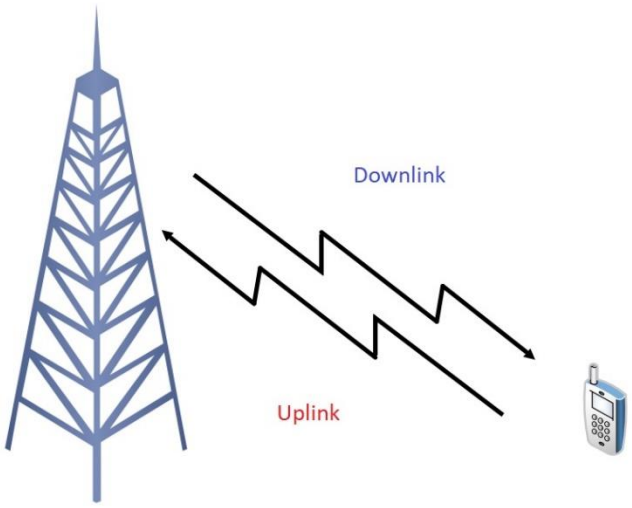
Današnje moderne bežične komunikacije imaju odvojene prijamne i predajne kanale, slično prijamnoj i predajnoj parici UTP (engl. *Unshielded Twisted Pair*) kabla (engl. *FULL-DUPLEX*) i za prijenos sve se više koristi digitalni signal 'skrojen' prema analognom uzorku. Bežični ili radio prijenos se bazira na prijenosu informacija s jednog mjesta na drugo putem elektromagnetskih valova koji putuju kroz prostor. Radio valovi su dio spektra zračenja elektromagnetskog vala. Frekvencije rada mobilnih uređaja smještene su u UHF (engl. *Ultra High Frequency*) području [20].

## 4.1 Mobilni komunikacijski sustavi

Najčešće korišten i najrazvijeniji bežični komunikacijski sustav u modernom dobu je mobilni komunikacijski sustav. Mobilni uređaji su postali nezamjenjivi u svakom aspektu današnjeg društva. Integrirali su se u svaki dio ljudskog života, počevši od svakodnevne komunikacije, olakšavanja u učenju pa sve do poslovnih okruženja, koje je razvoj bežične tehnologije, uvelike unaprijedio.

Mobilni uređaji rade na principu antenskog odašiljanja i prijema informacija od bazne stanice. Centralni primo-predajni sustav smješten na krovu nekog nebodera omogućava istovremenu dvosmjernu komunikaciju s mobilnim uređajem jednog korisnika i povezuje ga na isti način na nekom drugom udaljenom mjestu s drugim korisnikom. Komunikacijski kanal sastoji se od dva odvojena „podkanala“ koji se nazivaju engl. *Uplink* (od korisnika prema centralnoj anteni) i engl. *Downlink* (od centralne antene prema korisniku). Komunikacijski kanal je frekventni raspon u visoko-frekventnom području koji omogućava da se uspješno prenese signal poruke. Signal je u osnovi sinusnog oblika visoke frekvencije, moduliran s analognim ili digitalnim signalom poruke niske frekvencije. Niskofrekventni signal poruke

„utisnut“ je u visokofrekventni signal koji ima svojstvo širenja prostorom te na neki način „nosi“ niskofrekventni signal poruke [20]. Prikaz uzlazne i silazne komunikacije između mobilnog terminalnog uređaja i bazne stanice prikazan je na slici 5.




*Slika 5. Prikaz bežične mobilne komunikacije*

U današnjim digitalnim bežičnim sustavima koristi se nekoliko metoda višestrukog pristupa. Prve dvije, ujedno i starije metode, višestruki pristup s frekvencijskom raspodjelom (engl. *Frequency-division multiple access*- FDMA) i višestruki pristup s vremenskom raspodjelom (engl. *Time-division multiple access*- TDMA) koriste podjelu frekvencije i podjelu vremena da omoguće višestruk pristup. Iako su ove dvije metode dobre u rješavanju problema višestrukog pristupa, razvijena je nova metoda s višestrukim pristupom tehnologijom proširenog spektra (engl. *Code-division multiple access*- CDMA). CDMA sustav koristi kombinaciju frekvencijske i kodne podjele (engl. *Code division*) [19].

### 4.2 Prikaz WLAN komunikacijske tehnologije

Bežična komunikacijska tehnologija ne nalazi se samo u mobilnom komunikacijskom sustavu. Još jedan iznimno važan sustav je računalni. Bežična komunikacija u računalnim sustavima vrlo je srodna mobilnoj telefoniji po vrsti medija koji se koristi za prijenos signala. Uobičajena kratica za bežične računalne mreže je WLAN (engl. *Wireless Local Area Network*), što prikazuje njenu ograničenu zemljopisnu prisutnost u sustavu neke tvrtke ili ustanove, što se ne može reći za mobilnu telefoniju. Ne samo to, već davatelj telekomunikacijskih usluga može omogućiti i bežičnu računalnu komunikaciju preko kanala za mobilne telefonske uređaje. Bežičnu računalnu mrežu u osnovi treba promatrati kao jednu vrlo korisnu mogućnost unutar strukture LAN (engl. *Local Area Network*) ustanove. Ključni element koji omogućava povezanost bez klasičnih žica je bežična pristupna točka (engl. *Access Point*) [20]. Bežična

pristupna točka i bežično povezivanje mobilnih terminalnih uređaja i prijenosnih računala prikazana je na slici 6.




*Slika 6. Prikaz bežičnog povezivanja na pristupnu točku u WLAN mreži*

IZVOR: [29]

WLAN je bežična lokalna računalna mreža koja se ostvaruje radijskim valovima. U toj mreži se računala i računalna periferija bežično spajaju na pristupnu točku, koju najčešće predstavlja usmjernik (engl. *router*), čime se ostvaruje njihovo međusobno povezivanje. Ukoliko se usmjernik kabelom spaja s nekom komunikacijskom mrežom koja pruža pristup internetu, omogućuje se spajanje tih računala i na internet. WLAN se najčešće primjenjuje za pokrivanje jednog stana, ureda ili manjeg prostora, iako je domet današnjih uređaja na otvorenome nekoliko stotina metara. Danas u Europi i Hrvatskoj uobičajena norma za tu vrstu mreža omogućuje maksimalne brzine prijenosa podataka od 54 [Mbit/s], uz frekvencije od oko 2,4 i 5 [MHz], a najčešće se koriste certificirani proizvodi koji nose znak *Wi-Fi* (engl. *Wireless Fidelity*) što često rezultira time da se *Wi-Fi* rabi kao istoznačnica za WLAN. Kako bi se onemogućilo prijavljivanje nepozvanih računala na privatni WLAN koriste se lozinke, a postoje i javna pristupna mjesta (tzv. *hotspot*), koja mogu imati i slobodan pristup [21].

Računalni komunikacijski sustav može se podijeliti na dva dijela, odnosno koriste se dvije vrste bežičnih pristupnih točki. U poslovnom okruženju bežične pristupne točke unutar ustanove moraju se pažljivo razmjestiti. Svaki od uređaja ima moguće područje komunikacije koji ne može imati kružni oblik zbog zapreka (zidova) koje remete širenje elektromagnetskih valova. Razmještaj pristupnih točki opće namjene, kao što su primjerice za prijenosnike, mora biti takav da se ova područja međusobno preklapaju, dok za pristupnu točku koja poslužuje jedan pisač to nije bitno. Kako bi se izbjeglo „svađanje“ pristupnih točki zbog preklapanja

područja na mjestima gdje to nije poželjno, poželjno je svaku od njih podesiti da radi na različitim radnim frekvencijama - kanalima i podesiti snagu predajnika na što manju vrijednost. Mehanizam bežične komunikacije u osnovi je suprotan *Ethernet* mehanizmu komunikacije. *Ethernet* koristi mehanizam detekcije kolizije signala (engl. CSMA / CD - *Carrier Sense Multiple Access / Collision Detect*), dok WLAN koristi mehanizam izbjegavanja kolizije. To znači da se uređaji koji pristupaju mreži ne nadmeću tko će prvi pristupiti mediju nego čekaju kad će medij biti slobodan engl. CSMA / CA - *Carrier-Sense Multiple Access / Collision Avoidanc*e), odnosno čekaju odsustvo komunikacijskog signala [20].

Bežične pristupne točke koriste se i u privatne svrhe. U gotovo svakom domaćinstvu danas koristi neki od ADSL (engl. *Asymmetric Digital Subscriber Line*) uređaja (engl. *Small office and home office* - SOHO), koji od naprednijih mogućnosti pruža *Wi-Fi* bežičnu komunikaciju zasnovanu na mrežnom bežičnom protokolu IEEE 802.11. Raspon uspješne komunikacije moguće je ostvariti u krugu promjera 20-70 m. Koristi se visokofrekventni signal od 2.4 [GHz], 3.7 [GHz] ili 5 [GHz] kao nositelj digitalnog signala poruke, najčešće koristeći OFDM (engl. *Orthogonal frequency-division multiplexing*) modulaciju.

*Wi-Fi* komunikacije koriste MAC (engl. *Media Acces Control*) adresu kao osnovu za prepoznavanje uređaja te se po tome može prepoznati da li je u SOHO uređaj možda „zalutao“ neki susjedov uređaj. Pristup uređaju ostvaruje se kriptiranom prijavom prema WEP (engl. *Wired Equivalent Privacy*) i/ili WPA (engl. *Wi-Fi Protected Access*) modelu. Razlikuju se po tome što WEP koristi 40 bit-nu enkripciju dok WPA 128 bit-nu enkripciju. WPA tijekom rada dinamički mijenja pristupne ključeve i koriste različite načine za kontrolu greške. WEP koristi CRC (engl. *Cyclic Redundancy Check*) metodu a WAP koristi MIC (engl. *Message Integrity Code*) [20].

### 4.3 *Bluetooth* komunikacijska tehnologija

Još jedna od visokorazvijenih tehnologija modernog doba je *Bluetooth*. *Bluetooth* tehnologija predstavlja način bežične razmjene podataka između dva ili više uređaja. U današnje vrijeme moderna računala, mobiteli, digitalne kamere i audio uređaji u velikoj mjeri imaju mogućnost prijenosa podataka uz pomoć *Bluetooth*-a. Veza se uspostavlja putem radio valova u frekvencijskom području od 2,4 do 2,48 [GHz]. Budući da se koristi radio veza, uređaji koji se povezuju ne moraju biti u optičkoj vidljivosti niti biti međusobno usmjereni, a veza se može ostvariti u promjeru od otprilike 10 [metara] oko uređaja. *Bluetooth* je praktičan i koristan i u posljednjih je nekoliko godina postao vrlo raširen. *Bluetooth* se može pronaći u gotovo svim mini i mikro linijama, audio komponentama, slušalicama i malim prijenosnim audio uređajima [22].

Kako bi se uspostavila komunikacije putem *Bluetooth*-a nije potrebna nikakva mrežna infrastruktura, već se mreža formira tek kad za to postoji potreba i traje dok je potrebno (lat. *ad-hoc* mreža). Kada se uspostavlja komunikacija, svaki uređaj može poprimiti jednu od dvije uloge – *master* (vodeći uređaj) ili *slave* (prateći uređaj). *Master* uređaj je onaj koji postavlja redoslijed promjena frekvencije, a *slave* uređaj se tome mora prilagoditi. *Master* može u jednom

trenutku biti povezan s maksimalno 7 *slave* uređaja, no samo s jednim može istovremeno razmjenjivati podatke. Mreža koju čini jedan *master* i do sedam *slave* uređaja naziva se engl. *piconet*. Više *piconeta* čini engl. *scatternet*, pri tome jedan uređaj može u jednom *piconetu* biti *master*, dok u drugom *piconetu* može biti *slave*. Komunikacija započinje slanjem upita (engl. *inquiry)*, a uređaj koji započinje komunikaciju postaje *master*. Uređaji u blizini odgovaraju porukom *inquiry response* u kojoj navode svoju adresu. *Bluetooth* adresa je duljine 48 [bit-a] i jedinstvena je za svaki *Bluetooth* uređaj (najčešće se zapisuje kao 12 heksadecimalnih brojeva koji su grupirani u parove, npr. 11:23:45:67:89:AB). Sljedeći korak je prelazak u fazu *page* u kojoj *master* šalje svim uređajima poruke o postavkama veze. Konačno uređaji prelaze u stanje *connection* i mogu komunicirati [23].

*Beacon* je mali *Bluetooth* radio transmiter. Najčešća analogija, kada se govori o *beacon* uređaju, je sa svjetionikom, budući neprestano odašilje jedan signal koji ostali uređaji mogu vidjeti. Umjesto osvjetljavanja vidljive svjetlosti, odašilje radio signal koji se sastoji od kombinacije slova i brojeva prenošeni u regularnom intervalu veličine 1/10 [sekunde]. Uređaj opremljen Bluetooth-om prepoznaje *beacon* kada dođe u domet emitiranog signala [24].

### 4.4 RFID komunikacijska tehnologija

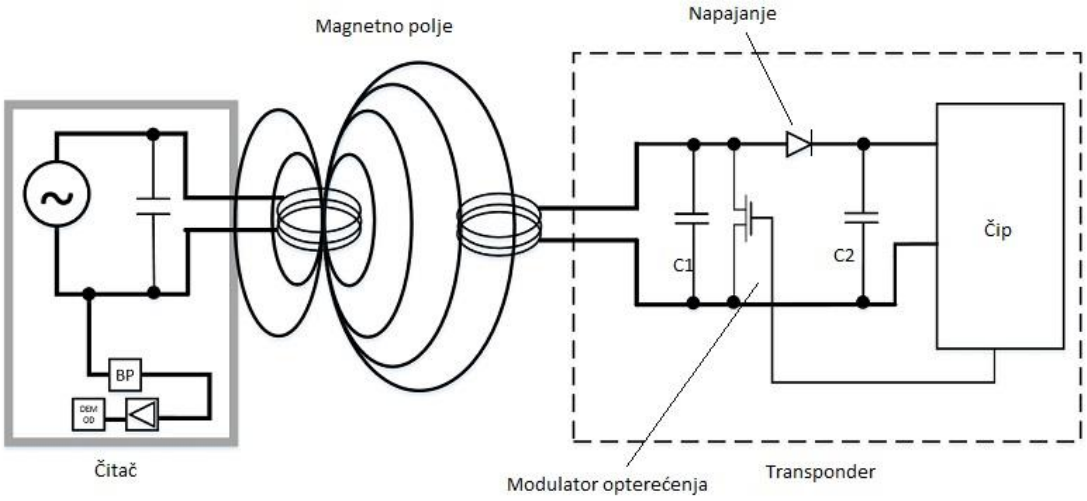
RFID (engl. „*Radio-frequency identification*“) pripada grupi komunikacijskih tehnologija pod nazivom AIDC (engl. „*Automatic Identification and Data capture*“). AIDC metoda automatski identificira objekte, prikuplja podatke vezane uz njih i pohranjuje podatke izravno u računalne sustave uz malu ili nikakvu ljudsku intervenciju. RFID koristi radio valove kako bi to omogućio. Na jednostavnijoj razini, RFID se sastoji od 3 dijela: RFID *tag* ili transponder, RFID čitač te antena. Transponder u sebi sadrži mikročip i antenu koji se koristi za prijenos informacija prema RFID čitaču [25]. Prikaz RFID transmitera i njegovih dijelova možemo vidjeti na slici 7.




*Slika 7. RFID transmiter- antena i mikročip*

IZVOR: [26]

RFID sustav funkcionira na način da se transponder aktivira kada prolazi kroz radio frekventno područje koje je generirano uz pomoć antene i čitača. Transponder zatim odašilje programirani odgovor u obliku traženih informacija. Antena koja je povezana sa čitačem i koja stvara radio frekvencijsko polje detektira odgovor. Čitač zatim šalje u računalo podatke koje sadrži mikročip [26].




*Slika 8. Princip izmjene radio frekventnih valova između čitača i transpondera*

Prikaz bežičnog prijenosa informacija između čitača i transpondera prikazan je na slici 8. Uključivanjem čitača on počinje emitirati signal određene frekvencije. Odgovarajući transponder u frekvencijskom polju čitača detektira signal, koristi dobivenu energiju da bi probudio mikročip i proslijedio dobivenu energiju. Kada je transponder dekodirao signal kao valjan, odgovara čitaču te inicira svoju prisutnost utječući na čitačko polje [26].

### 4.5 NFC komunikacijska tehnologija

NFC je bežična komunikacijska tehnologija koja radi na malim udaljenostima. NFC čipovi mogu komunicirati na udaljenostima od samo nekoliko centimetara. U ovisnosti o tome kako je NFC čip dizajniran može raditi na način da se komunikacija ostvaruje dodirom dva uređaja koji žele razmjenjivati podatke.

NFC radi na frekvenciji 13.56 [MHz] uz protok podataka od 424 [kbps] što i ne predstavlja velike probleme budući da je količina informacija koje se prenose NFC komunikacijom iznimno mala (par kilo bita). Prijenos se zasniva na principu magnetske indukcije koja se stvara između dvije antene uređaja. Između dviju antena stvara se inducirano polje kroz koje se mogu slati električni impulsi, odnosno podaci. Postoje dva tipa čipa – prijamnik i predajnik. Prijamnik je pasivni što znači da ne treba napajanje, dok ga predajnik mora imati [27].

NFC prijamnici zbog te karakteristike mogu biti izvedeni kao naljepnice ili tanki sloj plastike što ih čini iznimno fleksibilnim za implementaciju u razne uređaje. Prijamnici su *read-only* (samo za čitanje) tip čipova u koje su integrirane informacije prilikom njihove proizvodnje. Te informacije mogu biti različite cijene, popusti, podaci o određenim događajima i slično. Prijamnici mogu biti isprogramirani sa statičnim sadržajem ili koristiti dodatni sklop koji može biti spojen na Internet preko kojeg je moguće i dinamički upravljati podacima u čipu. Također i predajnici mogu raditi u prijamnom modu, zbog toga je i omogućena komunikacija npr. između dva pametna telefona [27].

Veliku prednost koju NFC ima nad sličnim tehnologijama (npr. *Bluetooth*-om) je u tome što ne zahtjeva uparivanje uređaja. Zbog toga ga je puno bolje iskoristi u mjestima gdje postoji veliki broj uređaja jer ne dolazi do miješanja signala, a i samim time što nema potrebe za uspostavom konekcije rad s NFC uređajima je puno brža [27].

NFC tehnologija može se pronaći u sve široj primjeni u svakodnevnom okruženju. Razvojem tehnologije dolazi se do toga da je primjena beskontaktnog plaćanja karticama svakodnevna, ali i korištenje mobilnih uređaja koji mogu zamijeniti kartice. NFC pronalazi svoju primjenu i u mogućnosti zaključavanja vrata prislanjanjem uređaja na elektroničku bravu. Također, prislanjanjem uređaja na recepcijama hotela koji sadrže NFC *SmartAppHotel* korisnik, koji prethodno odabere željeni hotel i unese svoje osobne podatke, dobiva ključ za otključavanje sobe.

## 4.6 Globalni navigacijski satelitski sustavi

Globalni navigacijski satelitski sustav (engl. *Global Navigation Satellite System*-GNSS) predstavlja zajednički naziv za sustave koji omogućavaju pozicioniranje i navigiranje u realnom vremenu u bilo kojem trenutku i na bilo kojem dijelu zemaljske površine. Na razvoj satelitskih sustava ponajviše je utjecalo natjecanje između SAD-a i bivšeg Saveza Sovjetskih Socijalističkih Republika (SSSR) za vrijeme Hladnog rata. Prvi lansirani sateliti dogodili su se krajem 1950-ih godina, a baš navedene zemlje prednjačile su u razvoju satelitskih sustava.

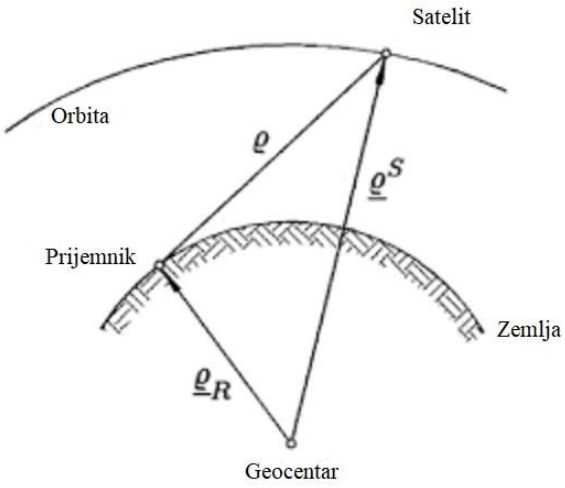
GNSS se bazira na velikom broju satelita koji stalno kruže u orbiti oko Zemlje. Oni zajedno čine mrežu satelita koja kontinuirano odašilje kodirane informacije na temelju kojih je omogućeno precizno utvrđivanje položaja na Zemlji. GNSS se sastoji od GPS (engl. *Global Positioning System*), GLONASS (rus. *Globalnaya Navigazionnaya Sputnikovaya Sistema*) i GALILEO satelitskog sustava koji su prikazani u radu te od brojnih drugih satelitskih sustava.

### 4.6.1 GPS navigacijski satelitski sustav

GPS je američki svemirski globalni navigacijski satelitski sustav. Sustav čini mreža od barem 24 satelita koji kontinuirano šalju kodirane informacije putem vrlo slabih radio signala omogućujući prijamniku precizno određivanje položaja na Zemlji. GPS sustav omogućuje određivanje trodimenzionalne pozicije prijamnika – geografska širina i duljina te nadmorska visina, točnosti do nekoliko metara. Isto tako, omogućuje precizan izračun brzine, ali i vremena

uz odstupanje ne veće od par nanosekundi. Prvenstveno je dizajnirana za vojnu primjenu, međutim kasnije je odobrena i civilna uporaba [23].

GPS je krenuo s razvojem 1973. godine pod kontrolom Ministarstva obrane SAD-a s ciljem uspostave razvoja, provjere, povećanja točnosti i korištenja u borbene svrhe prostornog pozicijskog sustava. Sustav za globalno pozicioniranje sastoji se od tri dijela: prostorni segment (čine ga sateliti), kontrolni segment (zemaljske stanice) i korisnički segment (korisnici i njihovi prijamnici) [28].




*Slika 9. Princip satelitskog povezivanja*

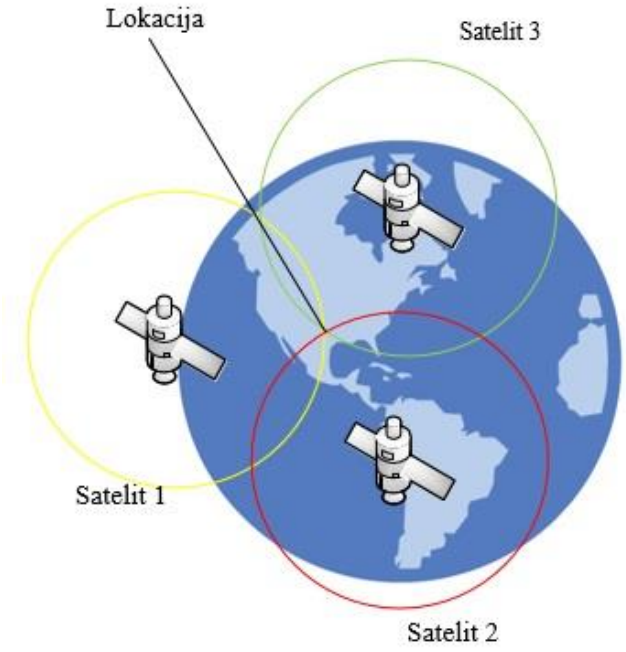
Prostorni segment čine sateliti koji se kreću približno kružnom putanjom na visini od oko 20 200 [km] iznad Zemlje s periodom od približno 12 zvjezdanih sati. Ovaj raspored satelita se mijenjao od početna 24 satelita u tri orbitalne ravnine, uz inklinaciju od 63° prema ravnini ekvatora, do današnjih 27 satelita u šest orbitalnih ravnina, uz inklinaciju od 55° prema ekvatoru (u svakoj ravnini su po četiri satelita). GPS sateliti pružaju platformu za radio primopredajnike, atomske satove, računala i različitu dodatnu opremu koja se koristi za vođenje sustava.

Kontrolni segment uključuje operacijski kontrolni sustav (engl. *Operational Control System*) koji se sastoji od glavne kontrolne stanice, promatračkih stanica rasprostranjen ih po svijetu i zemaljskih kontrolnih stanica. Glavne zadaće ovog segmenta su praćenje satelita u svrhu određivanja njihovih orbita, korekcija sata (tzv. predikacijsko modeliranje), sinkronizacija vremena, te konačno slanje poruka prema satelitima.

Korisnički segment ima vojne korisnike i civilne korisnike. Kod vojnih korisnika prvobitni korisnik GPS-a bilo je Ministarstvo obrane SAD-a, kojem je ovaj sustav bio dopuna programu nacionalne sigurnosti. Ministarstvo obrane SAD-a nastojalo je opremiti GPS prijamnicima gotovo svaku vojnu jedinicu, bila ona na kopnu, moru ili zraku. U civilnoj uporabi GPS sve češće se pronalazi kao integrirani dio automobila. Omogućava korisnicima lakše snalaženje u nepoznatom prostoru, pruža upute o pravcu kretanja te o trenutnoj lokaciji. Sve više tvrtki koje posjeduju određeni vozni park koriste GPS sustave kako bi nadzirali kretanja svojih vozila [28].

GPS prijamnik od satelita prikuplja dvije vrste kodiranih informacija. Jedna od tih informacija sadrži približan položaj satelita. Ti se podaci zatim kontinuirano prenose te spremaju u memoriju GPS prijamnika kako bi točno znao orbite satelita i gdje bi se koji satelit trebao nalaziti. S obzirom da se sateliti pomiču, podaci se periodički ažuriraju novim informacijama. Svaki satelit može putovati malo izvan orbite, stoga zemaljska stanica za praćenje prati orbite satelita, njihovu visinu, položaj i brzinu. Zemaljska stanica za praćenje šalje orbitalne informacije glavnoj kontrolnoj stanici, koja nakon toga šalje satelitima ispravljene podatke. Takvi ispravljeni podaci o položajima nazivaju se efemeride, vrijede do šest sati te se šalju GPS prijamnicima u obliku kodiranih informacija.

Uz određivanje preciznog položaja u prostoru, GPS prijamnik treba točno znati koliko su oni daleko kako bi mogao odrediti svoj položaj na Zemlji. Rezultat koji se dobije umnoškom brzine emitiranog signala – brzine svjetlosti i vremena putovanja predstavlja udaljenost satelita. Vrijeme putovanja se računa uz pomoć kodiranog signala koji prijamnik dobije od satelita [23].




*Slika 10. Prikaz određivanja trodimenzionalne pozicije prijamnika*

### 4.6.2 GLONASS navigacijski satelitski sustav

GLONASS predstavlja Rusku verziju Američkog satelitskog sustava GPS. Razvoj GLONASS satelitskog sustava započinje 1993. godine, a danas se sastoji od 28 satelita od kojih su 24 satelita u funkciji, 3 su rezervna i 1 je u fazi testiranja. Primarni razvoj bio je usmjeren u vojne svrhe i bio je dizajniran za trenutno lociranje s visokom preciznošću i velikom brzinom prijenosa informacija korisnicima diljem svijeta. Sateliti kruže orbitom na visini od 19 100 [km] i svaki od njih emitira satelitski signal u obliku stošca s približno 1250 [MHz].

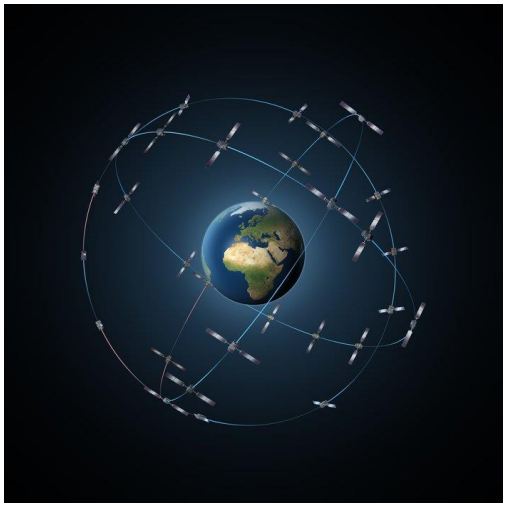
Od samog početka razvoja svemirskog programa koristila su se 4 različita modela svemirskih letjelica. „*Ten Block* I“ letjelice lansirane su u razdoblju od 1982.-1985. godine i imale vijek trajanja od približno 14 mjeseci. „*Six Block* IIa“ uslijedili su 1985-1986. godine i sadržavali su naprednije vremenske i frekvencijske standarde što je rezultiralo povećanjem frekvencijske stabilnosti. „*Six Block* IIb“ svemirske letjelice pojavile su se 1987. godine i imale su vijek trajanja 2 godine. Od ukupno 12 ovakvih lansiranih letjelica čak pola ih je stradalo prilikom lansiranja. Model koji je i danas u uporabi je „*Block* IIv“ i ima produženo vrijeme rada od otprilike 3 godine [30].

Prva faza razvoja GLONASS satelitskog sustava završena je 1991. kada je 7 aktivnih satelita funkcioniralo u dvije orbite odvojene 120°. GLONASS koristi FDMA metodu kodiranja uz orbitalnu inklinaciju od 64.8° prema ekvatoru i omogućava preciznost lociranja korisnika uz preciznost od 5-10 [m]. Frekvencije koje koristi su otprilike 1.602 [GHz] i 1.246 [GHz] [30].

### 4.6.3 Galileo navigacijski satelitski sustav

Galileo je Europski globalni navigacijski satelitski sustav koji omogućava garantirano visoku preciznost globalnog pozicioniranja pod civilnom kontrolom. Predstavlja prvi satelitski sustav koji nije razvijen prvenstveno za vojnu nego civilnu uporabu. Budući da je interoperabilan sa GPS i GLONASS sustavom, Galileo satelitski sustav omogućava preciznost lociranja unutar 1 metra u stvarnom vremenu.

Budući da je Galileo sustav još u razvoju, kada bude u potpunosti realiziran sadržavat će 24 operativna satelita sa 6 rezervnih, raspoređenih u 3 orbite na visini od 23 222 [m] i s inklinacijom od 56° prema ekvatoru. Prve početne usluge puštene su u rad 2016. godine, a uz konstantan razvoj planirani završetak kompletnog navigacijskog satelitskog sustava je 2020. godine [31].



*Slika 11. Prikaz konfiguracije satelita iz Galileo navigacijskog satelitskog sustava*

IZVOR:[31]

U Europi su postavljena 2 zemaljska kontrolna centra (engl. *Galileo Control Centres*-GCC) za kontrolu satelita i upravljanje navigacijskim zadaćama. Podaci koje pruža globalna mreža *Galileo Sensor Stations* (akr. GSS) šalju se do kontrolnih centara putem redundantne

komunikacijske mreže. Kontrolni centri koriste dobivene podatke za izračunavanje kompletne informacije i za sinkroniziranje svih vremenskih signala sa svih satelita sa zemaljskim satovima. Razmjena podataka između komunikacijskih sustava i satelita obavlja se kroz *up-link* stanice [31].

# 5. Primjer bežične komunikacijske tehnologije u prometnom okruženju

Svakodnevnim razvojem bežične tehnologije dolazi do njene sve češće primjene i u prometnom okruženju. U cestovnom se prometu tako nailazi na brojne modifikacije koje su uvelike olakšale transport. Razvijeni su sustavi za mobilno plaćanje parkinga, informiranje vozača o stanju u prometu, Internetske veze i *Wi-Fi* u vozilima, pametni semafori sa senzorima prepoznavanja vozila, praćenje i nadzor vozila, elektronička naplata cestarine, uporaba NFC naljepnica za informiranje korisnika na autobusnim stajalištima, skeniranje QR kodova za pristup dodatnim sadržajima i mnoge druge.

Kao ogledni primjer bežične tehnologije u prometnom okruženju prikazano je korištenje NFC komunikacijske tehnologije u cestovnom, ali i zračnom prometu. Budući je turizam jedna od najbrže rastućih gospodarskih grana u svijetu dolazi do potrebe za sve većim informiranjem korisnika. Sukladno tome, kreće razvoj komunikacijskih tehnologija koje omogućavaju što lakši pristup traženom sadržaju i snalaženje u nesvakidašnjoj okolini.

NFC je efikasna tehnologija za komunikaciju na maloj udaljenosti. Nudi intuitivna i jednostavna rješenja za prijenos podataka između dva uređaja koja mogu istovremeno i primati i odašiljati podatke. NFC uređaji imaju nekoliko funkcionalnosti i na primjer mogu funkcionirati kao pametne beskontaktne kartice, kao pasivne naljepnice koje pružaju informacije skeniranjem te kao medij za razmjenu podataka između dva uređaja. Često se koriste i za prijenos poruka, datoteka, slika ili internetskih poveznica jednostavnim prislanjanjem uređaja na NFC naljepnicu [32].

Primjena beskontaktnih kartica koje se temelje na NFC komunikacijskoj tehnologiji je sve češća u svijetu. Budući uvelike olakšava plaćanje tamo gdje je brzina i jednostavnost poželjna, primjerice na blagajnama dućana, benzinskih postaja, restorana itd., vrlo brzo je naišla na opće prihvaćanje. Sigurnost je osigurana korisnicima postavljanjem maksimalnog iznosa računa koji može biti plaćen beskontaktno, što je u Hrvatskoj ovisno o banci, otprilike 100 hrvatskih kuna.

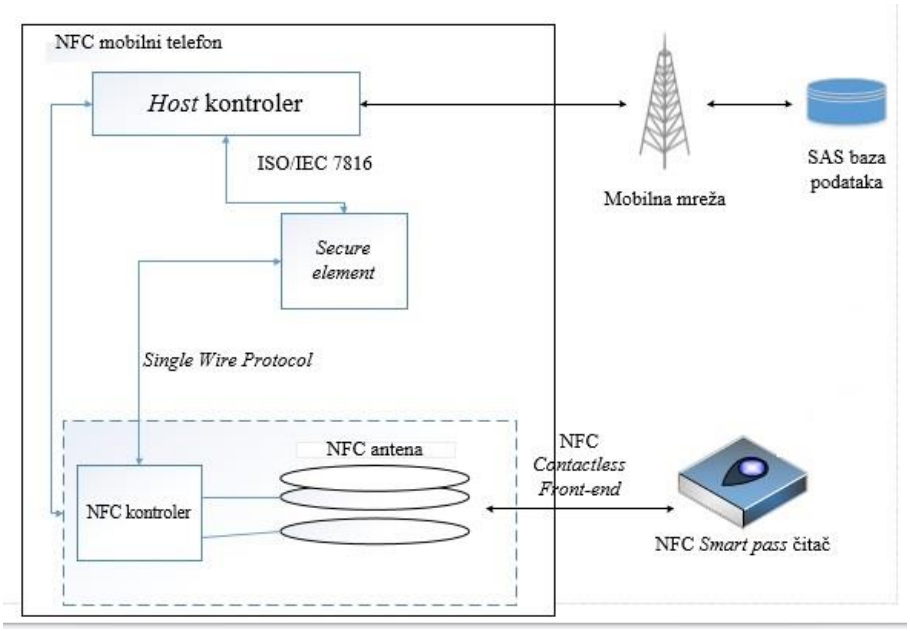
Turizam se smatra kao jedna od važnijih i poželjnijih gospodarskih grana u svijetu. Brojne tehnologije koje nisu razvijane u tu svrhu, pronašle su svoju primjenu i u turizmu. Putnici se u današnje vrijeme sve češće koriste i prije početka i za vrijeme trajanja mobilnim uređajima i brojnim podržanim aplikacijama. Mnogi stručnjaci smatraju kako se baš preko takvih aplikacija na mobilnim uređajima, koje sadrže turističke informacije, korisnici najčešće informiraju o mjestima koje posjećuju.

Iako je primjena NFC tehnologije u prometnom okruženju još uvijek u razvoju može ju se pronaći u nekoliko sustava. Budući je primjer ovog rada vezan za turizam, prikazano je 10 najvažnijih funkcionalnosti u turizmu prema [33]: mobilno plaćanje, opskrba informacijama, autorizacija pristupa, pristup mrežnim vezama, upravljanje programima vjernosti, članske iskaznice, naplata ulaznica putem mobilnih uređaja, upravljanje radnom snagom, identificiranje i lociranje baza podataka.

Jednu od primjena NFC komunikacijske tehnologije može se pronaći u zračnom prometu. Koristi se u zračnim lukama gdje organizaciju uvelike olakšaju aviokompanijama, zaposlenicima zračne luke te samim putnicima. *Scandinavian Airlines* (SAS) je u studenom 2011. godine u svoje zračne luke uvela NFC naljepnice za putnike koji često putuju njihovom aviokompanijom. Takozvane „*The SAS Smart Pass*“ naljepnice omogućene su korisnicima koji su brojem ostvarenih putovanja u Skandinaviji zaslužili zlatni status vjernosti. Glavni cilj je bio korisnicima omogućiti što lakši i brži prolaz kroz *check-in* (prijavu za let) kako bi imali više slobodnog vremena za uživanje u kupovini i restoranima u zračnim lukama te pružiti aviokompanijama informacije o ukrcanim putnicima [34]. Funkcionalnosti koje nudi *SAS Smart Pass* su [35]:

1. *Check-in*
2. Dobivanje oznake za prtljagu na SAS samouslužnim kioscima
3. Prolazak kroz osiguranje
4. Korištenje trake za brži prolazak putnika
5. Ulazak u posebne sobe za uživanje i odmor
6. Ukrcavanje na letove

Usluge *SAS Smart Pass*-a dostupne su korisnicima i na njihovim mobilnim uređajima ukoliko posjeduju novije generacije uređaja sa razvijenim NFC sustavom ili jednostavnim naljepljivanjem naljepnice *Smart Pass*-a na predmete koji su im pri ruci.




*Slika 12. Prikaz arhitekture NFC SAS Smart Pass-a korištene putem mobilnih uređaja*

Na slici 9. prikazana je arhitektura NFC komunikacijske tehnologije gdje korisnici prislanjanjem mobilnih uređaja komuniciraju bežičnom komunikacijom sa čitačem. Prikazano je kako prislanjanjem mobilnog uređaja opremljenog NFC komunikacijskom tehnologijom na NFC *Smart pass* čitač opremljen NFC *Contactless Front-end*-om (Beskontaktno analogno/digitalni prednji dio) i NFC antenom i integriranim krugom, tj. NFC kontrolerom, korisnici kroz *Secure element* (sigurnosni element) odašilju informacije do *Host* (domaćinskog) kontrolera koji provjerava identitet korisnika i putem mobilne mreže informira SAS bazu

podataka. Korisnika se provjerava u bazi podataka i nakon identifikacije ostvaruje prava na povlastice koje nudi ova usluga.

Drugu primjenu NFC tehnologije u turizmu pronalazi se u glavnom gradu Engleske i Ujedinjenog Kraljevstva, Londonu. U ovom slučaju NFC tehnologija dio je cestovnog prometa. Primjena NFC-a u svrhu transporta najčešće se veže uz javni gradski autobusni prijevoz te taksi službu. U Londonu su u više od 2500 vozila *Radio Taxi*-a implementirane NFC naljepnice ili QR kodovi kako bi omogućili korisnicima jednostavnije korištenje, snalaženje i informiranje o taksi vozilima. Prislanjanjem mobilnog uređaja na NFC naljepnicu ili skeniranjem QR koda korisnicima je omogućena izravna veza sa internetskom stranicom na kojoj se nalazi poveznica za preuzimanje taksi aplikacije. Aplikacija korisnicima omogućava pozivanje najbližeg vozila *Radio Taxi*-a jednim klikom te praćenje kretanja vozila do dolaska na dogovoreno mjesto sastanka. Glavni cilj aplikacije je pružiti korisnicima informacije o njima najbližim vozilima te informirati korisnike o lokaciji vozila prilikom dolaska. Ova usluga uvelike je povećala obujam prometa kompanije [37]. Način skeniranja koda i prepoznavanja mobilnim uređajem prikazan je na slici 10.

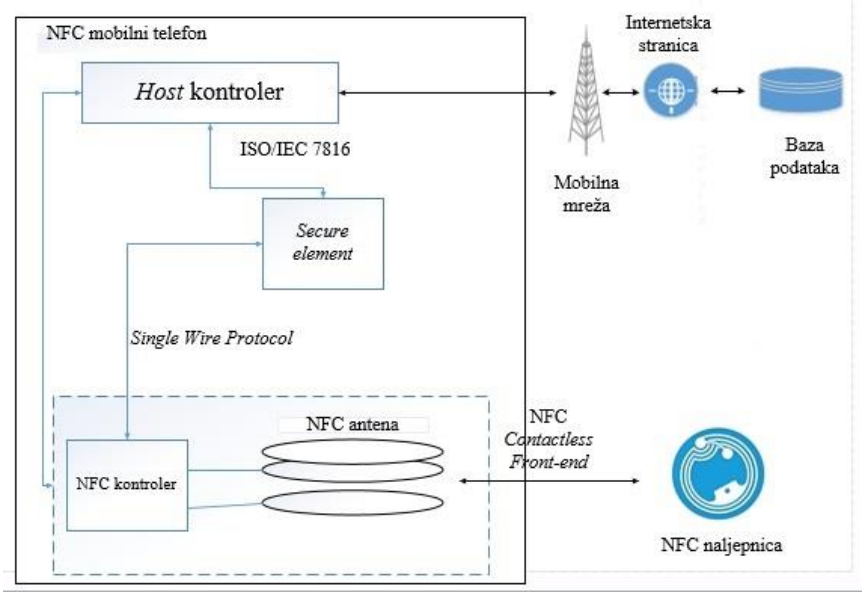



*Slika 13. Prikaz korištenja NFC tehnologije u Londonskoj Radio Taxi službi*

IZVOR: [35]

Primjer korištenja NFC tehnologije u javnom gradskom autobusnom prijevozu pronalazi se u Brazilskom gradu, Rio de Janeiru. Na autobusnim stanicama diljem grada postavljene su NFC naljepnice i QR kodovi kako bi domaći, ali i strani putnici mogli prislanjanjem uređaja ili skeniranjem koda pristupiti aktualiziranim informacijama o voznom redu i ruti autobusne linije. Naljepnice korisnicima također pružaju informacije i o turističkim atrakcijama te o gradskim znamenitostima koje bi posjetitelje mogle zanimati. Budući je to sve dio većeg sustava poznatijeg kao „*The Rio Smart City*“ („Pametni grad“) posjetiteljima se pružaju i informacije o trenutnim događanjima u gradu. Tako je za vrijeme Svjetskog nogometnog prvenstva 2014. godine i Olimpijskih igara 2016. godine navijačima uvelike bilo

olakšano kretanje gradom budući su informacije o rutama autobusnih linija bile lako dostupne [38].




*Slika 14. Prikaz arhitekture NFC komunikacijske tehnologije pri prislanjanju mobilnog uređaja na NFC naljepnicu u Rio de Janeiru*

Na slici 11. prikazana je arhitektura NFC komunikacijskog sustava od trenutka prislanjanja mobilnog uređaja opremljenog NFC tehnologijom na NFC naljepnicu do trenutka kada internetska stranica iz postojeće baze podataka korisniku pruža informaciju. Komunikacija se odvija na način da mobilni uređaj skenira postojeći sadržaj s naljepnice putem NFC antene i NFC kontrolera te kroz *Secure element* šalje do *Host* kontrolera. Kontroler zatim putem mobilne mreže pristupa Internetskoj stranici koja iz baze podataka informira korisnika o rutama autobusa te o trenutnim događajima u gradu.

# 6. Zaključak

S obzirom na činjenicu da se informacijske tehnologije neprestano razvijaju i korak po korak implementiraju u svaki dio ljudskog života svrha ovog završnog rada bila je prikazati na koji se način komunikacijske tehnologije primjenjuju u prometnom okruženju i na koji način služe u svrhu informiranja korisnika. Najveću ekspanziju informacijskih i komunikacijskih sustava te njihovih elemenata veže se uz završetak 2. Svjetskog rata kada su na svjetlo dana izašli sustavi koji su do tada bili vojne tajne i koristili se isključivo u vojne svrhe. U današnje vrijeme komunikacijsku tehnologiju pronalazimo u svim društvenim i gospodarskim granama. Budući da je stupanj informizacije, odnosno širina i masovnost primjene informacijske i komunikacijske tehnologije postalo mjerilo razvijenosti države, današnje društvo smatra se informacijskim društvom. S druge strane, unatoč svim tim prednostima koje nam nudi tehnologija na dohvat ruke došlo je do toga da su ljudi manje kreativni i snalažljivi.

Kako bi kompletna komunikacija i prijenos informacija od kraja do kraja komunikacijskog sustava funkcionirali bez problema, razvijena je teorija informacija. Bazirana je na rješavanju problematike između pošiljatelja i primatelja u komunikacijskom kanalu, što su ujedno i elementi komunikacijskog sustava.

Istraživanjem bežičnih komunikacijskih tehnologija vidljiva je njihova sve veća implementacija u brojne sustave. Prijenos informacija na principu radiovalova omogućava korisnicima da bilo kad i bilo gdje pristupe traženom sadržaju, što u užurbanom današnjem načinu života predstavlja veliku olakotnu okolnost. U ovom radu su prikazani najvažniji elementi informacijsko-komunikacijske tehnologije i njihov razvoj kroz povijest te su prikazane bežične komunikacijske tehnologije i njihov princip rada. Vidljivo je kako su bežične komunikacijske tehnologije naišle na široku primjenu u sve većem broju okruženja te kako se primjenjuju za rješavanje svakodnevnih, ali i zahtjevnijih problema u ljudskom životu.

Kako i u velikom broju ostalih okruženja tako i u prometnom pronalazimo sve češću primjenu bežičnih tehnologija. Jedna od njih je uzeta kao primjer u ovom radu, a to je NFC bežična tehnologija koja omogućava razmjenu informacija na malim udaljenostima. Budući su prijamnici pasivni, odnosno ne trebaju napajanje, mogu biti izraženi u obliku naljepnica ili tankih slojeva plastike što omogućava lakšu implementaciju. Prislanjanjem predajnika na prijamnik stvara se magnetno polje kroz koje se odvija prijenos podataka. U radu je prikazana primjena NFC tehnologije u svijetu i načini na koje ona informira i identificira korisnike. Na analiziranim primjerima uočeno je kako NFC korisnicima olakšava pristup informacijama te na koji način pruža rješenja za realizaciju prometa u svrhu što većeg zadovoljstva korisnika. U Hrvatskoj je implementacija NFC sustava još uvijek u razvoju i unatoč težnji da prati razvijene zemlje, ipak ne uspijeva pratiti njihov razvoj ni u prometnom ni u gospodarskom pogledu.

## Literatura


[1] Institut za hrvatski jezik i jezikoslovlje – Struna portal, 2011. [Mrežno]. Preuzeto sa: http://struna.ihjj.hr/naziv/informacijska-tehnologija/35052/ [Pristupljeno 1.8.2018.]

[2] V. Badat, MORE TECHNOLOGY EQUALS LESS PRODUCTIVITY?, Arbitage Magazine „Coulture“, [Mrežno]. Preuzeto sa: http://www.arbitragemagazine.com/topics/culture/more-technology-equals-less-productivity/ [Pristupljeno 1.8.2018.]

[3] M. Periša, Uvod u teoriju informacija i komunikacija, Fakultet Prometnih Znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zavod za informacijsko-komunikacijski promet, predavanja iz kolegija Informacije i Komunikacije, listopad 2016., [Mrežno]. Preuzeto sa: http://e-student.fpz.hr/Predmeti/I/Informacije_i_komunikacije/Materijali/2_Uvod_u_teoriju_informacija_i_komunikacija.pdf [Pristupljeno 1.8.2018.]

[4] Leksikografski zavod Miroslav Krleža, [Mrežno]. Preuzeto sa: http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=27406 [Pristupljeno 1.8.2018.]

[5] C. D. McGillem, Telegraph, Encyclopedia Britannica, srpanj 1999., [Mrežno]. Preuzeto sa: https://www.britannica.com/technology/telegraph [Pristupljeno 2.8.2018.]

[6] D. E. Borth, Telephone, Encyclopedia Britannica, srpanj 1999., [Mrežno]. Preuzeto sa: https://www.britannica.com/technology/telephone [Pristupljeno 2.8.2018.]

[7] R. Skretvedt; C. H. Sterling, Radio, Encyclopedia Britannica, rujan 2009., [Mrežno]. Preuzeto sa: https://www.britannica.com/topic/radio [Pristupljeno 2.8.2018.]

[8] D. G. Fink; D. E. Fisher; M. J. Fisher; A. M. Noll; Television, Encyclopedia Britannica, srpanj 1999., [Mrežno]. Preuzeto sa: https://www.britannica.com/technology/television-technology [Pristupljeno 2.8.2018.]

[9] D. Hemmendinger; P. A. Freiberger; W. M. Pottenger; Computer, Encyclopedia Britannica, svibanj 2001., [Mrežno]. Preuzeto sa: https://www.britannica.com/technology/computer [Pristupljeno 2.8.2018.]

[10] M. A. Dennis; R. Kahn, Internet, Encyclopedia Britannica, srpanj 2008., [Mrežno]. Preuzeto sa: https://www.britannica.com/technology/Internet [Pristupljeno 2.8.2018.]

[11] M. Kos, Teorija informacije, Fakultet Organizacije i Informatike, Sveučilište u Zagrebu, predavanja iz kolegija Teorija Informacija, [Mrežno], Preuzeto sa: ftp://ftp.foi.hr/nastava/Teorija_informacija/MladenKos_Predavanja/TI-P01_Uvod.pdf [Pristupljeno 4.8.2018.]

[12] Leksikografski zavod Miroslav Krleža, [Mrežno]. Preuzeto sa: http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=60880 [Pristupljeno 4.8.2018.]

[13] Leksikografski zavod Miroslav Krleža, [Mrežno]. Preuzeto sa: http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=32686 [Pristupljeno 7.8.2018.]

[14] M. Periša, Komunikacijski sustav, Fakultet Prometnih Znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zavod za informacijsko-komunikacijski promet, predavanja iz kolegija Informacije i

Komunikacije, studeni 2016., [Mrežno]. Preuzeto sa: http://e-student.fpz.hr/Predmeti/I/Informacije_i_komunikacije/Materijali/4_Komunikacijski_sustav.pdf [Pristupljeno 7.8.2018.]

[15] Leksikografski zavod Miroslav Krleža, [Mrežno]. Preuzeto sa: http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=41495 [Pristupljeno 7.8.2018.]

[16] Top.IP portal. Multipleksiranje, travanj 2011. [Mrežno]. Preuzeto sa: http://www.topip.rs/index.php?option=com_content&view=article&id=81%3Amultipleksiranje-multiplexing&catid=10%3Amodulacije&Itemid=10&showall=1 [Pristupljeno: 04.09.2018.]

[17] Fakultet Prometnih Znanosti, Sveučilište u Zagrebu, MULTIPLEKSNI ILI VISOKOFREKVENTNI (VF) PRIJENOSNI SUSTAVI. [Mrežno]. http://www.fpz.unizg.hr/ztos/pred/TT/5.doc [Pristupljeno: 04.09.2018.]

[18] W. L. Hosch, T1, Encyclopedia Britannica, ožujak 2009., [Mrežno]. Preuzeto sa: https://www.britannica.com/technology/T1 [Pristupljeno 04.09.2018.]

[19] Fakultet Prometnih Znanosti, Sveučilište u Zagrebu, GSM, [Mrežno]. Preuzeto sa: http://www.fpz.unizg.hr/ztos/PRSUS/GSM.pdf [Pristupljeno 9.8.2018.]

[20] D. Radić, Informatička abeceda, Split-Hrvatska., [Mrežno]. Preuzeto sa: https://informatika.buzdo.com/s930-intranet-bezicna-komunikacija.htm#n1 [Pristupljeno 9.8.2018.]

[21] Leksikografski zavod Miroslav Krleža, [Mrežno]. Preuzeto sa: http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=68076 [Pristupljeno 9.8.2018.]

[22] Bug Media portal, Bluetooth – tehnologija novog doba, studeni 2017., [Mrežno]. Preuzeto sa: https://www.bug.hr/tehnologije/bluetooth--tehnologija-novog-doba-1607 [Pristupljeno 9.8.2018.]

[23] J. Labor, Diplomski rad, Optimizacija pohranjenih ruta unutar sustava za globalno pozicioniranje, Fakultet Elektrotehnike i Računalstva, Sveučilište u Zagrebu, 2011. [Mrežno]. Preuzeto sa: http://docbook.rasip.fer.hr/ddb/res/45/Ch3.6.html [Pristupljeno 9.8.2018.]

[24] Kontakt.io portal.[Mrežno]. Preuzeto sa: https://kontakt.io/beacon-basics/what-is-a-beacon/ [Pristupljeno: 22.8.2018.]

[25] American Barcode and RFID portal, 2018., [Mrežno]. Preuzeto sa: http://www.abr.com/what-is-rfid-how-does-rfid-work/ [Pristupljeno: 22.8.2018.]

[26] Fakultet Prometnih Znanosti, Sveučilište u Zagrebu, RFID tehnologija, [Mrežno]. Preuzeto sa: http://materijali.grf.unizg.hr/media/RFID%20tehnologija.pdf [Pristupljeno 13.8.2018.]

[27] D. Pavlović, Što je i kako radi NFC?, Mob.hr, lipanj 2012., [Mrežno]. Preuzeto sa: https://mob.hr/sto-je-i-kako-radi-nfc/ [Pristupljeno: 22.8.2018.]

[28] D. Markovinović, Ekscentar 2011., [Mrežno]. Preuzeto sa: https://hrcak.srce.hr/file/145590 [Pristupljeno: 22.8.2018.]

[29] Accolade Wireless portal. [Mrežno] Preuzeto sa: https://www.accoladewireless.com/solutions/wireless-networking/wireless-lan-wifi-wlan/ [Pristupljeno: 9.8.2018.]

[30] GlobalSecurity.org portal. [Mrežno] Preuzeto sa: https://www.globalsecurity.org/space/world/russia/glonass.htm [Pristupljeno: 07.09.2018.]

[31] European Space Agency portal. [Mrežno] Preuzeto sa: http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/Galileo/What_is_Galileo [Pristupljeno: 07.09.2018.]

[32] G. Arcese , G. Campagna, S. Flammini, O. Martucci, Near Field Communication: Technology and Market Trends, Department of Business Studies, Roma Tre University, 2018. [Mrežno]. Preuzeto sa: http://www.mdpi.com/2227-7080/2/3/143/htm [Pristupljeno: 24.8.2018.]

[33] Egger, R. The impact of near field communication on tourism. J. Hosp. Tour. Technol. 2013, [Mrežno]. Preuzeto sa: http://www.mdpi.com/2227-7080/2/3/143/htm#B57-technologies-02-00143 [Pristupljeno 24.8.2018.]

[34] S. Clark, SAS to introduce NFC to airports, SJB Research, lipanj 2011., [Mrežno]. Preuzeto sa: https://www.nfcworld.com/2011/06/15/38035/sas-to-introduce-nfc-to-airports/ [Pristupljeno: 24.8.2018.]

[35] Scandinavian Airlines System portal. [Mrežno] Preuzeto sa: https://www.flysas.com/en/travel-info/mobile-services/#/smart-pass [Pristupljeno: 24.8.2018.]

[36] InsideFlyer portal. [Mrežno] Preuzeto sa: https://insideflyer.dk/sas-viser-video-fremtidens-teknologi/ [Pristupljeno: 24.8.2018.]

[37] S. Clark, London taxi firm promotes app downloads with NFC and QR stickers, SJB Research, svibanj 2014., [Mrežno]. Preuzeto sa: https://www.nfcworld.com/2014/05/20/329236/london-taxi-firm-promotes-app-downloads-nfc-qr-stickers/ [Pristupljeno: 24.8.2018.]

[38] S. Clark, Rio gets 5,000 NFC tags, SJB Research, lipanj 2014., [Mrežno]. Preuzeto sa: https://www.nfcworld.com/2014/06/20/329851/rio-gets-5000-nfc-tags/ [Pristupljeno: 24.8.2018.]

## Slike

Slika 1. Poopćeni prikaz komunikacijskog sustava 13

Slika 2. Blok shema komunikacijskog sustava 14

Slika 3. Razrađeni komunikacijski sustav 15

Slika 4. TDM sustav s vremenskom razdiobom kanala 17

Slika 5. Prikaz bežične mobilne komunikacije 20

Slika 6. Prikaz bežičnog povezivanja na pristupnu točku u WLAN mreži 21

Slika 7. RFID transmiter- antena i mikročip 23

Slika 8. Princip izmjene radio frekventnih valova između čitača i transpondera 24

Slika 9. Princip satelitskog povezivanja 26

Slika 10. Prikaz određivanja trodimenzionalne pozicije prijamnika 27

Slika 11. Prikaz konfiguracije satelita iz Galileo navigacijskog satelitskog sustava 28

Slika 12. Prikaz arhitekture NFC SAS *Smart Pass*-a korištene putem mobilnih uređaja 31

Slika 13. Prikaz korištenja NFC tehnologije u Londonskoj *Radio Taxi* službi 32

Slika 14. Prikaz arhitekture NFC komunikacijske tehnologije pri prislanjanju mobilnog uređaja na NFC naljepnicu u Rio de Janeiru 33

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj završni rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog rada pod naslovom **ANALIZA KOMUNIKACIJSKIH TEHNOLOGIJA U PROMETNOM OKRUŽENJU**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student/ica:

U Zagrebu, 10.9.2018

*(potpis)*