

Analiza usluga mrežnih operatora temeljenih na IoT konceptu

Manojlović, Matija

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

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:119:028549>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-22**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Matija Manojlović

ANALIZA USLUGA MREŽNIH OPERATORA TEMELJENIH NA IOT KONCEPTU

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

ZAVRŠNI RAD

ANALIZA USLUGA MREŽNIH OPERATORA TEMELJENIH NA IOT KONCEPTU

ANALYSIS OF NETWORK OPERATORS BASED ON THE IOT CONCEPT

Mentor:

doc. dr. sc. Marko Periša

Student:

Matija Manojlović

JMBAG:0135242473

Zagreb, rujan 2019.

SAŽETAK

U završnom radu opisan je koncept Internet stvari te su navedene njegove značajke i sami razvoj koncepta u smislu kreiranja informacijsko-komunikacijskih usluga koje se temelje na istome. Analizirane su IoT usluge telekom operatora Hrvatski Telekom, a to su Cloud nadzora vozila, Pametan grad, Evidencija odvoza komunalnog otpada te NB IoT. Navedene su i informacijsko-komunikacijske tehnologije poput Bluetooth-a, Wi-Fi-a i Zigbee-a te informacijsko-komunikacijske tehnologije za identifikaciju RFID, NFC, Barkod i QR code koje se koriste u realizaciji prethodno navedenih usluga. IoT usluge generiraju ogromnu količinu podataka koji se koriste na različitim lokacijama, a obrađuju se u isto vrijeme te se iz tog razloga koristi koncept Cloud Computing koji nudi pristup podacima i aplikacijama većem broju uređaja istovremeno s različitih lokacija.

KLJUČNE RIJEČI: Internet of Things, Cloud Computing, usluge

SUMMARY

In this paper, the Internet of Things concept is described as well as its features and the development of the concept in terms of creating information and communication services. Hrvatski Telekom provides IoT services like „Cloud nadzor vozila“, „Pametan grad“, „Evidencija odvoza komunalnog otpada“ and „NB IoT“ which were analysed in this paper. Information and communication technologies such as Bluetooth, Wi-Fi and ZigBee are described as well as identification information and communication technologies such as RFID, NFC, Barcode and QR code which are used in the development of IoT services. Since IoT services are generating a large amount of data which is being used in different locations and processed in the same time, Cloud Computing is used for these purposes and provides simultaneously access to data and service applications from different locations.

KEYWORDS: Internet of Things, Cloud Computing, services

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. OPĆENITO O INFORMACIJSKIM SUSTAVIMA.....	3
2.1 Povijesni razvoj informacijskih sustava.....	3
2.2 Elementi informacijskog sustava	7
2.3 Razvoj informacijsko-komunikacijskih usluga telekom operatora.....	10
3. ANALIZA KARAKTERISTIKA INFORMACIJSKO-KOMUNIKACIJSKIH TEHNOLOGIJA U IOT KONCEPTU	13
3.1 Arhitektura IoT koncepta.....	13
3.2 Komunikacijske tehnologije	16
3.2.1 Bluetooth tehnologija.....	16
3.2.2 Wi-Fi tehnologija.....	19
3.2.3 Komunikacijska tehnologija ZigBee.....	19
3.3 Tehnologije za identifikaciju objekata i uređaja.....	21
3.3.1 RFID tehnologija	21
3.3.2 NFC tehnologija.....	24
3.3.3 Barkod i Qrcode tehnologije.....	26
3.4 Cloud Computing koncept	27
4. ANALIZA USLUGA MREŽNIH OPERATORA TEMELJENIH NA IOT KONCEPTU.....	31
4.1 Cloud nadzor vozila	31
4.2 Pametan grad (<i>Smart City</i>).....	33
4.3 Mreža NB IoT	36
5. SIGURNOSNI ASPEKTI USLUGA TEMELJENIH NA IOT KONCEPTU	38

6. ZAKLJUČAK.....	42
LITERATURA	44
POPIS KRATICA.....	50
POPIS SLIKA.....	52
POPIS TABLICA	53

1. UVOD

Svakim danom dolazi do sve većeg rasta informacijsko-komunikacijskih tehnologija čime se unaprijeđuje kvaliteta života ljudi. Broj ljudi koji različitim uređajima pristupaju globalnoj Internet mreži u velikom je usponu. Samim time dolazi do razvoja Interneta sa ostalim komunikacijskim tehnologijama koje omogućuju povezivanje fizičkih elemenata, koji predstavljaju korisničke uređaje, na globalnu Internet mrežu. Komunikacija između uređaja, povezivanje uređaja sa Internet mrežom te sama razmjena informacija i usluga čine koncept Internet stvari.

Internet stvari (*Internet of Things*) omogućuje povezivanje uređaja iz okoline u globalnu Internet mrežu korištenjem IP (*Internet Protocol*) protokola. Osnovni cilj povezivanja uređaja/objekata na Internet ili s drugim uređajima je njihovo jednostavnije korištenje te brži pristup informacijama. Razvoj Internet stvari doprinosi i razvoju samih informacijsko-komunikacijskih usluga. Mrežni operatori, s ciljem poboljšanja kvalitete same usluge, odlučuju primjenjivati IoT koncept unutar samih usluga. Tako se uvode usluge poput Cloud nadzora vozila, ICT video nadzora, evidencije komunalnog otpada i dr.

Završni rad čija je teme „Analiza usluga mrežnih operatora temeljenih na IoT konceptu“ sastoji se od 6 poglavlja:

1. Uvod
2. Općenito o informacijskim sustavima
3. Analiza karakteristika informacijsko-komunikacijskih tehnologija u IoT konceptu
4. Analiza usluga mrežnih operatora temeljenih na IoT konceptu
5. Sigurnosni aspekti usluga temeljenih na IoT aspektu
6. Zaključak

U drugom poglavlju opisan je razvoj informacijskih sustava kroz 6 naraštaja te općenite značajke za svaki od navedenih naraštaja. Osim toga, ukratko su opisani elementi koje svaki informacijski sustav sadrži te koje su njihove značajke. Ukratko je opisan cilj informacijskog sustava te Nolanova paradigma. Na kraju navedenog poglavlja opisana je razlika između proizvoda i usluge, vrste usluga koje nude telekom operatori te generacije mreža koje su utjecale na poboljšanje isporuke usluga korisnicima.

Treće poglavlje ukratko opisuje arhitekturu IoT koncepta te elemente od kojih se sustav koji se temelji na IoT konceptu može sastojati. U poglavlju su navedene i objašnjene komunikacijske tehnologije poput Bluetooth, Wi-Fi i ZigBee tehnologija koje se često primjenjuju u sustavima temeljenim na IoT konceptu. U nastavku su opisane informacijsko-komunikacijske tehnologije koje su zadužene za identifikaciju objekata i uređaja poput RFID, NFC, Barkod i QRcode tehnologija. Na kraju su opisani Cloud Computing i Fog Computing koji su zaduženi za prikupljanje, obradu, pohranu i prosljeđivanje prikupljenih podataka.

U četvrtom poglavlju opisana je analiza usluga koje se temelje na IoT konceptu koje pruža operator Hrvatski Telekom. Navedene su usluge koje još nisu razvijene, ali će biti u ponudi Hrvatskog Telekoma. Trenutno, IoT usluge koje nudi Hrvatski Telekom su Cloud nadzor vozila te usluge u sklopu Pametnog grada. Kako bi se navedene usluge mogle koristiti, Hrvatski Telekom je predstavio i NB IoT mrežnu tehnologiju koja je ukratko opisana prema njihovim specifikacijama.

Predzadnje poglavlje sadrži sigurnosne aspekte usluga koje se temelje na IoT konceptu. Ukratko su opisana načela informacijsko-komunikacijske sigurnosti, te pojedini sigurnosni problemi koji se mogu javiti kod informacijsko-komunikacijskih tehnologija koje se koriste u IoT konceptu

2. OPĆENITO O INFORMACIJSKIM SUSTAVIMA

Područje primjene informacijskih sustava zastupljeno je još od 1950 – ih godina, iako su tada imali naziv menadžment informacijskih sustava (*Management information systems, MSI*). Područja poput računalne znanosti, teorije menadžmenta i organizacije, operativna istraživanja i računovodstvo doprinijela su u primjeni računala u raznim poslovnim organizacijama što je utjecalo na konstantan razvoj informacijskih sustava [1]. Informacijski sustav sastoji se od dva pojma, informacija i sustav. Općenito, sustav se definira kao uređena cjelina koja se sastoji od više manjih dijelova, tj. elemenata i podsustava koji su međusobno povezani te djeluju jedan na drugi element ili podsustav. Informacija je skup međusobno povezanih podataka koji zajedno daju neku smislenu cjelinu.

Informacijski sustav definira se kao sustav koji služi za prikupljanje, pohranjivanje, čuvanje, obradu i isporuku potrebnih informacija na zahtjev korisnika. Sastavni je dio poslovnog sustava koji pruža cjeloviti prikaz procesa koji se odvijaju u realnom sustavu. Razvoj informacijskih tehnologija utjecao je i na razvoj informacijskih sustava te su dva navedena područja usko povezana te međuovisna [2].

Informacijski sustav je ujedno model organizacijskog sustava. Unutar sustava, prikupljeni podaci se obrađuju, tj. preoblikuju u izlazne informacije. S obzirom da je u realnosti takav proces zahtjevan, razvijaju se informacijski sustavi koji imaju mogućnost prikupljanja, pohrane, obrade i dostave takvih podataka, tj. konačnih informacija na određite. Poslovni informacijski sustavi imaju dvije osnovne funkcije, a to su: priprema informacijske podloge za donošenje poslovnih odluka te trajno pohranjivanje ranije generiranih informacija [2].

2.1 Povijesni razvoj informacijskih sustava

Razvoj informacijskih sustava dijeli se u 6 ključnih naraštaja. Svaki od naraštaja sadrži važne prekretnice koje su dovele do današnjeg korištenja informacijskih tehnologija te razvitku informacijskih sustava. Tablicom 1. prikazan je povijesni razvoj informacjsko-komunikacijskih sustava [3].

Tablica 1. Naraštaji razvoja informacijsko-komunikacijskih sustava

Naraštaj	Razdoblje	Tehnologija
0	1642-1945	Mehanički dijelovi (zupčanci, releji)
1	1945-1954	Elektroničke cijevi
2	1954-1963	Tranzistori
3	1963-1973	Integrirani krugovi
4	1973-1985	Krugovi vrlo visokog stupnja integracije
5	1985-2010	Paralelna obrada i mreže
6	2010-????	Cloud Computing - IoT

Izvor: [3]

0. naraštaj koji je u razdoblju od 1642. do 1945. godine, značajan je po tome što su u to doba razvijeni zupčanci i releji. Također, razvijen je mehanički kalkulator kojeg je izumio Blaise Pascal s osnovnim funkcijama zbrajanja i oduzimanja. Također, za navedeno razdoblje značajan je razvoj binarnog sustava, mehaničkog kalkulatora koji ima funkcije množenja i dijeljenja te tkalački stan. Elektromagnetski relej koji je bio brži od mehaničkih dijelova prijašnjih uređaja razvijen je 1930. godine. Alan Turing je u tom razdoblju, točnije 1943. godine, razvio COLOSSUS koje je bilo prvo elektroničko računalo čija je svrha bila dešifriranje poruka koje su se zapisivale na papirnatu vrpcu, a već 1944. godine, Howard Aiken razvio je programski upravljano elektromehaničko relejno računalo pod nazivom MARK I. Takvo računalo imalo je mogućnost pohraniti 72 broja [4].

1. naraštaj koji je trajao do 1954. godine, značajan je po razvoju vakumskih cijevi za nadzor toka naboja u cijevima čime se utječe na ubrzanje računala. John Mauchly i J. Presper Eckert osmislili su ENIAC (*Electronic Numerical Integrator And Calculator*) programabilno računalo. U ovom naraštaju značajna je i Von Neumann – ova arhitektura čija je značajka odvajanje procesora od memorije [3].

2. naraštaj koji traje od 1954. godine pa sve do 1963. godine značajan je zbog uvođenja tranzistora. Tadašnje elektroničke cijevi imale su jako velike nedostatke u vidu veličine i njihova zagrijavanja te se tada tranzistor pokazao kao znatno bolje rješenje jer je jeftiniji, koristi manje energije u odnosu na elektroničke cijevi te je pouzdaniji. U tome razdoblju razvijeni su i programski jezici: BASIC, FORTRAN, COBOL, LISP.

3. naraštaj koji je trajao od 1963. godine do 1973. godine značajan je za uvođenje integriranih krugova. Jack Kilby i Robert Noyce razvili su metode masovne proizvodnje manjih međusobno povezanih tranzistora na pločici silicija. Dolazi do razvoja programske podrške te pojave DOS i Linux operacijskih sustava kojima se omogućuju funkcije upravljanja radom računala, upravljanje radom vanjskih uređaja te raspoređivanje izvođenja zadataka. Niklaus Wirth razvija Pascal programski jezik 1971. godine, a samo godinu dana nakon Dennis Ritchie razvija C programski jezik.

4. naraštaj karakterističan je po integriranim krugovima visokog stupnja integracije čije razdoblje traje od 1973. godine pa sve do 1985. godine. Ovo razdoblje značajno je po razvoju osobnih računala. 1977. godine započinje distribucija Tandy osobnog računala koji je dolazio u verziji sa radnom memorijom od 4 [kB] ili 16 [kB], a 1982. godine na tržištu se pojavljuje Commodore 64 osobno računalo sa radnom memorijom od 64 [kB]. 1983. godine Apple stavlja na tržište Apple Lisa koje je jedno od prvih računala sa grafičkim korisničkim sučeljem. Daljnjim razvojem veličina računala je bila sve manja dok su njene performanse postajale sve bolje [5].

5. naraštaj započinje 1985. godine u toj godini je Microsoft razvio svoju prvu verziju operacijskog sustava Windows. U petome naraštaju dolazi do razvijanja umjetne inteligencije kako bi kompjuterska tehnologija mogla zamijeniti ljudsko znanje odnosno razmišljanje. Teži se za razvojem računala koja bi se koristila za prevođenje govornog jezika, razumijevanje ljudskog govora, razne vrste znanstvenih i tehničkih analiza, dijagnosticiranja bolesti u medicini. Peti naraštaj razvija paralelnu obradu podataka što znači da se više radnji, operacija ili proračuna izvodi istovremeno kako bi se skratilo vrijeme izvođenja operacija. Paralelizacija se može izvesti na tri razine: procesi, procesne niti i koprogrami (vlakna ili zelene niti) [4].

Računarstvo u oblaku (*Cloud Computing*) karakterizira 6. naraštaj razvoja informacijsko-komunikacijskih sustava. Virtualizacija koja je prethodila njegovom razvoju omogućava rad više logičkih ili aplikacijskih procesa na jednom fizičkom uređaju gdje dolazi do dijeljenja hardverskih resursa [6]. Računarstvo u oblaku predstavlja pružanje računalnih resursa kao usluge na zahtjev korisnika koja je dostupna korisnicima u bilo koje vrijeme na bilo kojem mjestu te na bilo kojem uređaju koje ima pristup Internetu. Potreba za računarstvom u oblaku došla je zbog zahtjeva velikih kompanija koje imaju cilj olakšati upravljanje podacima i omogućiti dostupnost informacija na bilo kojem mjestu. Važne karakteristike računarstva u oblaku su širok mrežni pristup, brza elastičnost, odmjerena usluga, usluga na zahtjev te udruživanje resursa [7].

Široki mrežni pristup (*Broad network access*) označava mogućnosti koje su dostupne putem mreže te kojima se pristupa koristeći standardne mehanizme.

Brza elastičnost (*Rapid elasticity*) odnosi se na ubrzano i elastično pokretanje korisničkih mogućnosti koje omogućuje cloud okruženje .

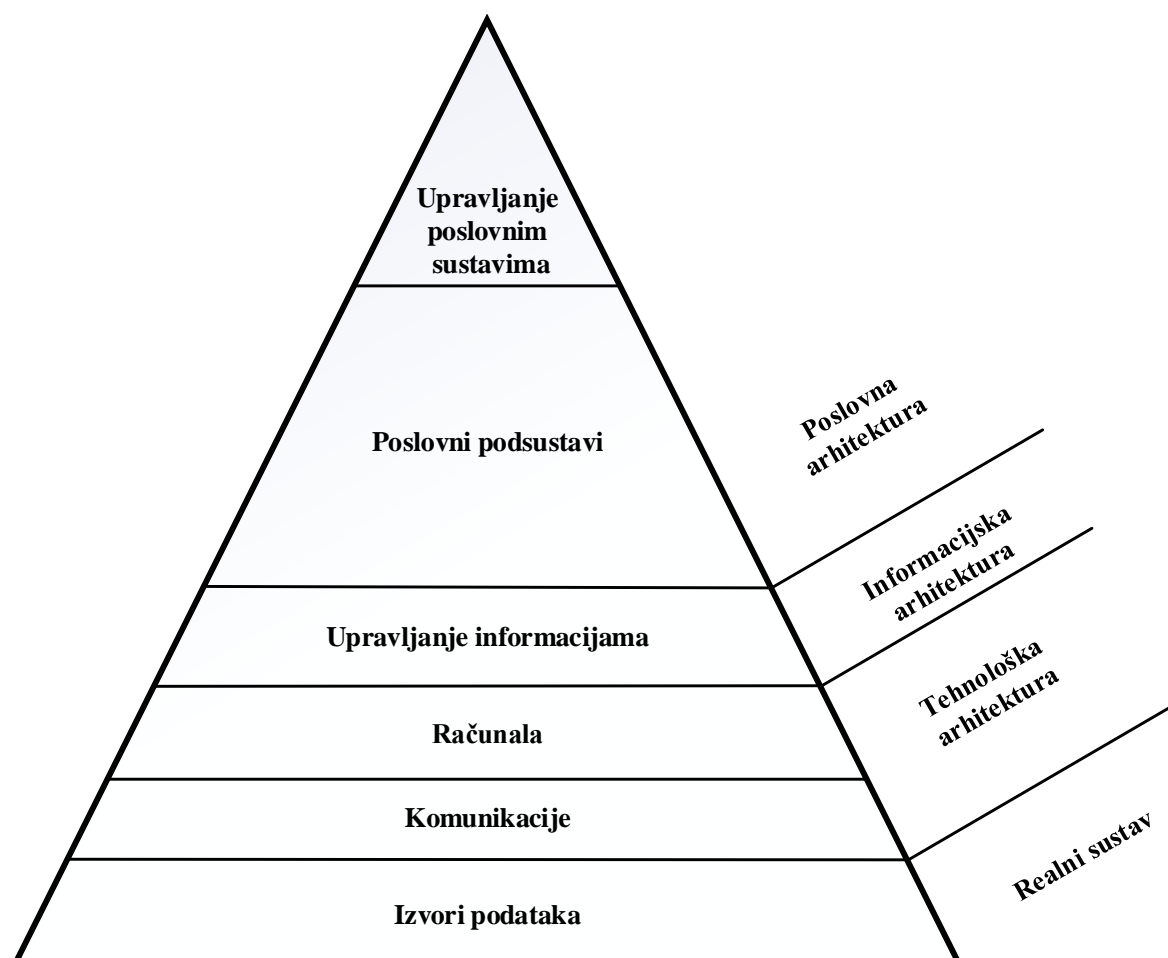
Odmjerena usluga (*Measured service*) odnosi se na automatsko provjeravanje i optimiziranje uporabe resursa od strane sustava koji koriste računarstvo u oblaku. Način na koji se optimizira uporaba resursa je utjecaj na mjerenje sposobnosti apstrakcije prikladne potrebnom tipu usluge. Uporaba resursa može se pratiti i provjeravati te se mogu kreirati izvješća pomoću kojih se može pružiti uvid pružateljima usluga i krajnjim korisnicima. Cloud okruženje ima karakteristiku odmjerene usluge jer sustavi u cloud okruženju sami automatski provjeravaju i optimiziraju uporabu resursa.

Usluga na zahtjev korisnika (*On-demand self-service*) jedna je od bitnih karakteristika cloud okruženja koja omogućuje samom korisniku da sam odabere i pokrene željenu uslugu. Korisnik ima mogućnost odabira vremena posluživanja pojedine usluge kao i kao i mrežnog prostora za pohranu željenih podataka. Davatelji usluga u većini slučajeva svoje usluge temelje na pristupu stoga korisnici plaćaju usluge ovisno o vremenu i obujmu usluge koju koriste.

Udruživanje resursa (*Resource pooling*) označava spajanje računalnih resursa pružatelja usluga s ciljem da se posluže svi korisnici koristeći model s više zakupljenih jedinica (*Multi-Tenant model*) s različitim fizičkim i virtualnim resursima koji se dinamički dodjeljuju i uklanjaju prema zahtjevima korisnika.

2.2 Elementi informacijskog sustava

Kao dio poslovnog sustava, zadaća informacijskog sustava je da konstantno opskrbljuje sve razine upravljanja, odlučivanja te svakodnevno poslovanje potrebnim informacijama. Bitno je napomenuti kako je informacijski sustav uvijek podsustav nekog organizacijskog sustava kojeg upravlja kroz aktivnosti prikupljanja, obrade, pohranjivanja te distribucije informacija. Slikom 1 prikazana je arhitektura informacijskog sustava.



Slika 1. Piramidalni koncept arhitekture informacijskog sustava, [8]

Izvori podataka predstavljaju razne korisničke ankete, ocjenjivanja zadovoljstva uslugama nekog realnog sustava. Prikupljaju se potrebe korisnika kako bi usluge odgovarale

njihovim zahtjevima kako bi telekom operatori bili konkurentni na tržištu. Računala i komunikacije sustavni su dio tehnološke arhitekture pomoću kojih se prenose informacije od izvorišta prema odredištu i na taj način se uspostavlja komunikacija. Osim toga, važni su za obavljanje poslova unutar organizacija. Upravljanje informacijama što pripada informacijskoj arhitekturi se odnosi na načine kako se informacije prenose unutar, ali i izvan organizacija.

Pohrana informacija je također jedan od zadataka koji se odnosi na upravljanje informacijama. Današnje organizacije često koriste sustave za pohranu podataka koji se baziraju na Cloud Computing-u. Poslovni podsustavi su podsustavi cjelokupnog organizacijskog sustava u što primjerice spada odjel administracije, korisničke podrške, odnos s medijima, korporativni odjel te prodajni odjel. Upravljanje poslovnim sustavom i procesima odnosi se na upravljanje upravljačkim procesima (upravljanje organizacijom), operativni procesi (povezivanje aktivnosti i zadataka organizacije) te administrativni procesi (upravljanje resursima). Upravljanje poslovnim sustavom izvodi se u svrhu uspješnijeg poslovanje neke organizacije.

Informacijski sustav za ciljeve ima povećati produktivnost rada, učinkovitost te stabilnost rasta i razvoja organizacijskog sustava. U svrhu uspješnog ispunjavanja ciljeva informacijskog sustava, potrebno je osigurati razine upravljanja organizacijskog sustava, a to su [9]:

- Razina izvođenja – operativna razina gdje se izvršavaju aktivnosti osnovnih djelatnosti,
- Razina upravljanja – taktička razina na kojoj rukovodstvo organizira posao, upravlja svim poslovnim procesima te nadzire uspješnost rada organizacijskog sustava i
- Razina odlučivanja – strateška razina koja se sastoji od najviših posloводства poslovnih sustava čija je uloga donošenje uputa za daljnji rast i razvoj sustava.

Svaki informacijski sustav sastoji se od 6 ključnih elemenata, a to su: *Hardware*, *Software*, *Netware*, *Lifeware*, *Orgware* i *Dataware*. *Hardware* se odnosi na fizičku komponentu sustava odnosno opremu i ostale elemente koji čine materijalnu osnovu sustava. *Hardware* još možemo kategorizirati u tri funkcionalne skupine uređaja, a to su: skupina središnjih (centralnih) jedinica, perifernih jedinica i u skupinu komunikacijskih jedinica.

Primjer elemenata koji čine *hardware* su računala, tableti, mobilni terminalni uređaji, pametni satovi, pisači itd.

Software je nematerijalni dio informacijskog sustava kojeg čine skup programa koji upravljaju računalom ili programi koji se izvode na računalu. *Software* čine operacijski sustav koji predstavlja vezu između *hardware*-a te samog korisnika te razna aplikativna rješenja.

Netware služi za povezivanje svih elemenata informacijskog sustava u cjelinu kako bi oni mogli međusobno komunicirati. Sastoji se od aktivne i pasivne mrežne opreme koju čine ruteri, switch-ovi, žični sustav, antene i slično.

Lifeware označava ljudski faktor informacijskog sustava unutar kojega se nalaze krajnji korisnici, zaposlenici, ljudi koji održavaju sami sustav i dr. Općenito, sudionici u informacijsko-komunikacijskim sustavima su krajnji korisnici, davatelji mrežne opreme, davatelji usluge, brokeri usluga te davatelji sadržaja.

Orgware predstavlja organizaciju sustava koja se odnosi na način upravljanja procesima unutar sustava, izvođenja svih poslovnih aktivnosti te način na koji elementi sustava međusobno komuniciraju. Osim navedenog, obuhvaća postupke, metode i procedure za povezivanje elemenata sustava.

Dataware kao zadnji element informacijskog sustava predstavlja organizaciju baza podataka te njeno upravljanje. Ukoliko baza podataka nije kvalitetno organizirana, često dolazi do problema u zalihosti podataka.

Nolanova paradigma sastoji se od šest razvojnih faza koje opisuju informatičku zrelost informacijskog sustava tijekom vremena. Razvojne faze su: uvođenje, proširenje, upravljanje, sređivanje i zrelost [10]. Svaka od navedenih faza slijedi iz prethodne faze te ih je moguće planirati i njima upravljati kako bi se ostvarili što bolji poslovni ciljevi poduzeća.

Uvođenje je prva faza Nolanove paradigme čija je svrha identificirati korisnike informacijskog sustava, uočiti nedostatke postojećeg informacijskog sustava, postaviti ciljeve novog informacijskog sustava te izraditi plan razvoja informacijskog sustava [11]. Kao rezultat ove faze dobivamo definiciju poslovnog cilja kojom točno možemo odrediti što je to informacijski sustav, koje su njegove funkcije i koje probleme će riješiti njegovim razvojem.

U drugoj fazi Nolanove paradigme predmet uvođenja promatra se od strane većeg broja korisnika kako bi se mogle otkriti određene prednosti ili propusti koje su nastale u prethodnoj fazi. U ovoj fazi se predlažu načini rješavanja problema na temelju prethodno postavljenih ciljeva i ograničenja. Predloženi načini se ocjenjuju te se odabire najučinkovitije rješenje za postizanje što kvalitetnijeg informacijskog sustava.

Treća faza Nolanove paradigme odnosi se na upravljanje. Njome se definira kontrola nad predmetom uvođenja, nadziranjem njegovog funkcioniranja i načina korištenja. Ona služi za analizu postojećeg informacijskog sustava i zahtjeva te postupaka kako ga optimalno oblikovati. Kao rezultat faze upravljanja dobiva se detaljan opis postojećeg informacijskog sustava.

U četvrtoj fazi dolazi do povezivanja predmeta uvođenja sa ostalim sustavima unutar same organizacije. U fazi povezivanja izrađuje se projekt novog informacijskog sustava na temelju rezultata iz prethodne faze te na temelju zahtjeva za izmjenu postojećeg sustava. Kao rezultat dobivamo detaljan projekt sustava.

Sređivanje je peta faza Nolanove paradigme u kojoj se, kako i samo ime faze govori, sređuje informacijski sustav odnosno ispravljaju se nedostaci i osigurava se učinkovitost sustava. Sastoji se od razvoja i implementacije. Razvoj predstavlja izradu pojedinačnih programa u jedinstveni sustav dok inicijalizacijom nazivamo fazu ujedinjavanja pojedinačnih programa u jedinstveni informacijski sustav.

Zadnja faza je faza zrelosti. U fazi zrelosti odrađuje se optimizacija samog sustava radi ispravljanja grešaka koje su uočene za vrijeme njegova rada.

2.3 Razvoj informacijsko-komunikacijskih usluga telekom operatora

Usluga se razlikuje od proizvoda u smislu da je proizvod opipljiv dok usluga nije. Usluga se može definirati kao niz aktivnosti pojedine organizacije koje su usmjerene prema zadovoljenju potreba korisnika [12]. Usluge se mogu kategorizirati kao javne usluge koje su dostupne svima, usluge za zatvorene korisničke skupine (CENTREX, virtualne privatne mreže) te usluge međupovezivanja i usluga pristupa koje su namijenjene kao usluge za druge pružatelje usluga. Prema statističkim rezultatima s obzirom na današnju populaciju od 7.676

milijardi, 5.112 milijardi ljudi koristi mobilne terminalne uređaje, a njih 4.388 milijardi Internet [13]. Upravo ovakve brojke utječu na konstantan razvoj i široku ponudu informacijsko-komunikacijskih usluga, kao zdravstvenih usluga, edukacijskih usluga, usluga javnih uprava i slično.

Telekom operatori pružaju širok spektar usluga koje se odnose na usluge prijenosa informacija s jednog kraja na drugi omeđenim ili neomeđenim prijenosnim medijem. Razvitkom telekomunikacijskih tehnologija omogućila se integracija usluga za prijenos govora, podataka, pokretnih i nepokretnih slika te multimedijских usluga. To pružaju višeslužne mreže koje se definiraju kao mreže koje imaju mogućnost prenositi promet više od jedne vrste aplikacija. Telefonska mreža se koristila samo za pružanje usluge prijenosa govora, dok je danas zbog višeslužnih mreža i mreža sljedeće generacije omogućena integracija usluga.

Gledajući sa strane telekom operatora, telekomunikacijske usluge u višeslužnim mrežama dijele se na noseće mrežne usluge, teleusluge i razne dodatne usluge [14]. Za primjer noseće usluge može se prikazati komutirani kanal kod PSTN (*Public Switched Telephone Network*) koji pruža prijenos govora. Teleusluge su kompletne end-to-end usluge koje uključuju funkcionalnosti terminalnih uređaja, a postoje interaktivne usluge, usluge prijenosa poruka, usluge pretraživanja pohranjenih informacija i distributivne usluge. Primjeri dodatnih usluga su govorna pošta, zabrana dolaznih poziva, preusmjerenje poziva, zabrana podatkovnog prometa u roaming-u. Osim navedenih, ovdje pripadaju i usluge dodatnih vrijednosti koje se naplaćuju prema cjeniku koji određuje davatelj usluga, a primjeri su usluge kućnog bakara i učenje na daljinu.

Generacije mobilnih mreža uvelike su utjecale na razvoj usluga kod telekom operatora. 1G (analogna mobilna mreža) je prva komercijalna mobilna mreža koja je podržavala prijenos usluge govora [15],[16]. Druga generacija 2G mreža koja je temeljena na GSM (*Global System for Mobile Communications*) standardu (digitalna mobilna mreža) doprinjela je većoj pokrivenosti u svijetu u odnosu na 1G mrežu te su korišteni digitalni standardi za prijenos govora. U drugoj generaciji mobilnih mreža razvijena je i usluga slanja tekstualnih poruka. U odnosu na prethodne dvije, treća generacija (3G) je imala velik skok u napretku što se tiče pružanja usluga korisnicima. Korisnici su imali mogućnost slanja slika, videa, pretraživanja interneta, videopoziva te mobilnog TV-a. Treća generacija mobilnih

mreža (*Universal Mobile Telecommunications System*, UMTS) omogućava konvergenciju troje dosad odvojenih područja usluga, a to su: audio/video/dana područje, konvencionalno telekomunikacijsko područje te računalno područje usluga. Zahtjevi koji se stavljaju pred treću generaciju mobilnih mreža teže ostvarivanju pristupa mreži u cijelome svijetu (bez ikakvih ograničenja), osiguranje visoke kvalitete usluge, fleksibilno definiranje usluga, fleksibilna brzina prijenosa podataka do 2Mbit/s i dr. Razlika u odnosu na prethodnu generaciju je što UMTS koristi širokopoljasni višestruki pristup s kodnom raspodjelom koja ima mogućnost dva načina rada, a to su dupleks s kodnom raspodjelom (*Wideband Code Division Multiple Access*, WCDMA) te dupleks s vremenskom podjelom (*Time Division Duplex*, TDD). LTE (*Long Term Evolution*) ili mobilna mreža četvrte generacije kreirana je s namjerom prijenosa podataka kroz mrežu isključivo u obliku komutacije paketa. Za razliku od prethodne generacije gdje se koriste WCDMA i TDMA (*Time Division Multiple Access*) u LTE mreži koriste se OFMDA (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) te MIMO (*multiple-input and multiple-output*) modulacijski postupci čime se znatno smanjuje kašnjenje, povećava brzina prijenosa, povećava se fleksibilnost u smislu iskorištenja prijenosnog spektra i dr. Svojim razvitkom, mobilna mreža četvrte generacije omogućava korištenje brojnih dodatnih usluga poput mjerenja položaja, širokopoljasni pristup Internetu putem mobilnih terminalnih uređaja, video streaming. Također u razvitku je i peta generacija mobilnih mreža koja ima za cilj implementaciju prethodne generacije u smislu povećanja brzine prijenosa podataka uz znatno manje kašnjenje te mogućnost komunikacije između uređaja uz što manju potrošnju energije.

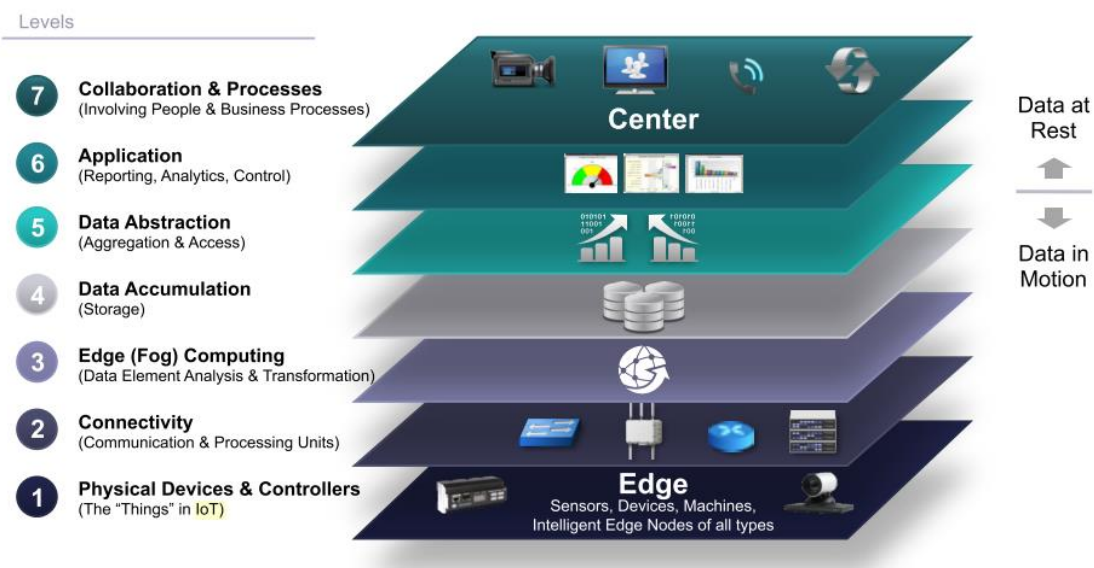
3. ANALIZA KARAKTERISTIKA INFORMACIJSKO-KOMUNIKACIJSKIH TEHNOLOGIJA U IOT KONCEPTU

Internet of Things (IoT) globalni je industrijski pokret koji povezuje ljude, procese, podatke i stvari kako bi ih sve zajedno spojio na Internet te stvorio veliku bazu podataka i informacija koje se ovisno o zahtjevima prosljeđuju na krajnje odredište. Više od 99% stvari danas nije povezano, a procjenjuje se da će se do kraja 2020. godine Internetu pridružiti 4,5 milijarde novih ljudi i 37 milijardi novih stvari, a razlog tomu je napredak komunikacijske tehnologije te nagli porast uporabe terminalnih uređaja [17]. Veliki porast novih sudionika, za davatelje mrežne opreme IoT predstavlja ogromnu tržišnu priliku.

Internet of Things koristi različite vrste komunikacijskih tehnologija od kojih najveći udio predstavljaju bežične tehnologije. Bežične tehnologije koje se koriste u IoT-u možemo svrstati u dvije grupe po udaljenosti djelovanja. Tehnologije dugog dosega uključuju mobilne mreže poput GSM, UMTS, LTE dok u tehnologije maloga dosega pripadaju RFID (*Radio Frequency Identification*), NFC (*Near Field Communication*), Barcode, QRcode, Bluetooth i Wi-Fi (*Wireless Fidelity*).

3.1 Arhitektura IoT koncepta

U IoT konceptu podaci su generirani od strane velikog broja različitih uređaja koji obrađuju i šalju podatke različitim informacijsko-komunikacijskim tehnologijama. Kako bi se moglo jednostavnije organizirati postojeći ili kreirati novi sustav koji se temelji na IoT konceptu, potrebno je definirati određene elemente pomoću kojih se može svaki takav sustav rastaviti na cjeline. Na slici 2, prikazan je referentni IoT model prema kojem je moguće izraditi sustav koji se temelji na IoT konceptu [17]. Važno je napomenuti kako se komunikacija u bilo kojem sustavu koji se temelji na IoT konceptu temelji na M2M (*Machine to Machine*) ili M2H (*Machine to Human*) komunikaciji. M2M omogućava povezivanje uređaja te njihovu interakciju putem neke informacijsko komunikacijske mreže [18]. M2H označava komunikaciju koja se odnosi na komunikaciju čovjeka s nekim uređajem [19].



Slika 2. IoT referentni model, [20]

Prvu razinu IoT modela predstavljaju sami fizički uređaji i kontroleri. To su općenito senzori i uređaji koji služe za prikupljanje podataka ili upravljanje drugim uređajima. Primjeri uređaja i senzora koji se nalaze na ovom sloju su kamere, Arduino mikrokontroler, senzori svjetlosti, senzori požara, senzori za detekciju vlage i temperature, senzori za detekciju udaljenosti i sl [21].

Elemente druge razine čine komunikacija te sama povezanost između IoT uređaja. Jedna od ključnih funkcija druge razine je pouzdan i pravovremen prijenos podataka koji uključuje: prijenos podataka između uređaja, prijenos podataka kroz mrežu te prijenos podataka između više različitih mreža. Na ovom sloju moguće je primijeniti različite vrste informacijsko komunikacijskih tehnologija i mreža, kao što su: Bluetooth, Wi-Fi, ZigBee, NFC, RFID, QRcode i barkod [17].

Treći sloj zadužen je za pretvaranje prikupljenih podataka u informacija koje će se još dodatno obrađivati i pohranjivati na višem sloju IoT referentnog modela. Primjerice, uređaj koji se nalazi na prvoj razini generira podatke više puta u sekundi svih 365 dana u godini. Načelo IoT referentnog modela zahtijeva da najinteligentniji sustav pokreće obradu podataka što ranije i što bliže rubu mreže, a upravo za to je zaslužan Fog Computing. Na njemu je moguće evaluirati podatke na način da se odredi trebaju li ti podaci biti dodatno obrađeni na višoj razini, preoblikovati podatke da budu dosljedni za obradu na višoj razini, smanjiti ili

obraditi podatke da bi smanjilo vrijeme procesiranja tih podataka na višim razinama kako bi se utjecalo i na smanjenje latencije te na kraju, Fog Computing može biti zaslužan za procjenu podataka, tj. prosljeđuju li se ti podaci na neko dodatno odredište (krajnjeg korisnika) ili se prosljeđuju dalje na obradu [22].

Četvrti sloj zadužen je za akumulaciju podataka, te se na njemu određuje potreba za daljnjom obradom podataka na višim slojevima. Osim toga, određuje se trebaju li podaci biti pohranjeni za stalno ili su to neki podaci koji trebaju biti sačuvani samo privremeno. Tu se određuje također gdje će se podaci pohranjivati, u nekim sustavima velikih baza podataka ili u relacijske baze podataka. Analizira se da li su podaci pravilno organizirani te da li je potrebno da podaci budu kombinirani s nekim drugim podacima kako bi činili informaciju koja je zahtijevana od nekog sustava ili osobe. Uglavnom, četvrti sloj je zadužen za pretvorbu podataka na temelju događaja [22].

IoT sustavi će se morati prilagoditi na korporativnu ili globalnu razinu i zahtijevat će više sustava za pohranu podataka koji se generiraju iz IoT uređaja te uređaja u ERP (*Enterprise Resource Planing*), HRMS (*Human Resources Management System*) ili CRM (*Customer Relationship Management*) sustavima. S obzirom da velik broj uređaja generira različite vrste podataka, logično je da ti podaci ne mogu biti smješteni u istoj bazi podataka. Moguće je da postoji potreba različita vrsta obrade podataka te zato razina apstrakcije mora obraditi mnogo različitih stvari, a to uključuje: usklađivanje više formata podataka iz različitih izvora, osiguravanje dosljedne semantike podataka između izvora te potvrda da su podaci potpuni, zaštita podataka odgovarajućom provjerom autentičnosti i autorizacije i sl [17].

Aplikacijski sloj je šesti sloj referentnog IoT modela. Na ovoj razini vrši se interpretacija informacija. Aplikacije se razlikuju ovisno o potrebama tržišta i poslovnim potrebama, primjerice, neke aplikacije su usmjerene na nadzor uređaja, upravljanje uređajima. Ovdje postoji velika raznolikost u aplikacijama koje će se koristiti u IoT konceptima, a kao primjer to su: mobilne aplikacije koje upravljaju jednostavnim interakcijama, izvještaji o poslovnoj inteligenciji, analitičke aplikacije koje služe za donošenje poslovnih odluka i sl [17].

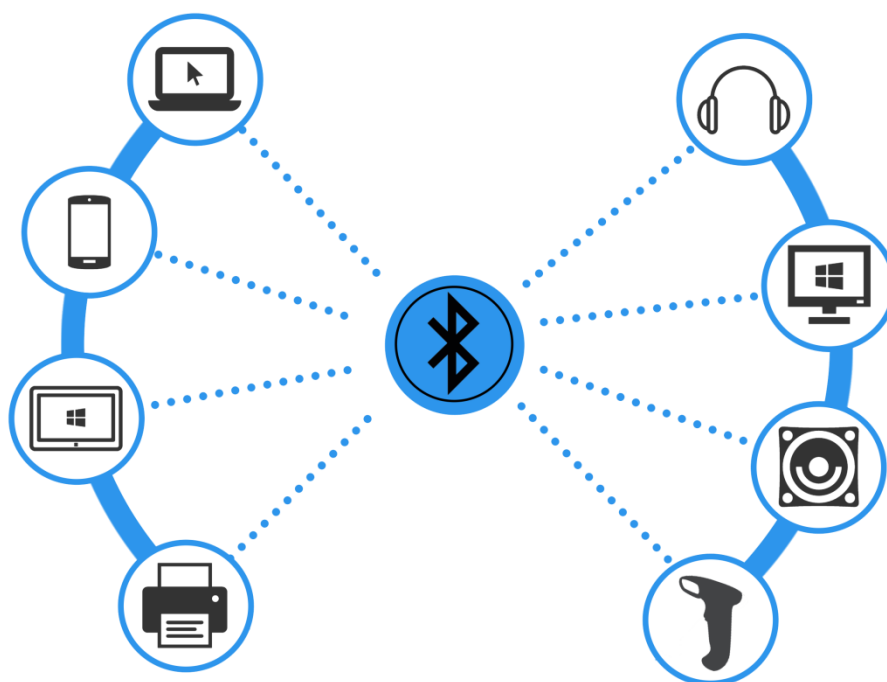
IoT sustavi i informacije koje stvaraju imaju malu vrijednost ukoliko ne pružaju informacije koje su korisne za krajnjeg korisnika. Aplikacije koje se koriste ustvari prilagođene su ljudskim potrebama. Općenito gledano, cilj IoT-a nije stvoriti aplikaciju koja se temelji na IoT konceptu, već informirati korisnike i stvoriti korisnost za njih što utječe na bolje obavljanje nekog posla ili na povećanje njihove kvalitete života. Zato sedmi sloj, sloj suradnje i procesa ustvari uključuje ljude, tj. krajnje korisnike [22].

3.2 Komunikacijske tehnologije

Komunikacijske tehnologije predstavljaju tehnologije koje omogućavaju prijenos podataka s jednog uređaja na drugi. Takav prijenos može biti bežičan ili žičan, a s obzirom da se radi o IoT konceptu koji povezuje uređaje koji se nalaze u različitim okruženjima, pogodno je da takav prijenos bude bežičan. Zbog toga, nadalje će se obraditi tri komunikacijske tehnologije koje omogućavaju takav rad, a to su Bluetooth, Wi-Fi i ZigBee.

3.2.1 Bluetooth tehnologija

Bluetooth je još poznat i kao IEEE 802.15.1, a predstavlja vrsta bežične tehnologije koja se koristi za povezivanje uređaja i slanje podataka upotrebom radio transmisije na manjim udaljenostima (do 100[m]). Služi za povezivanje nekoliko uređaja pri čemu rješava problem sinkronizacije. Bluetooth veza se temelji na izgradnji PAN (*Personal Area Network*) mreže koja se najčešće koristi za komunikaciju uređaja na malim udaljenostima. Slikom 2 prikazani su primjeri uređaja koji se mogu povezati putem Bluetooth tehnologije [23].



Slika 3. Povezivanje uređaja Bluetooth tehnologijom, [24]

Razvijen je kao alternativa za RS-232 (*Recommended Standard 232*) podatkovnim kablovima. Prijenos podataka se odvija pomoću radio tehnologije koju nazivamo "prošireni spektar s frekvencijskim skakanjem" [23]. Podaci se prenose u manjim dijelovima te šalju jednom od 79 definiranih frekvencija. Bluetooth koristi GFSK (*Gaussian frequency-shift keying*) te se mogu postići brzine prijenosa do 1 Mbps dok je efektivna brzina prijenosa 721 kbps. Očekivana udaljenost između uređaja za ostvarivanje veze je do 10m ali se ta udaljenost može povećati korištenjem antena kada iznosi do 100m. U većini slučajeva koristi se za razmjenu informacija između uređaja poput mobilnih terminalnih uređaja, prijenosnih uređaja, pametnih satova, pametnih perilica rublja, pisača, GPS (*Global Positioning System*) uređaja, automobila i dr. Prijenos informacija se odvija putem sigurnog, globalno nelicenciranog ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) pojasa od 2.4 GHz. Prethodno navedena specifikacija razvijena je od strane licencirane udruge Bluetooth SIG (*Special Interest Group*) koja se sastoji od brojnih organizacija iz područja telekomunikacija, računalstva, mrežnih usluga i elektronike (neki od članova: "Smart Products Connection",

"HUAWEI Technologies Co", "Kyocera Corporation" i dr.) [25]. U tablici 2 prikazane su udaljenosti na kojima Bluetooth može prenositi podatke ovisno o izlaznoj snazi samog uređaja.

Tablica 2. Doseg Bluetooth tehnologije

Maksimalna izlazna snaga	Udaljenost
100mW (20 dBm)	100m
2.5mW (4dBm)	20m
1mW (0dBm)	10m

Izvor: [26]

Primjena Bluetooth-a je u bežičnim komunikacijama između mobilnih uređaja i pametnih satova, bežičnoj mreži između računala prilikom dostupnosti male širine pojasa, komunikaciji sa ulaznim i izlaznim uređajima računala (tipkovnica, miš, printer, kamera) i dr. Kako bi se ostvarila još manja potrošnja energije koju Bluetooth koristi kako bi se prenjele informacije, razvijena je *Bluetooth low energy* (BLE) verzija.

Drugi naziv za BLE je Bluetooth 4.0. BLE se prvi puta pojavljuje 2010. godine. Njegova verzija uključuje Classic Bluetooth, Bluetooth high speed i Bluetooth low energy protokole [27]. Razvijen je radi zahtijeva uređaja koji čine IoT okruženje. Njegove ključne karakteristike su mala potrošnja energije te velika učinkovitost koje ga čine najboljim odabirom za povezivanje uređaja unutar IoT. Često se primjenjuje kod *beacon* uređaja. *Beacon* uređaji su uređaji koji komuniciraju s drugim uređajima u njihovoj neposrednoj. Na taj način moguće je definirati njihovu lokaciju što je pogodno za korištenje u zatvorenim prostorima [28], [29]. S obzirom da GPS ne radi u zatvorenim sustavima, *beacon* uređaji koji koriste BLE tehnologiju pogodni su za navigaciju u zatvorenim prostorima.

3.2.2 Wi-Fi tehnologija

Wireless Fidelity komunikacijska tehnologija (poznata kao Wi-Fi) služi za bežični prijenos informacija između uređaja koristeći radiovalove. Ova vrsta komunikacijske tehnologije danas se najviše koristi u svrhu bežičnog pristupa Internetu odnosno stvaranju bežičnih mreža. Omogućuje krajnjim korisnicima da se međusobno povežu putem lokalne bežične mreže koja se bazira na IEEE 802.11 standardu. Wi-Fi je razvijen s ciljem da omogući velike brzine prijenosa na veliku udaljenost. Način na koji se može postići ovakva lokalna mreža je povezivanjem više bežičnih pristupnih točaka zajedno. Pomoću usmjernika te ISP-a (*Internet Service Provider*) lokalna mreža može se dodatno povezati na Internet [30].

Wi-Fi radi na frekvenciji 2.4 [GHz] i 5 [GHz], a koristi dvije vrste kodiranja kao što su OFDM (*Orthogonal frequency division multiplexing*) i CCK (*Complementary Code Keying*) te zbog njih ima mogućnost ostvariti velike brzine prijenosa podataka. Velik broj uređaja danas ima ugrađene Wi-Fi mrežne kartice koje omogućavaju bežično povezivanje na Internet mrežu. Iz tog razloga, pogodno je za korištenje u IoT okruženju budući da velik broj uređaja danas putem Wi-Fi-a ostvaruje komunikaciju [31].

Domet koji je moguće ostvariti korištenjem Wi-Fi-a je od 50 do 100 [m], ali taj domet zna biti i kraći zbog okruženja u kojem se uređaji nalaze. Osim toga, domet ovisi i o snazi samog uređaja te frekvencijskom pojasu kojeg koristi. Veća frekvencija osigurava i brži prijenos podataka, ali i manji domet od 2,4 [GHz] frekvencije [32].

Iako Wi-Fi ima velikih potencijala za biti glavna komunikacijska tehnologija u IoT okruženju, nailazi na problem interferencije signala. Budući da velik broj uređaja generira razne signale, utječe i na frekvenciju koju koristi Wi-Fi u smislu ometanja signala. Teži se prema izgradnji pametnih gradova te je potrebno pronaći odgovarajuće tehnologije koje će imati manji negativni utjecaj na interferenciju signala.

3.2.3 Komunikacijska tehnologija ZigBee

ZigBee je poznat i pod nazivom IEEE 802.15.4, standard koji se koristi u području nelicenciranih pojaseva od 2.4 [GHz] i 900 [MHz]. Korištenjem ZigBee komunikacijske tehnologije za prijenos informacija ograničen je domet između uređaja koji se nalazi u rasponu od 10 do 100 [m]. Standard je dostupan u cijelom svijetu [33].

Podaci koji se šalju ZigBee-om ne prelaze veličinu od 1024 bita, a ukoliko se uspoređi s drugim bežičnim sustavima, ta veličina je relativno mala. ZigBee je pogodan za korištenje kod usluga koje ne zahtijevaju veliku brzinu prijenosa. Također, pogodan je za korištenje u okruženjima gdje postoji velik broj uređaja koji utječu na interferenciju signala. Primjerice, pogodan je za rad u proizvodnim organizacijama, tzv. pametnim tvrtkama (Industry 4.0 koncept) u kojima svaki uređaj ima mogućnost ostvariti međusobnu komunikaciju s drugim uređajima te izvoditi aktivnosti ovisno o informacijama koje primi [34]. Tablicom 3 je prikazana usporedba Bluetooth, Wi-Fi i ZigBee komunikacijskih tehnologija.

Tablica 3. Komparacija bežičnih tehnologija

Standard	Bluetooth	ZigBee	Wi-Fi
IEEE specifikacija	802.15.1	802.15.4	802.11 a/b/g
Frekvencijski raspon [Ghz]	2.4 [GHz]	868/915 [MHz]; 2.4 [GHz]	2.4[GHz]; 5[GHz]
Maksimalna brzina	1Mb/s	250kB/s	54mB/s
Nominalna udaljenost	10 [m]	10-100 [m]	100 [m]
Broj kanala	79	1/10; 16	14(2.4 [GHz])
Širina kanala	1 [MHz]	0.3/0.6 [MHz]; 2[MHz]	22 [MHz]
Modulacija	GFSK	BPSK (+ASK), O-QPSK	BPSK, QPSK, COFDM, CCK
Prostriranje	FHSS	DSSS	DSSS, CCK, OFDM
Sigurnost podataka	16-bit CRC	16-bit CRC	32-bit CRC

Izvor: [35]

Neke od prednosti koje nudi ZigBee su pouzdanost, mala potrošnja energija jer ZigBee omogućava upotrebu uređaja s autonomnim napajanjem i skalabilnost jer podržava širenje mreže na tisuće čvorova na velikom području. ZigBee uređaji imaju nisku latenciju, odnosno vrlo kratko vrijeme koje je potrebno da se informacije prenesu. Najčešće se primjenjuje u područjima gdje je potrebno povezati velik broj uređaja, područje koje zahtjeva mali prijenos podataka i nisku potrošnju energije.

3.3 Tehnologije za identifikaciju objekata i uređaja

Kako bi uređaji međusobno mogli komunicirati, moguće je koristiti i tehnologije za identifikaciju, najčešće poznate kao i AIDC (*Automatic Identification Data Capture*) tehnologije [36]. Takve tehnologije već su dugi niz godina prisutne u informacijskim sustavima velikih organizacija. Uvelike su utjecale na smanjenje ljudskog rada koji je bio potreban kako bi se izvršile poslovne aktivnosti, primjerice u logističkim procesima. Osim što su smanjile ljudski rad, također su smanjile i pojavljivanje pogrešaka koje su ljudi uzrokovali. Brzina procesiranja podataka te slanja potrebnih informacija znatno se povećala u odnosu na to kada se identifikacijske tehnologije nisu koristile. Pogodne su za korištenje u IoT okruženju jer omogućavaju prijenos informacija koje mogu utjecati na automatizaciju raznih poslovnih procesa.

3.3.1 RFID tehnologija

RFID tehnologija predstavlja tehnologiju koja pomoću radio frekvencije razmjenjuje informacije između objekata ili uređaja na kojima se nalaze oznake (*tag*) unutar kojih su pohranjene informacije. RFID se smatra tehnologijom koja ima potencijala pružati razne prednosti za organizacije u smislu praćenja inventara u proizvodnim lancima, pružanju uvida u prijevozu robe u stvarnom vremenu te praćenju imovine poduzeća [37].

RFID cjelokupni sustav se sastoji od oznaka koje služe za pohranjivanje informacija, čitača, antene, kontrolera, senzora, aktuatora, softvera [38]. Čitači služe kako bi mogli čitati i zapisivati informacije na oznake. Antene služe za prijenos energije čitača te davanje uputa

oznakama i prikupljanje podataka sa oznaka. Kontroleri, senzori i aktuatori služe kako bi mogli prikupljati informacije iz okoline, na temelju njih odrađivati neke funkcije i prosljeđivati informacije. Softver služi kako bi se mogla prenjeti informacija sa čitača na neki sustav. Postoje četiri glavna frekvencijska pojasa unutar kojih radi [39]:

- *Low Frequency (LF)*
- *High Frequency (HF)*
- *Ultra High Frequency (UHF)*
- *Microwaves*

LF označava raspon od 125 do 134.2 [kHz] te ima sporu brzinu prijenosa podataka što je vidljivo u tablici 4. Nije osjetljiv na interferencije pa s tim ima mogućnost da radi u okruženju s metalima i tekućinom. HF radi na frekvenciji od 13.56 [MHz] te također ima mogućnost da radi u okruženju s metalima i tekućinama. Najčešće se koristi u sustavima naplate te kontroli pristupa.

UHF frekvencija je od 860 do 960 MHz, a u odnosu na prethodne dvije, ima poteškoća u radu u okruženju s metalima i vodom. Najčešće se upotrebljava za trgovačke artikle kao i prijevozna sredstva. Dobri su zbog toga što imaju mogućnost čitanja informacija s velikih daljina te identificiranja većeg broja oznaka istovremeno. Mikrovalovi rade na frekvenciji od 2.45 [GHz] i 5.8 [GHz] i ima sličke karakteristike kao i UHF. Pogodni su za korištenje u željezničkom prometu te praćenju kontejnera. Najbrži su što se tiče brzine prijenosa podataka što je moguće vidjeti u tablici 4.

Tablica 4. Usporedba RFID frekvencijskih pojaseva

Frekvencijski pojas	LF	HF	UHF	Microwave
Domet	Manje od 62 [cm]	Manje od 1 [m]	Između 3 i 9 [m]	Nekoliko metara
Vrsta oznaka	Većinom pasivne oznake	Većinom pasivne oznake	Većinom aktivne oznake	Većinom aktivne oznake
Cijena oznaka	Skupa	Jeftinija od LF	Ima potencijala za jeftinu proizvodnju	Ima potencijala za jeftinu proizvodnju
Brzina prijenosa podataka	Sporo (4 – 8 [kbps])	Srednje (25 [kbps])	Brzo (do 640 [kbps])	Jako brzo
Rad u okruženju s tekućinama i metalima	Jako dobro	Dobro	Loše	Jako loše
Veličina oznaka	Jako velike	Velike	Male	Jako male

Izvor: [39], [40]

Oznake služe za pohranu podataka koji se interpretiraju u informacije te postoje tri vrste: aktivne oznake, poluaktivne oznake i pasivne oznake. Što se tiče aktivnih oznaka, to znači da svaka oznaka ima vlastito napajanje. Napajanje služi kako bi se mogao pokrenuti mikročip za emitiranje signala čitaču. Ukoliko oznaka ima vlastito napajanje, to znači da emitiranje signala može biti konstantno u velikom rasponu. S obzirom da su aktivne oznake puno veće, imaju mogućnost pohrane veće količine podataka. U odnosu na pasivne oznake koje najčešće sadržavaju samo identifikacijski broj proizvoda, aktivne oznake mogu sadržavati informaciju o cijelom sadržaju paketa, odredišta ili njegovo podrijetlo [41].

Poluaktivne oznake koriste bateriju kako bi mogla pokrenuti mikročip, ali ne koristi tu istu bateriju za komunikaciju [42]. Komunikacija se odvija na način da se crpi snaga iz radio valova čitača, Budući da ovakve oznake imaju bateriju, skuplje su od pasivnih. Pasivne

oznake nemaju vlastitu bateriju tj. napajanje. Napajanje se crpi iz elektromagnetskog polja koje kreira signal s RFID čitača tako da može proslijediti informaciju koju ima na sebi čitaču. Pasivne oznake imaju neograničen životni vijek te mogu komunicirati na udaljenosti maksimalnoj od 10 [m] dok aktivne oznake mogu komunicirati na udaljenosti većoj od 100 [m]. Za razliku od aktivnih oznaka, čitač mora biti u vidokrugu oznake kako bi mogao pročitati vrijednost koja se nalazi na pasivnoj oznaci.

Neke od prednosti koje RFID nudi su: serijski podaci što znači da svaki objekt u lancu opskrbe ima jedinstveni identifikacijski broj; smanjena ljudska intervencija zbog toga što RFID omogućava automatsko praćenje bez potrebe da ljudi prebrojavaju podatke i skeniraju kodove što utječe na smanjenje troškova rada i pogrešaka; veći lanci opskrbe zbog toga što je moguće prebrojavanje više robe istovremeno; prijenos informacija u stvarnom vremenu; povećanje sigurnosti predmeta zato što je moguće pratiti robu unutar objekta kao i izvan njega.

3.3.2 NFC tehnologija

NFC je tehnologija koja kao i RFID ima mogućnost automatske identifikacije i pohrane podataka. Vrlo je slična RFID tehnologiji zbog toga što također koristi oznake koje služe za pohanu podataka. Radi se o bežičnoj tehnologiji koja funkcionira na kratkim udaljenostima. Koristi radio frekvenciju te radi na 13.56 [MHz], a povezivanje uređaja je moguće na udaljenostima od 4 do 5 [cm] [43]. Ima mogućnosti rada na područjima gdje se nalazi voda i vlaga. Brzina prijenosa podataka koju je moguće ostvariti iznosi 424 kbps [44].

NFC tehnologija namijenjena je za rad na kratkim udaljenostima, a time se sprječava potencijalnim zlonamjernim napadačima da presretnu komunikaciju između dva uređaja koji koriste NFC. Kao i RFID, NFC također koristi oznake i NFC čitače, a današnji mobilni terminalni uređaji mogu se koristiti kao NFC čitači. Princip rada prikazan je slikom 3. RF polje koje generira uređaj NFC foruma za komunikaciju ima tri zadatka [43]:

- Prijenos snage s uređaja NFC foruma na NFC oznaku. Zato NFC oznake ne trebaju vlastiti izvor napajanja jer sve što im je potrebno za komunikaciju osigurava RF polje.

- Pogodno je za korištenje za male IoT uređaje jer nije potrebno dodatno napajanje za osvarivanje NFC komunikacije. NFC komunikacija koristi se za regulaciju prijenosa snage. Kad se aktivira način bežičnog punjenja, jačine RF polja može se povećati čime je moguće ostvariti prijenos snage do 1 [W].
- Slanje informacija s NFC uređaja na NFC oznaku modulacijom RF signala.
- Primanje informacija na NFC uređaj s NFC oznake prema modulaciji opterećenja koju generira NFC oznaka.



Slika 4. Princip rada NFC uređaja i oznake, [43]

NFC uređaji mogu raditi u tri različita načina rada: *reader/writer*, *peer-to-peer* i *card-emulation*. U *reader/writer* načinu rada, NFC uređaj se ponaša kao čitač NFC oznaka koje naprimjer mogu biti beskontaktna pametna kartica. Uređaj otkriva oznaku u svojoj neposrednoj blizini. Nakon što otkrije oznaku onda može čitati podatke ili zapisivati nove na otkrivenu oznaku. U *peer-to-peer* načinu rada, dva uređaja koja imaju NFC mogu međusobno razmjenjivati informacije. Primjer ovoga je Android Beam pomoću kojeg se mogu slati fotografije, novci, kontakti i slično između dva uređaja. U načinu *card emulation*, NFC uređaj se ponaša kao beskontaktna pametna kartica. Mobilni telefon ne generira vlastito RF polje nego NFC čitač [45].

3.3.3 Barkod i Qrcode tehnologije

Barcode predstavlja niz linija različitih debljina i veličina koje ustvari sadrže podatke koji služe da identifikaciju nekog objekta [46]. Najčešće se koristi za organizaciju i postavljanje cijena nekog proizvoda, a može biti predstavljen u jednoj ili dvije dimenzije. Barkodovi se čitaju pomoću posebnog skenera koji podatke čita direktno s njega. Nakon toga se podaci prenose u bazu podataka gdje se mogu pohranjivati. Svaki broj koji se nalazi na linijama ima posebno značenje, a često se ti brojevi zbrajaju, množe i dijele po nekoj formuli te daju krajnju informaciju. Njima je omogućeno da se brzo i pouzdano prikupe podaci [47]. Na slici 4 prikazan je izgled jednodimenzionalnog i dvodimenzionalnog koda.



Slika 5. Jednodimenzionalni i dvodimenzionalni kodovi, [48]

QR code predstavlja barkod koji je prikazan u dvije dimenzije i predstavlja najčešće korišteni dvodimenzionalni barkod [49]. Dok barkod ima mogućnost pohranjivati samo jednostavne vrste informacija, QR kod može pohranjivati kompleksnije informacije u obliku tekstualnih informacija te URL-ova. Za razliku od barkoda, QR kod je otporan na izobličenost simbola i samim time pogodniji je za korištenje za obilježavanje transportnih paketa koji se prilikom vožnje u kamionima ili nekim drugim prijevoznim sredstvima često oštete. Što se tiče IoT-a, znamo da većina ljudi danas kupuje stvari preko interneta. Prodavači koriste QR kodove i barkodove na proizvodima koje kupci mogu skenirati pomoću raznih aplikacija na svojim mobilnim terminalnim uređajima da dobe više informacija o proizvodima. Povezivanjem takvih artikala na mrežu (stvaranje IoT okruženja), kupci će moći provjeriti trenutno stanje proizvoda u prodavaonicama, boje proizvoda i sl. i to ne samo

na jednoj lokaciji. Drugi primjer zašto bi bilo pogodno koristiti QR i barkodove u kombinaciji s RFID-om (koji je primaran za označavanje u logistici) je zbog toga što mobilni terminalni uređaji ne podržavaju RFID.

3.4 Cloud Computing koncept

Cloud Computing nudi tri vrste modela usluga, a to su: software kao usluga (*Software as a Service*, SaaS), platforma kao usluga (*Platform as a Service*, PaaS) i infrastruktura kao usluga (*Infrastructure as a Service*, IaaS) [50]. Ovi modeli usluga dijele se na modele koji se nazivaju SPI modeli što označava software, platformu i infrastrukturu. Organizacije koje koriste računarstvo u oblaku ustvari koriste resurse koji se ne nalaze u njihovom vlasništvu, već ih plaćaju nekom davatelju cloud computing usluge onoliko koliko ih koriste. Postoje tri vrste oblaka koje se nude, a to su javni oblak, hibridni oblak i zajednički oblak. Javni oblak je dostupan svim korisnicima, a nalazi se u vlasništvu tvrtke koja prodaje uslugu. Privatni oblak je dostupan samo jednoj organizaciji i tako je osiguran veći nadzor nad podacima te sigurnost istih. Hibridni oblak predstavlja kombinaciju javnog i privatnog oblaka te poprima njihove karakteristike.

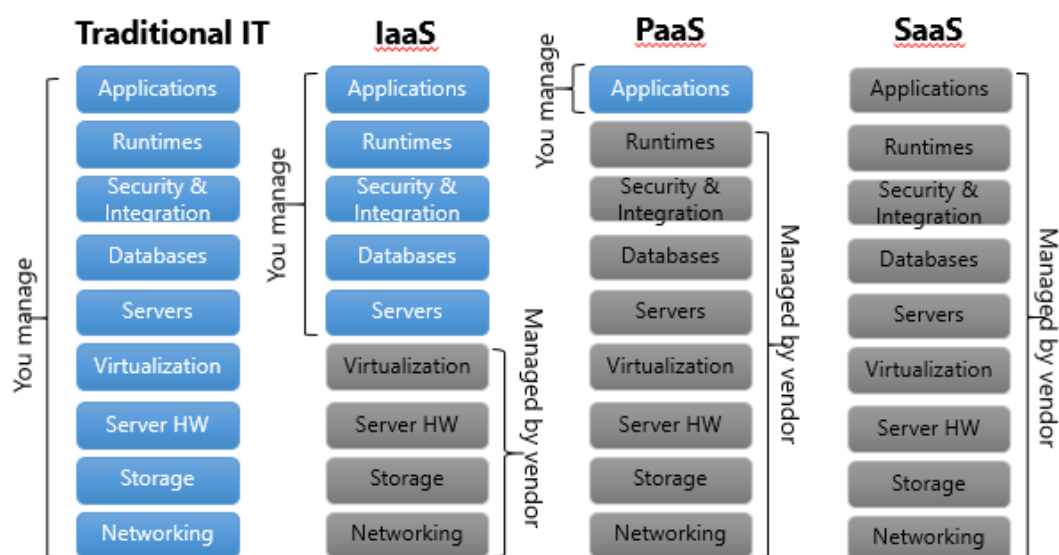
Kod SaaS modela, davatelj usluge određuje kakav će biti rad aplikacije, on ju postavlja i konfigurira prema prema potrebama organizacija koje zahtjevaju takve vrste aplikacije [50]. Osim toga, zadužen je i za njihovo održavanje. Organizacije koje koriste ovakav model usluge imaju određeni administrativni pristup aplikaciji, dok davatelj usluge ima najveću ovlast u smjeru upravljanja i kontroli aplikacije i infrastrukture. Većinom su SaaS aplikacija poznate kao aplikacije koje su zasnovane na Webu. SaaS usluge nude se u obliku pretplata u odnosu na prije kada se program samo jednom kupio i koristio.

PaaS model drugačiji je u odnosu na SaaS u smislu da davatelj usluge upravlja računalnom infrastrukturom za platformu i pokreće aplikacije u oblaku. Korisnicima se nudi platforma koja omogućava razvijanje, pokretanje i upravljanje programima. Ovdje korisnici nemaju mogućnost da izgrađuju i održavaju infrastrukturu [50]. Korisnik ima mogućnost korištenja postojeće platforme za razvoj aplikacije, a raspored opterećenja i ažuriranja

operativnog sustava na virtualnim uređajima nalazi se na strani davatelja usluge. Razlika sa SaaS-om je razina kontrole nad sustavom.

IaaS model usluge pruža najveću razinu kontrole nad cijelim sustavom. Korisnici imaju mogućnost pristupiti osnovnim oblicima računalnih resursa [50]. Ustvari, korisnicima se isporučuje računalni hardware te nemaju potrebu za izgradnjom vlastite infrastrukture, kada im je sve dostupno putem ovog modela usluge. Korisnici su odgovorni za sigurnost i upravljanje sustavom te imaju kontrolu nad njim.

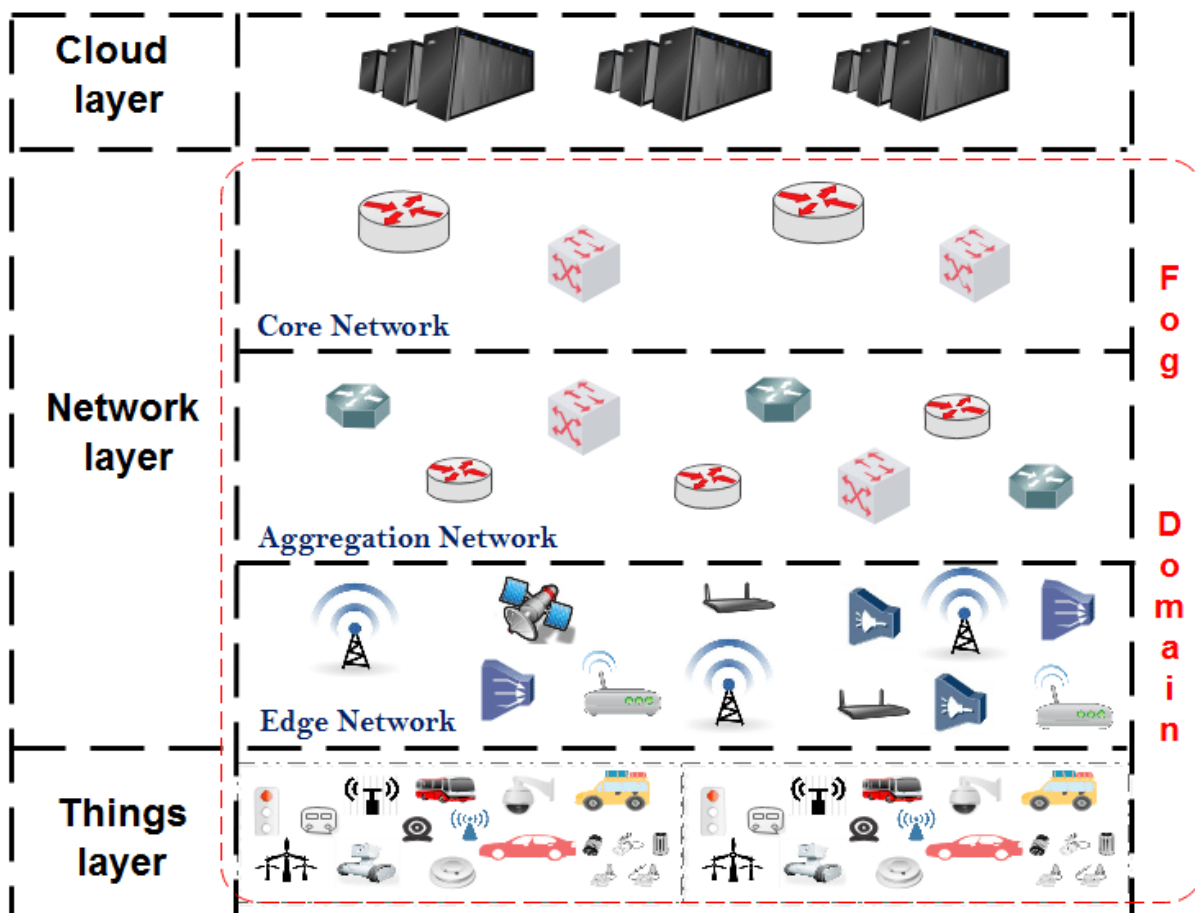
Slikom 5 prikazana je razlika SaaS, PaaS i IaaS modela u odnosu na klasični model. Razlika je u opsegu usluga koje se nude. Korisnici, kod klasičnih usluga, upravljaju svim vrstama usluga, dok ostali od cloud computing modela usluga imaju ograničenja.



Slika 6. Modeli usluga u Cloud Computing okruženju, [51]

U području IoT-a, dolazi do velikog generiranja podataka. Razna istraživanja pokazuju kako će do 2020. godine 20.4 milijardi uređaja biti međusobno povezano. Svi ti uređaji će generirati velike količine podataka, a zbog toga je dobro koristiti Cloud Computing koji može pružiti dovoljno veliku procesorsku moć da obrađuje te podatke te ponuditi dovoljno veliku količinu prostora za pohranu tih podataka. IoT teži tome da se informacije obrade u stvarnom vremenu i stignu isto tako na određite. Za to je moguće koristiti i Fog Computing.

Fog Computing je relativno nova arhitektura koja koristi uređaje koji se nalaze na rubu arhitekture da obrade i pohrane podatke lokalno, bez opterećivanja centralnih sustava. Fog Computing, dakle, omogućava da se podaci koji su vremenski osjetljivi na obradu budu prije obrađeni, doslovno na krajnjim točkama mreže gdje se oni i sami generiraju. Oni podaci koji kasnije mogu biti bitni za neku analizu se naknadno šalju u samo Cloud okruženje [52]. Primjer Fog Computing-a prikazan je na slici 6.



Slika 7. Primjer korištenja Fog Computing-a,[53]

Fog Computing može osigurati očuvanje propusnosti mreže. Osim toga, može osigurati veću sigurnost što se tiče podataka. S obzirom da sve što se nalazi u čovjekovom okruženju može biti povezano na Internet te može međusobno komunicirati, tu se radi o jako osjetljivim podacima. Zato je potrebno paziti na sigurnost podataka što se tiče korisnika tako da Fog može ponuditi zaštitu podataka u trenutku dok se oni još ni ne šalju, ali i u trenucima

kad se oni šalju. I na kraju, slanje podataka na mjesto koje je najpogodnije za obradu mnogi smatraju da Cloud Computing to više ne može ponuditi te se iz tog razloga razvio Fog Computing. Odluke koje trebaju biti izvršene u realnom vremenu trebaju se izvršavati na rubovima cjelokupne mreže, dok se za analizu velikih količina podataka trebaju koristiti sami resursi oblaka.

4. ANALIZA USLUGA MREŽNIH OPERATORA TEMELJENIH NA IOT KONCEPTU

Sve veći porast Internet korisnika stavlja brojne zadatke za razvojem inovativnih usluga kod telekom operatora. Konstantan razvoj informacijskih i komunikacijskih tehnologija omogućuje stvaranje ponude široke lepeze usluga. S obzirom da većina ljudske populacije koristi mobilni terminalni uređaj u svakodnevnom životu, logično je za očekivati da im je potrebno pružati usluge koje omogućavaju upravljanjem uređaja i nadzor objekata na daljinu. IoT koncept prema svojim karakteristikama ima mogućnost pružati takve usluge. Iako IoT nije razvijen u Hrvatskoj kao u ostalim zemljama, mrežni operatori pokušavaju ponuditi što veći broj IoT usluga onoliko koliko im trenutna mrežna infrastruktura to omogućava.

Hrvatski Telekom, jedan od vodećih telekom operatora na području Republike Hrvatske nudi usluge temeljene na IoT konceptu. Te usluge namijenjene su isključivo poslovnim korisnicima, ali u budućnosti se očekuje kako će biti stvorena ponuda IoT usluga i za privatne korisnike. U ovome poglavlju bit će analizirane usluge mrežnog operatora Hrvatski Telekom koje se temelje na IoT konceptu. Usluge koje se baziraju na IoT konceptu, a pruža ih Hrvatski Telekom su: Cloud nadzor vozila, rješenja za fiskalizaciju, pametan grad (Smart City), NB IoT. Svaka od navedenih usluga nudi niz podusluga koje su dostupne korisnicima.

4.1 Cloud nadzor vozila

Usluga Cloud nadzor vozila nudi cjelovito rješenje koje omogućava upravljanje voznim parkom. Organizacijama pruža mogućnost nadzora nad njihovim vozilima i uštedu na resursima. Usluga je namijenjena organizacijama koje [54]:

- Imaju manji, srednjili ili veliki vozni park,
- Žele optimizirati svoje poslovanje i smanjiti troškove voznog parka i goriva,
- Žele veću kontrolu nad voznim parkom, rutama i kilometražom,

- Žele pratiti svoja vozila na terenu, njihovu brzinu i smjer kretanja,
- Žele saznati koriste li se vozila izvan radnog vremena te
- Se bave distribucijom i logistikom, prodajom, servisnim uslugama i prijevozom.

Osim navedenog, usluga se može koristiti za praćenje vremenskog rada vozila i aktivnosti zaposlenika. Ukoliko se vozilo koristi u autoškolama, moguće je dostavljati izvještaj o vožnji svakog polaznika, njegove putanje kretanje, brzina vožnje i sl. Spajanjem na putno računalo moguće je pratiti stil vožnje i identificirati agresivne vozače. Ukoliko se vozilo koristi u privatne svrhe, jednostavno je evidentirati takvu vrstu vožnje te raspodjeliti trošak organizacije i osobe koja je koristila vozilo u privatne svrhe. Nadalje, moguće je pratiti ulazak i izlazak vozila iz zona interesa čime je moguće bolje i jednostavnije organizirati dostavu i transport različite robe. Troškovi se mogu unositi ručno ili automatski, ovisno o potrebi korisnika, a tu se ubrajaju troškovi cestarina, goriva, servisa i slično čime je moguće utjecati na optimizaciju troškova. Korisnici ove vrste usluge mogu putem e-maila ili SMS-a primati obavijesti o isteku osiguranja ili servisa. Svaki vozač vozila može izraditi vlastiti putni nalog, a na temelju njega je moguće automatski prepoznati rutu kretanja te nadodati dnevnicu koju vozač treba dobiti. Putni nalog je moguće automatski proslijetiti na odobrenje i zatim u računovodstvo [54].

Prednosti koje se nude korisnicima ove usluge su nadzor vozila 24/7/365, izvještaji i alarmi o vožnji i troškovima, besplatna nadogradnja i održavanje aplikacije, automatska izrada putnih naloga, praćenje vozila u inozemstvu te sigurnost i podrška 24/7/365 od strane Hrvatskog Telekoma. Nadzor uređaja moguće je vršiti s bilo kojeg uređaja koji ima vezu na Internet.

Cloud nadzor vozila ugrađuje se u vozilo. Uređaj šalje podatke o korištenju vozila u Cloud nadzor internetsku aplikaciju koristeći GPS/GPRS tehnologiju. Nakon što se podaci obrade, prezentiraju se u internet aplikaciji i omogućavaju korisniku uvid u stanje vozila. Svaki uređaj koji se ugrađuje Cloud Nadzor vozila je GPS uređaj koji putem GPRS veze uspostavlja podatkovnu vezu s aplikativnim rješenjem na Internetu, a GPS se koristi za njegovo lociranje. Svaki od tih uređaja posjeduje SIM karticu, a uređaj u svakom trenutku može biti u komunikaciji s aplikativnim rješenjem te slati podatke koji su prikupljeni. U slučaju nepokrivenosti signalom, tj. Gubitka komunikacije, uređaj privremeno pohranjuje

podatke u vlastitu memoriju koje nakon što se ponovno uspostavi komunikacija, pohranjuje u bazu podataka same usluge [54].

Jedna od dodatnih usluga unutar ove usluge je Identifikacija vozača. U aplikativnom rješenju omogućava se dodatna funkcionalnost, a da bi se ona mogla koristiti potreban je još jedan uređaj. Taj uređaj temelji se na iButton tehnologiji koja pomoću 1-wire protokola omogućuje sigurnu identifikaciju vozača. Korisnik se na sustav prijavljuje pomoću iButton ključa i tada se bilježi vrijeme korištenja vozila od strane tog korisnika.

4.2 Pametan grad (*Smart City*)

Hrvatski telekom teži stvaranju usluga koje primjenjuju informacijsko-komunikacijske tehnologije za podizanje kvalitete života građanima i postizanje uštede kod gradskih servisa. Takve usluge obuhvaćaju više područja poput: računalno-komunikacijske mreže u prometu i videonadzor, pametna mobilnost koja uključuje sustav javnih gradskih bicikala, e-punionice za vozila na električni pogon, evidenciju odvoza komunalnog otpada, pametnu gradsku rasvjetu, smart parking i smart LAN/WiFi mreža [55].

Evidencija odvoza komunalnog otpada predstavlja cjelokupni sustav koji omogućava elektroničku identifikaciju posuda za otpad, bežični prijenos i pristup svim podacima u stvarnom vremenu. Osim toga, omogućava se naplata usluge sakupljanja odvoza otpada prema volumenu i broju sakupljanja ili masi otpada. Ova usluga napravljena je u suradnji s tvrtkom Eco Mobile. Glavne značajke ovog sustava su [56]:

- Potpuna automatizacija sustava koja ne zahtijeva dodatan rad komunalnih djelatnika, a time ne utječe na uobičajene poslovne procese,
- Podaci o evidentiranom pražnjenju spremnika se šalju na server nakon što senzori potvrde da je spremnik prisutan na podizaču te da je podizač u položaju za pražnjenje,
- Sve komponente sustava su otporne na vremenske i radne uvjete te mehaničke utjecaje. Iznimno prilagodljive, mogu se ugraditi na sve tipove komunalnih vozila

i

- Samo mjerenje razine otpada u spremnicima vrši se putem SmartWaste senzora.

Smart Waste senzor je element koji je zadužen za mjerenje popunjenosti spremnika. Pomoću njega podaci se šalju na server putem GPRS-a gdje se oni obrađuju te se na temelju istih dolazi do informacija o spremniku. Informacije koje navedeni senzor odašilje su: lokacija spremnika, razina napunjenosti, temperatura spremnika, identifikacijski broj spremnika. Slikom 7 prikazan je Smart Waste senzor.



Slika 8. Smart Waste senzor, [56]

Pomoću lokacije koju odašilje Smart Waste senzor izračunava se, uz korištenje posebnih algoritama, optimalna ruta po kojoj se izvršava prikupljanje otpada. Unaprijed definiranom optimalnom rutom skraćuje se samo vrijeme potrebno za proces prikupljanja otpada čime se u isto vrijeme i smanjuju sami troškovi prijevoza. Glavne značajke Smart Waste senzora su:

- Značajno smanjenje troškova - Korištenjem Smart Waste sustava ostvaruju se izravne financijske uštede (do 40%) u gorivu i kompletnoj logistici sakupljanja otpada,
- Jednostavnost primjene - Smart Waste senzor moguće je ugraditi u sve vrste spremnika za otpad neovisno o njihovom tipu, kapacitetu ili namjeni,
- Autonomija rada - Integrirana baterija osigurava autonomiju rada senzora do 10 godina i
- Otpornost i prilagodljivost - EcoMobile SmartWaste senzor je predviđen za korištenje u svim vremenskim uvjetima i otporan na vanjske mehaničke utjecaje i snažna naprezanja prilikom pražnjenja kontejnera.

Usluga evidencije odvoza komunalnog otpada radi na način da se putem RFID čitača čitaju oznaka koje se postavljaju u posude i kontejnere za otpad. U kabini vozila postoji centralno računalo koje upravlja radom sustava te služi za pohranu i prijenos svih podataka u realnom vremenu u Cloud aplikaciju. Upravljački modul zadužen je za komunikaciju sa svim komponentama cjelokupnog sustava i prosljeđivanje informacija na centralno računalo. Svjetlosna i zvučna signalizacija postavlja se kako bi se mogli pratiti svi procesi i informirati radnike o očitavanju, eventualnim nepravilnostima i dr. RFID antene postavljene su kako bi mogle očitati RFID oznake u spremnicima za otpad[56].

Kao dodatna oprema može se koristiti ručni bežični RFID i Barcode čitač koji omogućava čitanje oznaka u radijusu do 70 [m] od vozila te slanje prikupljenih podataka na server. Kontejneri mogu imati posebnu nadogradnju umetanjem RFID kartice. Na njima je moguće upisivati podatke o korisniku, volumenu, datumu i vremenu preuzimanja otpada. Za prijenos podataka u realnom vremenu koristi se GPRS.

Prvi grad u Hrvatskoj koji je poprimao značajke Smart City-a je Dubrovnik. Hrvatski Telekom je voditelj projekta koji je uključivao više 1900 senzora koji će biti postavljeni na području grada Dubrovnika, a sve u svhu kako bi se omogućilo korisnicima da jednostavnije pronađu parking te se smanje gužve na cestama. Smart parking je sustav koji nadzire zauzetost parkirnih mjesta na otvorenom uz pomoć senzora koji su ugrađeni u tlo [57]. Cjelokupni sustav temelji se na tehnologiji magnetskog polja, a vozila se detektiraju na način da se mjere promjene na temljinom magnetskom polju koje izazovu statička vozila ili vozila u pokretu. Ovakav sustav namijenjen je za točno brojanje vozila na rampama, presjecima parkirališta, podzemnim parkirnim garažama, otvorenim parkiralištima, detekciji slobodnih parkirnih mjesta, evidenciji ulazaka u zatvorena parkirališta ili kao dodatna pomoć nadzora naplate parkirnih mjesta.

Pružanjem ovakve usluge osigurat će se da se vozače precizno navodi do slobodnog mjesta putem signalizacije i mobilne aplikacije, jednostavnije plaćanje parkinga. Nadalje, samim time smanjit će se zagađenje zraka i emisije štetnih plinova zbog uštede vremena traženja parkirnog mjesta. Prednost ove usluge također postoje i za upravitelje parkinga. Oni će imati podatke za analizu u stvarnom vremenu kako bi mogli pratiti dostupna parking mjesta, broj rotacija po parkirnom mjestu i sl. Također, moći će nadzirati postatak neprikupljenog prihoda po parkirnom mjestu te odabir najboljeg modela naplate parkinga

[57]. Svim time moći će utjecati na povećanje kvalitete života građanima. Prednosti usluge smart parkinga su: napredna analitika, namijenjeno za sve vrste parkiranja, povećana profitabilnost, niži troškovi upravljanja parkingom te jednostavna integracija. S obzirom na to da se radi o postavljanju velike količine senzora na jednom mjestu, razvijena je NB IoT mreža koja će osigurati održavanje tolike količine senzora s odličnim signalom.

4.3 Mreža NB IoT

Narrow Band Internet of Things je mrežna tehnologija koja je namijenjena povezivanju uređaja koji se spajaju na internet i ostvaruju međusobnu komunikaciju (IoT uređaji). Mreža se temelji na 3GPP industrijskom standardu koji se koristi u licenciranom spektru. Karakteristike NB IoT mreže su [55]:

- Odlična prodornost signala u zatvorenim prostorima – za razliku od GSM mreže, signal prodire u prostore poput podzemnih garaža i kroz debele zidove
- Niska potrošnja energije – očekivano trajanje baterija u IoT uređajima je i do 10 godina
- Visoka sigurnost – mreža je bazirana na LTE sigurnosnim mehanizmima
- Mala količina podataka – mreža je namijenjena za dvosmjerni prijenos malih količina podataka, dok je brzina prijenosa podataka od 600 [b/s] do 250 [kbps]
- Svjetski standard – mreža radi na 3GPP standardu i nalazi se unutar licenciranog spektra
- Jednostavnost primjene – nije potrebna instalacija i održavanje lokalnih mreža/pristupnika

Ova tehnologija namijenjena je za uređaje koji nemaju potrebu za konstantnom povezanošću s mrežom te šalju male količine podataka. Pogodna je za korištenje u sustavima za pametno parkiranje, upravljanje otpadom, praćenje kvalitete zraka, praćenje stvari i pošiljaka, pametna brojila, pametan dom, praćenje zdravstvenog stanja, lociranje članova obitelji i kućnih ljubimaca te imovine. Primarno je fokusirana na unutarnju pokrivenost, niske troškove, dugi radni vijek baterija te visoku gustoću generiranog prometa. Koristi podskupa

LTE standarda, ali ograničava propusnost te radi na frekvenciji od 200 [kHz]. Koristi OFDM modulaciju za *downlink* komunikaciju te SC-FDMA za *uplink* komunikaciju.

5. SIGURNOSNI ASPEKTI USLUGA TEMELJENIH NA IOT KONCEPTU

IoT je koncept koji se brzo razvija, a s obzirom da predstavlja mogućnost upravljanja velikim brojem različitih predmeta/objekata putem Interneta izravno od strane korisnika ili programa, potrebno je paziti na sigurnost upravljanja tim predmetima, ali i podataka koji se generiraju. Općenito, informacijska sigurnost odnosi se na zaštitu imovine informacijsko komunikacijskih sustava, njihovo neovlašteno mijenjanje, brisanje ili otkrivanje s ciljem očuvanja dostupnosti, integriteta i povjerljivosti informacija i imovine informacijskog komunikacijskog sustava u procesu njegovo planiranja, projektiranja, izgradnje, uporabe, održavanja i prestanka rada [58]. Postoji niz područja koja se odnose na informacijsku sigurnost, a to su: sigurnosna provjera, fizička sigurnost, sigurnost podataka, sigurnost informacijskog sustava, sigurnost poslovne suradnje, operacijska sigurnost, komunikacijska sigurnost i mrežna sigurnost.

Kako podaci koji se generiraju u IoT okruženju mogu biti strogo tajni te nebi smjeli biti dostupno svima, potrebno je napraviti klasifikaciju takvih podataka u sigurnosne svrhe. Tako je moguće razlikovati podatke kao klasificirane podatke, službene tajne, poslovne tajne i profesionalne tajne. Osim toga, ti podaci imaju različite stupnjeve tajnosti stoga se ti stupnjevi definiraju kao: *top secret*, *secret*, *confidential* i *restricted* [59].

Postoje tri načela informacijske sigurnosti koji su važni za osiguravanje bilo kojeg informacijsko komunikacijskog sustava, a to su povjerljivost, cjelovitost i dostupnost što je vidljivo na slici 9 [60].



Slika 9. Načela sigurnosti informacijsko-komunikacijskih sustava, [61]

Povjerljivost se odnosi na to da informacije i podaci budu isključivo dostupni autoriziranim osobama u određenom vremenu kada oni zahtijevaju pristup takvim informacijama i podacima. Ukoliko informacija nije točna, onda ne predstavlja nikakvu vrijednost za osobu koja treba primiti informaciju. Iz tog razloga je važna cjelovitost sustava koja osigurava da informacija ne bude promijenjena slučajno ili namjerno od strane neovlaštenog pristupa ili zbog pogreške rada sustava. Isto tako, uz sve navedeno, veoma je važna i dostupnost informacije jer takva informacija je jedino bitna, da bude dostupna u onom trenutku kada osoba ima potrebu za njom [60].

Postoje dvije vrste prijetnja koje mogu utjecati na dostupnost usluga u IoT okruženju, a to su prirodne prijetnje, prijetnje kao rezultat neke nesreće te prijetnje s atribucijom namjernosti i nenamjernosti. Pod prirodne prijetnje spadaju prijetnje poput kiše, oluja, požara, poplava, uragana, meteora i ostalo. Prijetnje kao rezultat nesreće su eksplozije zbog kvarova na uređajima, nestanak električnog napajanja, poplave zbog puknuća cijevi i dr. Prijetnje s atribucijom namjernosti i nenamjernosti odnose se na prijetnje koje prouzrokuju

sami ljudi. Zaposlenici mogu slučajno otkriti neke poslovne podatke, nepravilno upravljati sa sustavom ili korisničkim podacima te tako prouzročiti veliku štetu neke organizacije. Isto tako, mogu namjerno sabotirati rad organizacije, zloupotrijebiti svoje ovlasti koje imaju za pristup raznim korisničkim podacima, ukrasti imovinu koja nije u njihovom vlasništvu ili jednostavno ne slijediti upute za rad koje im nalaže poslodavac [62].

Gore navedene značajke odnose se na Cloud Computing i IoT koncept, ali i na usluge koje su razvijene pomoću istih. S obzirom da je u IoT konceptu Cloud Computing glavni element koji se koristi za obradu i skladištenje podataka, tj. cjelokupno upravljanje podacima, upitno je koliko su ti podaci ustvari privatni. Serveri za pohranu koji se koriste za Cloud Computing mogu biti u raznim zemljama, a korisnici ustvari ni ne znaju gdje se njihovi podaci nalaze. Cjelokupnu sigurnost takve usluge mora osigurati upravo davatelj usluge, a korisnicima nikada ne može biti zajamčena 100% sigurnost da će ti podaci biti sigurni.

Tehnologije koje se koriste u IoT konceptu poput ZigBee, Bluetooth, RFID i NFC su tehnologije za prijenos podataka, a najčešći problem kod njih su prijetnje koje se odnose na neovlašteni pristup podacima koji se generiraju [63]. Najčešći oblik napada koji se dešava kod ovih tehnologija je DoS (*Denial of Service*) napad, što znači da korisnicima nije omogućen pristup nekoj usluzi tj., ako se radi o NFC ili RFID oznakama, da prijenos informacija koje se nalaze na njima neće biti moguć. S obzirom da navedene tehnologije koriste različite frekvencije na kojima se prenosi promet, tako je moguće da se stvaraju prijetnje koje se odnose na prisluškivanje i presretanje prometa. Kako bi se umanjio rizik od zlouporabe podataka ili pristupa osjetljivim informacijama, Bluetooth koristi četiri razine zaštite. Navedene razine odnose se na autentikaciju korisnika te enkripciju podataka.

U svrhu izbjegavanja zlouporabe i neovlaštenog korištenja podataka definirane su sigurnosne kontrole koje se dijele na fizičke, administrativne i logičke. Sve veći porast korištenja bežičnih tehnologija stvara se prostor za više mogućnosti prijetnji koje negativno utječu na informacijsko komunikacijski sustav. Ukoliko se ne uvode posebne mjere zaštite, korisnički podaci će biti lako dostupni napadačima čime će se utjecati na nezadovoljstvo korisnika raznim uslugama. Ukoliko su korisnici nezadovoljni, tj. ne osjećaju se dovoljno sigurno što se tiče njihovih podataka, neće koristiti IoT usluge u kojima se takvi podaci konstantno generiraju i prosljeđuju na neko odredište. Stoga, da bi telekom operatori bili

uspješni u zadržavanju korisnika, ali i u privlačenju novih korisnika, moraju svoju viziju usmjeriti i na sigurnost korisničkih podataka.

6. ZAKLJUČAK

Razvoj informacijsko-komunikacijskih tehnologija uvelike je doprinio u pružanju velikog broja usluga korisnicima. Analizom naraštaja razvoja informacijskih sustava vidljivo je kako je njihov razvitak pozitivno utjecao ne samo na ponudu usluga, već i na razvoj uređaja i tehnologija koji imaju mogućnost pružati razne usluge. Svaki informacijski sustav sastoji se od šest ključnih elemenata: Hardware, Software, Netware, Lifeware, Orgware i Dataware te je potrebno pametno organizirati njihovu funkciju u nekoj poslovnoj organizaciji kako bi poslovanje imalo koristi od implementacije informacijskog sustava. Kako su se razvijale generacije mobilnih mreža, tako je došlo i do povećanja razvoja usluga koje su nudili telekom operateri.

IoT koncept nudi razvoj novih usluga koje se temelje na M2M i M2H komunikaciji. Cilj je pružati informacije o svemu što se nalazi u čovjekovom okruženju na način da svaki objekt, uređaj ili neki element koji je od interesa za čovjeka može pružati potrebnu informaciju. Arhitektura IoT koncepta daje uvid da se niz informacijsko-komunikacijskih tehnologija može koristiti u gore navednu svrhu. Svaki uređaj ili objekt može biti pogodan za prikupljanje podataka iz okoline ukoliko se opremi pogodnom informacijsko-komunikacijskom tehnologijom. Komunikacijske tehnologije koje su identificirane kao jedne koje se najčešće koriste u IoT konceptu su Bluetooth tehnologija, Wi-Fi i ZigBee. Svaka od njih ima različite karakteristike, ali su pogodne za različita okruženja u kojima se koriste kao zatvoreni prostori dućana, veliki prostori poput skladišta ili proizvodnih tvrtki te veliki brisani prostori. Kako bi se omogućila identifikacija uređaja u okruženju koji prikupljaju ili sadrže određene podatke, moguće je koristiti RFID, NFC, Barkod i QRcode tehnologije. Kako bi podaci mogli biti negdje pohranjivani i obrađeni te se iz njih mogla pružiti kvaliteta informacija, potrebno je koristiti Cloud Computing kao središte koje će navedeno moći raditi te proslijediti informacije na bilo koje uređaje koji imaju pristup na Internet. Za smanjenje latencije moguće je koristiti i Fog Computing koji će obrađivati podatke na rubovima mreže i s time smanjiti opterećenje u Cloud Computing okruženju.

Hrvatski Telekom je telekom operator koji nudi niz mobilnih i fiksnih usluga svojim korisnicima. Kako bi ostao u koraku s konkurencijom na tržištu, uveo je NB IoT mrežnu tehnologiju koja važna za funkcioniranje uređaja u IoT okruženju. S obzirom da je primjena

IoT koncepta u raznim područjima diljem Hrvatske tek u začetku, postoji nekoliko usluga koje se nalaze u njihovoj ponudi, a to su Cloud nadzor vozila, smart parking, pametan odvoz smeća i pametna rasvjeta. Za svaku od navedenih usluga potrebno je zaštititi korisničke podatke od potencijalnih napadača. Napadi na korisničke podatke mogu se izvršiti s atribucijom namjernosti i nenamjernosti stoga je potrebno veliku pažnju posvetiti na zaštitu istih. Ako se ne osigura dovoljna razina zaštite korisničkih podataka, moguće je očekivati da će korisnici izbjegavati korištenje takvih usluga. Telekom operateri moraju svoje poslovanje usmjeriti ne samo ponudu što većeg broja usluga već i na zadovoljstvo korisnika i njihovu sigurnost.

LITERATURA

- [1] Evolution of Information System Function. Preuzeto sa: <https://adataanalyst.com/information-systems-management/evolution-information-system-function/> [Pristupljeno: kolovoz, 2019.]
- [2] S. K. Boell, D. Cecez-Kecmanovic, "What is an Information System?," in 2015 48th Hawaii International Conference on System Sciences, 2015, 4959-4968
- [3] Peraković D., Periša M.: Razvoj sustava za obradu podataka, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, nastavni materijali, 2019.
- [4] Mitrović I., Gaćina-Bilin B. Osnove kompjutorske tehnike, Split, 2005
- [5] Classic Computers. Preuzeto sa: <http://mentalfloss.com/article/27971/10-classic-computers-you-had-kid> [Pristupljeno: srpanj, 2019.]
- [6] Nacionalno središte za sigurnost računalnih mreža i sustava. Virtualizacija računala. CARNet. 2019.
- [7] Nacionalno središte za sigurnost računalnih mreža i sustava. Cloud computing. CARNet. 2019.
- [8] Peraković D., Periša M.: Teoretska podloga rada informacijskih sustava, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, nastavni materijali, 2019.
- [9] Peraković D., Periša M.: Podjele, vrste i elementi informacijskog sustava, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, nastavni materijali, 2019.
- [10] Peraković D., Periša M.: Projektiranje informacijskih sustava, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, nastavni materijali, 2019.
- [11] Faze razvoja informacijskog sustava. Preuzeto sa: <http://tecajevi.freeservers.com/isfaze.htm> [Pristupljeno: srpanj, 2019.]
- [12] Diference between product and service. Preuzeto sa: <http://www.differencebetween.net/business/difference-between-product-and-service/> [Pristupljeno: kolovoz, 2019.]

- [13] Digital 2019: Global Digital Overview. Preuzeto sa: <https://datareportal.com/reports/digital-2019-global-digital-overview> [Pristupljeno: kolovoz, 2019.]
- [14] Mrvelj Š.: Tehnologija telekomunikacijskog prometa I, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, nastavni materijali, 2019.
- [15] Mrvelj Š.: Mobilne mreže, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, nastavni materijali, 2019.
- [16] Generations of Mobile Networks. Preuzeto sa: <http://net-informations.com/q/diff/generations.html> [Pristupljeno: kolovoz, 2019.]
- [17] Cisco, The Internet of Things Reference Model. Internet of Things World Forum. 2014: 1–12
- [18] A. Botta, W. de Donato, V. Persico, A. Pescapé. Integration of Cloud computing and Internet of Things: A survey. Future Generation Computer Systems 2016; 56: 684-700
- [19] Machine-to-human Communications Are Trending. Preuzeto sa: <https://www.canadianmetalworking.com/article/automationsoftware/machine-to-human-communications-are-trending> [Pristupljeno: kolovoz, 2019.]
- [20] IoT referentni model. Preuzeto sa: https://www.researchgate.net/profile/Ahmed_El_Hakim2/publication/323525875/figure/fig2/AS:599838940987398@1520024156865/IoT-World-Forum-Reference-Model.png [Pristupljeno: kolovoz, 2019.]
- [21] L. Research, Part 2. of „The IoT Series“, Building Smarter Manufacturing With Internet Things. 2014: 1-10
- [22] D. Uckelmann, M. Harrison, and M. Florian, Architecting the Internet of Things. Springer Berlin Heidelberg; 2011
- [23] Nacionalno središte za sigurnost računalnih mreža i sustava. Ranjivost Bluetooth tehnologije. CARNet. 2019.

- [24] Bluetooth connection. Preuzeto sa: <https://greencomp.in/wp-content/uploads/2017/10/bluethooth.png> [Pristupljeno: kolovoz, 2019.]
- [25] Bluetooth member directory. Preuzeto sa: <https://www.bluetooth.com/develop-with-bluetooth/join/member-directory/> [Pristupljeno: kolovoz, 2019.]
- [26] B.Jeren i P.Pale: Sustavi za vođenje i praćenje procesa. Bluetooth.: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva, nastavni materijali
- [27] Aim consulting. Preuzeto sa: <https://aimconsulting.com/insights/blog/wi-fi-vs-bluetooth-classic-vs-bluetooth-low-energy-ble-choosing-the-right-technology-when-designing-for-iot/> [Pristupljeno: kolovoz, 2019.]
- [28] J. C. F. Michel, M. Christmann, M. Fiegert, P. Gulden, M. Vossiek. Multisensor based indoor vehicle localization system for production and logistic, IEEE International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems. 2016: 553–558
- [29] GSMA, A Guide to Bluetooth Beacons, 2014.
- [30] Embedded computing desing. Preuzeto sa: <https://www.embedded-computing.com/embedded-computing-design/connecting-devices-to-the-internet-of-things-with-wi-fi> [Pristupljeno: srpanj, 2019.]
- [31] Electronics notes. Preuzeto sa: <https://www.electronics-notes.com/articles/connectivity/wifi-ieee-802-11/802-11a.php> [Pristupljeno: srpanj, 2019.]
- [32] S. Banerji and R. S. Chowdhury. On IEEE 802.11: Wireless Lan Technology. International Journal of Mobile Network Communications & Telematics. 2013;3(4): 45–64
- [33]J. Lee, Y. Su, and C. ShenI. A Comparative Study of Wireless Protocols. IECON Proceedings (Industrial Electronics Conference). 2007: 46–51
- [34] What is ZigBee? Preuzeto sa: <https://www.electronics-notes.com/articles/connectivity/zigbee/what-is-zigbee-technology-tutorial.php> [Pristupljeno: kolovoz, 2019.]
- [35] T. Himanka. The use of IoT devices in logistics. 2016.

- [36] AIDC Technologies. Preuzeto sa: <http://www.aim-na.org/aidc-technology.html>
[Pristupljeno: kolovoz, 2019.]
- [37] P. J. Sweeney. RFID for Dummies. Wiley Publishing, 2005.
- [38] RFID Architecture Components. Preuzeto sa: <https://rfid4u.com/explore/rfid-certification-prep/cheat-sheet-rfid-architecture-components/> [Pristupljeno: kolovoz, 2019.]
- [39] N. Khast. Overview of Radio Frequency Identification. Helsinki Metropolia University of Applied Sciences, 2017.
- [40] RFID comparison. Preuzeto sa: <https://www.tsl.com/support/rfid-comparison/>
[Pristupljeno: kolovoz, 2019.]
- [41] G. Z. Gonzales. Radio Frequency Identification (RFID) Tags and Reader Antennas Based on Conjugate Matching and Metamaterial Concepts. 2013.
- [42] Basics in RFID. Preuzeto sa:
<https://d2n1rly8br52rx.cloudfront.net/pdfs/resources/Basics-in-RFID.pdf?mtime=20180811220720> [Pristupljeno: kolovoz, 2019.]
- [43] NFC Forum. Preuzeto sa: <https://nfc-forum.org/what-is-nfc/about-the-technology/>
[Pristupljeno: kolovoz, 2019.]
- [44] Naser Hossein Motlagh, Near field communication (NFC), A technical overview. 2012.
- [45] Mobile Payments: What is NFC Card Emulation Mode? Preuzeto sa:
<http://www.gmarwaha.com/blog/2014/08/07/mobile-payments-what-is-nfc-card-emulation-mode/> [Pristupljeno: kolovoz, 2019.]
- [46] Barcode. Preuzeto sa: <https://www.computerhope.com/jargon/b/barcode.htm>
[Pristupljeno: kolovoz, 2019.]
- [47] Barcodes and the Internet of Things. Preuzeto sa:
<http://www.waspbarcode.com/buzz/barcodes-internet-things/> [Pristupljeno: kolovoz, 2019.]
- [48] Jednodimenzionalni i dvodimenzionalni kodovi. Preuzeto sa:
<http://www.csolsinc.com/wp-content/uploads/2018/02/1.png> [Pristupljeno: kolovoz, 2019.]

- [49] What exactly is a QR-code? Preuzeto sa: <https://www.docware.com/news/qr-codes-in-iot.html> [Pristupljeno: kolovoz, 2019.]
- [50] Cloud Computing – Types of Cloud. Preuzeto sa: <https://www.esds.co.in/blog/cloud-computing-types-cloud/#sthash.PJQBs2Gs.dpbs> [Pristupljeno: kolovoz, 2019.]
- [51] Cloud Computing. Preuzeto sa: <http://www.mazikglobal.com/blog/cloud-computing-stack-saas-paas-iaas/> [Pristupljeno: kolovoz, 2019.]
- [52] F. Bonomi, R. Milito, J. Zhu, S. Addepalli. Fog computing and its role in the internet of things. Proceedings of the first edition of the MCC workshop on Mobile cloud computing.2012; 13-15
- [53] M. I. Naas, P. R. Parvedy, J. Boukhobza, L. Lemarchand. iFogStor: An IoT Data Placement Strategy for Fog Infrastructure, in 2017 IEEE 1st International Conference on Fog and Edge Computing (ICFEC), 2017; 97–104
- [54] Cloud nadzor vozila. Preuzeto sa: <https://www.hrvatskitelekom.hr/poslovnict/cloud/nadzor-vozila> [Pristupljeno: kolovoz, 2019.]
- [55] IoT usluge Hrvatskog Telekoma. Preuzeto sa: <https://www.hrvatskitelekom.hr/poslovnict/m2m-internet-of-things> [Pristupljeno: kolovoz, 2019.]
- [56]Evidencija odvoza komunalnog otpada. Preuzeto sa: <https://www.hrvatskitelekom.hr/poslovnict/evidencija-odvoza-komunalnog-otpada> [Pristupljeno: kolovoz, 2019.]
- [57] Smart Parking. Preuzeto sa: <https://www.slideshare.net/Hrvatski-Telekom/smart-parking-sustav-za-pametno-parking> [Pristupljeno: kolovoz, 2019.]
- [58] Narodne Novine (1992) Zakon o informacijskoj sigurnosti: Narodne novine d.d. 79/07, 2007
- [59] OpenIoT Consortium: GalwayPrivacy and Security Framework. 2013.

[60] Narodne Novine (1992) Zakon o tajnosti podataka: Narodne novine d.d. 79/07, 86/12, 2007

[61] Načela sigurnosti informacijsko-komunikacijskih sustava. Preuzeto sa:
<https://www.ibm.com/blogs/cloud-computing/wp-content/uploads/2018/01/TRIAD.png>
[Pristupljeno: kolovoz, 2019.]

[62] I. Cvitić. Sigurnost i zaštita informacijsko-komunikacijskih sustava, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, nastavni materijali, 2015.

[63] T. Borgohain, U. Kumar, S. Sanyal. Survey of Security and Privacy Issues of Internet of Things. 2015.

POPIS KRATICA

CCK	-	Complementary Code Keying
CRM	-	Customer Relationship Management
DoS	-	Denial of Service
ENIAC	-	Electronic Numerical Integrator And Calculator
ERP	-	Enterprise Resource Planing
GFSK	-	Gaussian Frequency Shift Keying
GPS	-	Global Positioning System
GSM	-	Global System for Mobile Communications
HF	-	High Frequency
HRMS	-	Human Resources Management System
IaaS	-	Infrastructure as a Service
IoT	-	Internet of Things
ISM	-	Industrial, Scientific and Medical
LAN	-	Local Area Network
LF	-	Low Frequency
LTE	-	Long Term Evolution
M2H	-	Machine to Human
M2M	-	Machine to Machine

MIMO	-	Multiple-input multiple-output
MSI	-	Management information systems
NFC	-	Near Field Communication
OFDM	-	Orthogonal frequency-division multiplexing
OFMDA	-	Orthogonal frequency-division multiple access
PaaS	-	Platform as a Service
PAN	-	Personal Area Network
PSTN	-	Public Switched Telephone Network
RFID	-	Radio-Frequency Identification
RS-232	-	Recommended Standard 232
SaaS	-	Software as a Service
SC-FDMA	-	Single-carrier FDMA
SIG	-	Special Interest Group
<i>TDD</i>	-	Time Division Duplex
TDMA	-	Time Division Multiple Access
UHF	-	Ultra High Frequency
UMTS	-	Universal Mobile Telecommunications System
<i>WCDMA</i>	-	Wideband Code Division Multiple Access
Wi-Fi	-	Wireless Fidelity
NB IoT	-	NarrowBand Internet of Things

POPIS SLIKA

Slika 1. Piramidalni koncept arhitekture informacijskog sustava, [8]	7
Slika 2. IoT referentni model, [20]	14
Slika 3. Povezivanje uređaja Bluetooth tehnologijom, [24]	17
Slika 4. Princip rada NFC uređaja i oznake, [43]	25
Slika 5. Jednodimenzionalni i dvodimenzionalni kodovi, [48]	26
Slika 6. Modeli usluga u Cloud Computing okruženju, [51].....	28
Slika 7. Primjer korištenja Fog Computing-a,[53].....	29
Slika 8. Smart Waste senzor, [56].....	34
Slika 9. Načela sigurnosti informacijsko-komunikacijskih sustava, [61].....	39

POPIS TABLICA

Tablica 1. Naraštaji razvoja informacijsko-komunikacijskih sustava	4
Tablica 2. Doseg Bluetooth tehnologije.....	18
Tablica 3. Komparacija bežičnih tehnologija	20
Tablica 4. Usporedba RFID frekvencijskih pojaseva	23



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 usluga mrežnih operatora temeljenih na IoT konceptu

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

U Zagrebu, _____ 6.9.2019 _____

Student/ica:

(potpis)