Mrežna infrastruktura u konceptu IoT

Radišić, Boris

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

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:119:325918

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

Boris Radišić

MREŽNA INFRASTRUKTURA U KONCEPTU IoT

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2016.

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

MREŽNA INFRASTRUKTURA U KONCEPTU IoT

NETWORK INFRASTRUCTURE IN THE CONCEPT OF IoT

Mentor: doc. dr. sc. Ivan Grgurević

Student: Boris Radišić 0135227837

Datum obrane: 13. rujna 2016.

Zagreb, rujan 2016.

MREŽNA INFRASTRUKTURA U KONCEPTU IoT

SAŽETAK:

Koncept *Internet of Things* postoji već dulji period, no tek je u zadnjih nekoliko godina došlo do porasta razvoja i primjene ove tehnologije. Razlog tome je napredak komunikacijske tehnologije, te sve veći broj terminalnih uređaja oko nas. U radu je prikazan i objašnjen cjelokupan koncept IoT-a, odnosno prikazan je pregled računalne mrežne infrastrukture, navedene su mogućnosti primjene i razvoj samog koncepta IoT. Opisane su tehnologije i informacijsko - komunikacijska infrastruktura za potrebe razvoja koncepta IoT, te mobilne mreže i protokoli. Istraživanjem su utvrđene mogućnosti primjene koncepta IoT, te je opisana problematika i sigurnosna infrastruktura.

KLJUČNE RIJEČI: Koncept Internet stvari (IoT); informacijsko - komunikacijska infrastruktura; računalna mrežna infrastruktura

SUMMERY:

The concept of the Internet of Things has existed for a longer period, but only in the last few years there has been an increase in the development and application of this technology. The reason for this is the progress of communication technology, and the increasing number of terminal devices around us. The paper describes and explains the entire concept of IoT, and gives an overview of computer network infrastructure, listed possibilities of using and development of the concept of IoT. It describes technologies and information - communication infrastructure for the development of the concept of IoT, mobile networks and protocols. Research were determined the possibilities of using the IoT, and describes the problems and security infrastructure.

KEYWORDS: The concept of Internet of Things; information and communication infrastructure; computer networks infrastructure

Sadržaj:

1. UVOD 1

2. PREGLED RAČUNALNE MREŽNE INFRASTRUKTURE I OPREME 3

2.1. Razvoj računalnih mreža 3

2.2. Rad računalne mreže 5

2.3. Arhitektura računalnih mreža 9

2.3.1. Podjela računalne mreže prema elementima 9

2.3.1. Mrežna topologija 10

2.3.2. Računalne mreže prema načinu korištenja 13

2.3.3. Računalne mreže prema vlasništvu i obuhvatnom području 14

2.4. Performanse računalnih mreža 16

3. RAZVOJ KONCEPTA IoT 20

3.1. Budućnost koncepta IoT 23

3.2. IoT i Big Data 24

4. MOGUĆNOST PRIMJENE KONCEPTA IoT 26

4.1. Primjer primjene koncepta IoT u pametnim kućama 26

4.1.1. Elementi pametne kuće 27

4.1.2. Koncepti u pametnoj kući 28

4.1.3. Simulacijski model pametne kuće 29

4.2. Primjena koncepta Internet objekata u tehnologiji prometa i transportu 30

5. SIGURNOSNA ARHITEKTURA ZA IoT MREŽE 33

6. MREŽNE TEHNOLOGIJE U FUNKCIJI KONCEPTA IoT 37

6.1. Semantičke tehnologije 37

6.1.1. Mreža 38

6.1.2. Mrežne tehnologije 38

6.1.3. Skalabilnost IPv6 i IoT-a 38

6.2. Korištene tehnologije 39

6.2.1. RFID 39

6.2.2. NFC 42

7. ANALIZA MREŽNE INFRASTRUKTURE U KONCEPTU IoT 44

7.2. Pristupnik 45

7.3. Servis u oblaku 45

7.4. Korisnička aplikacija 45

7.5. Arhitektura Internet objekata 46

7.5.1. Sloj hardvera 46

7.5.2. Upravljački sloj 47

7.5.3. Aplikacijskog sloja 47
8. ZAKLJUČAK 49
LITERATURA 51
POPIS KRATICA 53
POPIS SLIKA 56

1. UVOD

U konceptu *Internet of Things* (kratica IoT) mnogi predmeti koji nas okružuju će se nalaziti na mreži u različitim oblicima, odnosno IoT povezuje objekte iz okoline u globalnu mrežu temeljenu na protokolu IP. U današnje vrijeme, broj korisnika Interneta kontinuirano se povećava te je život bez Interneta postao nezamisliv. Internet je, između ostaloga, omogućio brži i efikasniji prijenos podataka, povezivanje ljudi te stvaranje novih poslovnih modela. Internet je također, zajedno s razvojem tehnologije poluvodiča i komunikacijskih tehnologija, omogućio povezivanje fizičkih objekata u koje su ugrađeni senzori, programi i mogućnost povezivanja, što se naziva Internet objekata. Radio-frekvencijska identifikacija, odnosno RFID[1] i tehnologije mrežnih senzora omogućit će nam realizaciju ovog sustava, u kojemu će se informacijski i komunikacijski sustavi nalaziti u okolini koja nas okružuje. To rezultira generacijom ogromnih količina podataka koje treba pohraniti, obraditi i prikazati u učinkovitom i shvatljivom obliku. Nakon razvoja pojedinih područja tehničkih znanosti kao npr. tehnologije povezivanja uređaja u pokretu, bežične senzorske mreže, obrada velikih količina podataka, dodavanjem posredničkog programskog sloja ostvaruje se koncept Interneta objekata. Suradnja nekad nezavisnih tehnologija i platformi otvara mogućnost ostvarivanja naprednih usluga bez potrebe za posjedovanjem specijaliziranih znanja o svakoj tehnologiji koja se koristi za ostvarivanje usluge. Primjene usluga u području IoT su raznolike, od korisničkih aplikacija koje će pružati dodanu vrijednost samo korisniku koji ih je definirao do cjelokupnih grana znanosti kojima je omogućeno pojednostavljeno dijeljenje ograničenih resursa. Potvrda da koncept IoT ima sve veći utjecaj na tržištu je vidljiv iz broja povezanih uređaja. Broj uređaja povezanih u IP-baziranu mrežu 2003. godine bio je 500 milijuna, dok je 2010. godine taj broj procijenjen na 12,5 milijardi, čime je broj povezanih uređaja premašio broj stanovnika na Zemlji [1].

Svrha završnog rada obuhvaća pregled razvoja i mogućnosti koncepta *Internet of Things* u okolini, te prikazati i objasniti tehnologije koje omogućavaju stalnu povezanost objekata. Cilj završnog rada je istražiti i objasniti mrežnu infrastrukturu koncepta *Internet of Things*, njegovu problematiku i moguća rješenja sigurnosti.

Završni rad sastoji se od osam poglavlja:

[1] engl. *Radio Frequency Identification*

1. Uvod

2. Pregled računalne mrežne infrastrukture i opreme

3. Razvoj koncepta IoT

4. Mogućnost primjene koncepta IoT

5. Sigurnosna arhitektura za IoT mreže

6. Mrežne tehnologije u funkciji koncepta IoT

7. Analiza mrežne infrastrukture u konceptu IoT

8. Zaključak

Uvodno poglavlje opisuje svrhu i cilj završnog rada te daje kratak sažetak rada po poglavljima. U završnom radu bit će obrađen pregled računalne mrežne infrastrukture i opreme vezane za koncept *Internet of Things* (drugo poglavlje). U trećem poglavlju bit će prikazan dosadašnji razvoj koncepta IoT. Mogućnosti primjene i trenutna primjena koncepta IoT biti će prikazana u četvrtom poglavlju. U petom poglavlju opisana je sigurnosna arhitektura mreže koncepta IoT, a u šestom poglavlju opisane su mrežne i informacijske tehnologije u funkciji koncepta IoT. Kroz sedmo poglavlje prikazana je analiza mrežne infrastrukture u konceptu IoT. Osmo poglavlje čini zaključak, odnosno sažetak svih dosadašnjih saznanja i istraživanja, te osvrt na cjelokupan rad.

Koncept IoT omogućava prikupljanje podataka i upravljanje fizičkim objektima iz daljine korištenjem postojeće mrežne infrastrukture, čime se ostvaruje bolja integracija fizičkog svijeta i računalnih sustava. U konačnici, ovim pristupom ostvaruje se povećana učinkovitost, preciznost i smanjenje troškova. Prednosti korištenja Interneta objekata u području održavanja su očite jer eliminiraju potrebu za fizičkim obilaskom i nadzorom opreme, nego se sve potrebne informacije dobivaju pravovremeno, na mjestu gdje se donose odluke. Ovime se štedi vrijeme i novac, pogotovo u slučaju opreme koja je smještena na geografski širokom području. Također, velika količina podataka prikupljenih s različitih objekata omogućava njihovu obradu metodama rudarenja podataka, čime se omogućava predviđanje ponašanja pojedinih dijelova opreme. Iz gore navedenih razloga te kao i mnoga istraživanja pokazuju da su velika očekivanja od IoT-a u pogledu smanjenja troškova poduzeća ili brži povrat sredstava uloženih u razvoj.

2. PREGLED RAČUNALNE MREŽNE INFRASTRUKTURE I OPREME

Digitalnom revolucijom i sve većom potrebom za razmjenjivanjem velikih količina informacija i podataka između korisnika nastale su komunikacijske mreže. Razvitkom računala, informacije i podaci se generiraju i obrađuju pomoću tih istih računala, odnosno osobnih računala. S obzirom na tu spoznaju komunikacijske mreže možemo nazvati računalnim mrežama. One su postale sastavni dio života u svakom smislu, te su promijenile način učenja, istraživanja, razvoja, proizvodnje, poslovanja odnosno cijelog ljudskog života.

Računalna mreža nastaje povezivanjem dvaju ili više nezavisnih računala jedinstvenom tehnologijom koristeći poseban hardver i softver uz poznavanje načina umrežavanja istih. Prednosti računalnih mreža i razlog korištenja su sljedeći:

- Jednostavna komunikacija između korisnika,
- Brzo i jednostavno razmjenjivanje ogromne količine podataka,
- Dijeljenje resursa,
- Efikasnije poslovanje i
- Brži razvoj svih grana znanosti.

2.1. Razvoj računalnih mreža

Šezdesetih godina prošlog stoljeća početkom razvoja računala javila se ideja i za međusobnim izravnim povezivanja istih kako bi mogla razmjenjivati i dijeliti zajedničke podatke. Prvi značajni uspjeh je postignut kada su ostvarene tehničke mogućnosti prostorno udaljenog instaliranja perifernih jedinica. Terminalno orijentirane računalne mreže su bile prve takve mreže gdje je središnje računalo činilo jezgru mreže koje je na sebe imalo povezane tako zvane glupe terminalne uređaje koji su imali monitor i tipkovnicu i mogli su unositi podatke sa monitora koji su se obrađivali i pohranjivali u *mainframe*-u[2]. Navedeni sustav ekonomski nije bio prihvatljiv, prostorno je bio ograničen i podaci koji su se unosili i slali do središnjeg računala imali su greške u prijenosu i problem raspoznavanja podataka od kojeg računala je generirano jer kontrola grešaka nije bila tako dobro razvijena [1, 2].

[2] *Mainframe* predstavlja engleski naziv za središnje računalo

Razvojem naprednijih osobnih računala nije bio problem povezati nekoliko računala na ograničenom geografskom području nego na veće udaljenosti. Javila se je ideja o iskorištenju telefonske mreže koja je bila već tada jako raširena, no morale su se napraviti brojne tehničke prilagodbe i uvesti brojni elektronički elementi kako bi se omogućio prijenos podataka. Prvi uspjeh je bio ARPANET koji se smatra začetkom današnjeg Interneta, to je bila prva WAN[3] mreža koja je povezivala dva sveučilišta. Jezgra mreže se sastojala od preklopnika[4] na koja su bila minimalno dva spojena računala kako bi se našao alternativi put kroz mrežu u slučaju kvara i kako bi se izbjegla potpuno povezana mreža . Prijenos podataka je bio paketski, podaci su bili podijeljeni u pakete koji su sadržavali adresu odredišta i slali se kroz mrežne preklopnike na principu „spremi i proslijedi“ koji su u sebi imali pohranjene tablice usmjeravanja paketa kroz mrežu. Ubrzo se pojavio problem zagušenja i kontrola toka što se riješilo uvođenjem preklopnika koji su samo prosljeđivali pakete i pametnih preklopnika koji su u sebi imali procesor i memoriju te su usmjeravali pakete prema stanju u mreži [2].

Sve većim napretkom tehnologije računala su postala sve dostupnija i sve jeftinija. Rezultat uvođenja i kupovanja računala je pojava prvih LAN[5] mreža koje su omogućile brže i jednostavnije poslovanje, razmjenu podataka, dijeljenje lokalnih resursa poput printera, servera i mnoge druge prednosti uz pomoć mrežnih uređaja.

Daljnjim razvojem računalne tehnologije počele su se spajati LAN i WAN mreže odnosno sve računalne mreže preko već poznate ideje spajanjem uz mnoge preinake preko globalne telefonske mreže nastao je Internet. Internet svakim danom eksponencijalno raste s brojem priključenih uređaja tako se i svake godine broj prenesenih podataka udvostruči. Život bez Internet je danas više ne može zamisliti jer su ljudi općenito prihvatili virtualni način komuniciranja. Danas više se ne koristi samo telefonska mreža tj. bakrena parica za prijenos podataka nego i druge vrste medija za prijenos kao što je optika ili radiovalovi.

[3] engl. *Wide Area Network*
[4] engl. *Switch* - Preklopnik
[5] engl. *Local Area Network*

2.2. Rad računalne mreže

Internet je globalna javno dostupna podatkovna mreža koja povezuje računala i računalne mreže u jednu mrežu korištenjem raznih medija za prijenos podataka. Prilikom razvijanja računalnih mreža razvijali su se različiti standardi, specifikacije i mrežni uređaji koji su omogućivali komunikaciju između računala na jedinstvenom području. Raznolikost mreža dovela je do poteškoća prilikom proširenja računalnih mreža i komuniciranja s drugima. Da bi se riješio taj problem uvedena su pravila odnosno protokoli po kojima će se obavljati komunikacija. Protokol je skup jednoznačno određenih pravila koja se moraju poštivati svi sudionici prilikom razmjene informacija. Stoga je Međunarodna organizacija za standardizaciju[6] stvorila protokol tj. mrežni model koji omogućuje interoperabilnost računalnih mreža i proizvođačima da proizvode uređaje koji će funkcionirati i komunicirati u svakoj mreži te je tako nastao ISO OSI referentni model.

OSI referentni model[7] mrežni komunikacijski sustav razlaže na slojeve i točno definira radnje/funkcije koje se zbivaju na svakom od tih slojevima mreže. Razlikuju sa niži i viši slojevi mreže, niži slojevi odnose se na mrežne funkcije dok viši su aplikacijsko orijentirani. Svaki sloj ima definirano sučelje u odnosu na sloj ispod i iznad i rad se obavlja prema definiranom protokolu razmjenom poruka koje sadrže korisničke podatke i upravljačke informacije između odgovarajućih slojeva i udaljenih sustava.

OSI referentni model definira sedam protokolskih razina, od najvišeg sloja primjene ili aplikacije do najnižeg fizičkog sloja. Slojevi OSI referentnog modela su:

1. Aplikacijski sloj (engl. *Application layer*),
2. Prezentacijski sloj (engl. *Presentation lay*er),
3. Sloj sesije (engl. *Session layer*),
4. Prijenosni sloj (engl. *Transport layer*),
5. Mrežni sloj (engl. *Network layer*),
6. Podatkovni sloj (engl. *Data Link layer*) i
7. Fizički sloj (engl. *Physical lay*er) [3, 4].

[6] engl. ISO *International Organization for Standardization*
[7] engl. *Open System Interconnection – Reference Model*

Aplikacijski sloj pruža mrežne usluge aplikacijama/programima i upućuje zahtjev za uslugama prezentacijskog sloja. Ovaj sloj pruža usluge aplikacijama, a ne krajnjem korisniku. Na primjer ovaj sloj definira FTP[8] protokol, ali krajnji korisnik mora pozvati i izvršiti aplikaciju da bi se izveo prijenos podataka. OSI model ne opisuje sučelja prema korisniku [3,4].

Prezentacijski sloj se brine o tome da informacija koju pošalje aplikacijski sloj jednog sustava bude čitljiva od strane aplikacijskog sloja drugog sustava. Ukoliko je to potrebno, prezentacijski sloj prevodi između višestrukih podatkovnih formata, koristeći zajednički format. Česti grafički standardi prezentacijskog sloja su npr. PICT, TIFF, JPEG ili primjer za zvuk i filmove su npr. MIDI, MPEG i sl. [3,4]

Sesijski sloj uspostavlja, upravlja i prekida vezu između dva računala koja međusobno komuniciraju. Usluge sesijskog sloja se dostavljaju prezentacijskom sloju. Dodatna zadaća ovog sloja je sinkronizacija dijaloga između prezentacijskih slojeva dvaju računala i upravljanje razmjenom podataka između njih. Osim upravljanja kontrolom veze, sjednički sloj nudi osiguranje efikasnog prijenosa podataka, kvalitetu usluge i obavještavanje o problemima unutar sesijskog sloja, prezentacijskog i aplikacijskog sloja. Primjeri protokola unutar sesijskog sloja su:

- NFS[9] - NFS je protokol mrežnog sustava koji dopušta korisniku na klijentskom računalu da pristupa datotekama putem mreže na način sličan pristupu datotekama pohranjenim na lokalnom računalu. NFS se temelji na sustavu ONC RPC[10] odnosno na metodologiji udaljenog poziva procedure te je kao i svi drugi protokoli otvoren standard.
- SQL [11]- je najpopularniji računalni jezik za izradu, traženje, ažuriranje i brisanje podataka iz relacijskih baza podataka. SQL je standardiziran preko standarda ANSI i ISO.
- ASP[12] – AppleTalk je protokol koji je razvijen od tvrtke Apple Computer svrha mu je da omogući korisnicima da dijele resurse, kao što su datoteke i printeri. Uređaji koji pružaju te resurse zovu se serveri dok uređaji koji koriste te resurse zovu se klijenti nešto poput NFS-a. [3,4]

[8] engl. *File Transfer Protocol*
[9] engl. *Network File System*
[10] engl. *Open Network Computing Remote Procedure Call*
[11] engl. *Structured Query Language*
[12] engl. *AppleTalk* sjednički protokol

Prijenosni sloj segmentira podatke koji dolaze od strane pošiljatelja i ponovno ih spaja u cjeloviti tok podataka na strani primatelja. Granica između prijenosnog i sesijskog sloja mogla bi se predočiti kao i razlika između aplikacijskih protokola i protokola za prijenos podataka. S jedne strane, dok se aplikacijski, prezentacijski i sjednički sloj bave problematikom samih aplikacija, zadnja četiri sloja bave se problematikom prijenosa podataka.

Prijenosni sloj pokušava osigurati uslugu prijenosa podataka koja štiti gornje slojeve od detalja implementacije samog prijenosa podataka. Npr. pouzdanost prijenosa podataka između dva računala je upravo briga prijenosnog sloja. Pružajući komunikacijske usluge, prijenosni sloj ostvaruje, održava i pravilno prekida virtualne krugove. Detekcija grešaka prilikom prijenosa, kao i otklanjanje tih grešaka, kontrola protoka informacija koristi se kako bi se ostvarila pouzdana usluga. Najpoznatiji primjeri protokola prijenosnog sloja su:

- TCP[13] - Protokol za nadzor prijenosa je konekcijski orijentirani protokol na mreži koja se bazira na IP[14]. TCP protokol uspostavlja logičku vezu između procesa u mreži i obavlja sljedeće funkcije:
    1. Osnovni prijenos podataka,
    2. Adresiranje i multipleksiranje,
    3. Ovisnost jedinica podataka,
    4. Kontrola toka,
    5. Kontrola veze i
    6. Prioritet i sigurnost.

- UDP[15] - Protokol korisničkih datagrama je nekonekcijski protokol u mreži koja se bazira na IP. Za razliku od TCP protokola, UDP ne omogućava pouzdan prijenos paketa. Mehanizmi za pouzdanost su izgrađeni na slojevima iznad UDP protokola. Paketi nisu numerirani, a zaštitna suma nije obavezna tako da se prilikom prijenosa ne provjerava ispravnost sadržaja paketa. Ako se paket iz nekog razloga odbaci, ne javlja se poruka o grešci. UDP je pogodan za prijenos podataka koji zahtijevaju prijenos u stvarnom vremenu [3, 4].

[13] engl. *Transmission Control Protocol*
[14] engl. *Internet Protocol*
[15] engl. *User Datagram Protocol*

Mrežni sloj određuje najbolji put za prijenos podataka odnosno paketa kroz mrežu između dva računala i osigurava da taj paket sigurno stigne. Sloj upravlja adresiranjem paketa te prevodi logičkih adresa kao što je IP u fizičke adrese kao što je MAC[16]. Ukoliko je potrebno mrežni sloj može dodatno segmentirati pakete u manje ako to zahtjeva raspoloživi prijenosni kapacitet. Protokoli ovog sloja su IP i IPX[17].

Internet protokol IP je standardni internetski protokol, čije su osnovne funkcije adresiranje i usmjeravanje ,tj. prijenos datagrama kroz mrežu. IP je jednostavni mrežni protokol koji se prilagođava različitim izvedbama prijenosne mreže. IP osigurava prijenos jedinica podataka, datagrama između računala i usmjeritelja, kao i između usmjeritelja. Izvor i odredište su označeni adresom fiksne duljine od 32 bita. Ako je veličina podataka koji dolaze iz transportnog sloja veća od maksimalne veličine, IP provodi fragmentiranje i ponovno sklapanje podataka. IP ne sadrži funkcije za kontrolu toka, održavanje slijeda informacijskih jedinica i ponovni prijenos, koje bi povećale pouzdanost prijenosa, već su one prepuštene višim slojevima. IP se isključivo brine o isporuci datagrama, to jest da svaki datagram stigne na odredište [4, 5].

Podatkovni sloj omogućava pouzdan prijenos podataka preko fizičkog linka tj. prijenosnog medija. Upravo zbog toga, podatkovni sloj se bavi pitanjima fizičkog adresiranja, mrežne topologije, mrežnog pristupa, obavještavanju o greškama, uređene dostave okvira i kontrole protoka. Zadužen je još da podatke prenese do fizičkog sloja, a podatke koje sadržava su:

- Oznaka odredišta koja je najčešće izvedena kao MAC adresa – fizička adresa mrežne kartice,
- Oznaka pošiljatelja, najčešće isto MAC adresa pošiljatelja i
- Upravljačke informacije – informacije o tipu okvira, usmjeravanju te informacije vezane za segmentaciju.

MAC adresa je broj koji označava neku mrežnu karticu, sadržana u svim mrežnim karticama i svim ugrađenim mrežnim adapterima u mrežnim uređajima (*router, switch*). Zapisana je unutar *hardwarea* mrežnih kartica točnije unutar ROM-a[18] oblik memorije dostupan samo za čitanje, obično čip na kartici. Sastoji se od 48 bitova (6 okteta) koji se

[16] engl. *Media Access Control*
[17] engl. *Internetwork Packet Exchange*
[18] engl. *Read Only Memory*

zapisuje u obliku 12 heksadecimalnih znamenki na više različitih načina grupiranja i odvajanja znamenki.

Na ovom sloju obavlja se kontrola greške, odnosno osiguranje detekcije i korekcije greške te se provjerava integritet prispjelog paketa na odredištu [3,4].

Fizički sloj definira električne, mehaničke, proceduralne i funkcionalne specifikacije za aktivaciju, održavanje i deaktivaciju fizičkog linka tj. prijenosnog medija između krajnjih sustava. Takve karakteristike, poput voltaže, vremena promjene voltaže, maksimalne udaljenosti za prijenos podataka, konektori i sl. su definirane sa specifikacijama fizičkog sloja [4,5].

2.3. Arhitektura računalnih mreža

Danas u svijetu postoje više vrsta mreže i svaka mreža tako i računalna ima svoju arhitekturu. Arhitekturu računalne mreže možemo podijeliti prema:

- elementima,
- topologiji,
- načinu korištenja usluge i
- vlasništvu i obuhvatu područja [1].

2.3.1. Podjela računalne mreže prema elementima

Računalna mreža može se sastojati od raznih mrežnih elemenata. Glavna računalna mreža dijeli se na:

- mreže terminala – osiguravaju vezu centralnog računala i njegovih terminala (vezan za tzv. velika računala). Sva obrada se obavlja na računalu, a terminal služi za interakciju s operaterom.
- mreže računala – čvorovi mreže su računala koja primaju poruke, usmjeravaju ih na odredište, skupljaju i izdaju podatke o stanju i uporabi mreži. Svako računalo uz sebe može imati mrežu računala.

Razlika između mreža računala i terminala s vremenom postaje sve manja zbog toga što osobna računala postaju sve moćnija tako preuzimaju sve funkcije terminala [1].

2.3.1. Mrežna topologija

Računalne mreže su sastavljene od različitih mrežnih topologija. Sastavne dijelove i način rada mreže može se utvrditi prema vrsti mrežne topologije od koje je mreža sastavljena. Primjenom mrežnih topologija možemo računalne mreže rastaviti na jednostavnije dijelove i napraviti raspored mrežnih elemenata i veze između njih. Isto tako možemo opisati način pristupa tih manjih dijelova cijeloj mreži. Najčešća podjela mrežne topologije se odnosi na fizičku topologiju i logičku topologiju.

Logička mrežna topologija prikazuje tlocrt putanje podataka koji putuju između čvorova na mreži. Logičke topologije su najčešće povezane sa načinom na koji se pristupa mediju za slanje podataka. One se oslanjaju na primjenu unutar komunikacijskih protokola, a ne na sami fizički tlocrt mreže.

Fizička topologija opisuje raspored i veze između pojedinih čvorova mreže kao što su računala, servera i drugih mrežnih uređaja. Fizička mrežna topologija zapravo prikazuje tlocrt fizičkog rasporeda čvorova u mreži i njihove povezanosti. Imamo više različitih fizičkih mrežnih topologija:

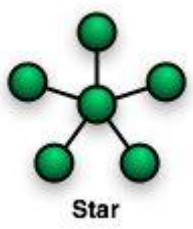
Od točke do točke mrežna topologija koja ima dva čvora koja su međusobno direktno povezana linkom preko kojeg komuniciraju. Ta veza može biti dupla odnosno sadržati dva linka u slučaju da jednom linku pukne veza komunikacija se nastavlja na drugom pomoćnom linku.



Slika 1. Od točke do točke mrežna topologija [6]

Veza između čvorova može biti stalna ili dinamička koja može biti paketski orijentirana ili konekcijski orijentirana. Konekcijski orijentirana je veza kod koje se uspostavlja komunikacijski kanal prije nego što može krenuti razmjena podataka primjer takve veze je telefonski poziv. Paketski orijentirana je veza kod koje se dijelovi podataka pakirani u pakete usmjeravaju preko dijeljenih veza između dva čvora koji komuniciraju primjer je komunikacija dvaju računala. Za povezivanje se može koristiti bilo koji od transmisijskih medija [5].

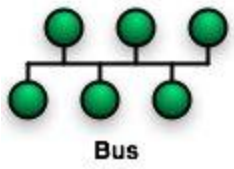
Zvjezdasta mrežna topologija koja je najčešća u lokalnim mrežama. Sastoji od središnjeg čvora na kojega su linkovima direktno spojeni ostali čvorovi na mreži. Ulogu središnjeg čvora imaju najčešće preklopnici.



Slika 2. Zvjezdasta mrežna topologija [5]

Čvorovi međusobno komuniciraju šaljući podatke kroz preklopnik i tako mogu komunicirati svi čvorovi. Ako centralni čvor prestane raditi, cijela mreža ne radi. Prekid rada bilo kojeg drugog čvora na mreži, osim centralnog, ne utječe na komunikaciju ostalih čvorova u tom mrežnom segmentu. Ova topologija je najčešći oblik povezivanja unutar lokalnih mreža. Kao medij za povezivanje se koriste različiti tipovi UTP kabela [5].

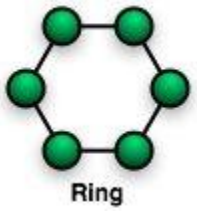
Sabirnička mrežna topologija se sastoji od centralne sabirnice na koji su spojeni čvorovi koji komuniciraju preko istog. Sabirnica ima dva kraja na čijim krajevima moraju biti terminali da bi se onemogućila refleksija ili odbijanje signala i time smanjile smetnje na mediju.



Slika 3. Sabirnička mrežna topologija[5]

Svi podaci u razmjeni se šalju preko centralne sabirnice i taj promet dobivaju svi ostali čvorovi koji su spojeni na taj isti link. Prekid na linku dovodi do prestanka u komunikaciji između svih čvorova. Medij se najčešće koristi je koaksijalni ili UTP kabel .[5]

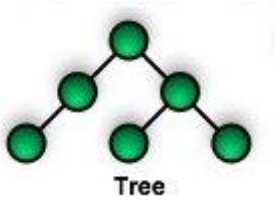
Prstenasta topologija se sastoji od najmanje tri čvorova koji su povezani sa dva susjedna čvora tako povezani čvorovi tvore fizički oblik prstena.



Slika 4. Prstenasta mrežna topologija [5]

Komuniciranje se odvija u krug najčešće u jednom smjeru i ako dođe do prekida veze na jednom linku prestaje komunikacija u mreži. Postoji i dvostruka prstenasta topologija koja ima dvije veze između svaka dva čvora. Obično se koristi samo jedna veza, dok drugi služi kao osiguranje u slučaju kvara na prvoj vezi. Kao medij se koriste različiti oblici bakrenih i optičkih vodiča [5].

Stablasta topologija je raspoređena prema hijerarhiji. Sastoji od najvišeg centralnog čvora i na njega spojenih čvorovi koji se nalaze na nižem sloju od njega. Čvorovi nižeg sloja opet mogu imati na sebe spojene čvorove još nižeg sloja. Ovu mrežu odlikuje od točke do točke veza jer se čvorovi povezuju u piramidu prema vrhu.



Slika 5. Stablasta mrežna topologija [5]

Da bi se prikazale prednosti stablaste topologije potrebno je imati minimalno tri sloja čvorova. Ukupan broj točka do točka veza između čvorova će biti za jedan manji od broja čvorova. Kao medij se koriste različiti oblici bakrenih i optičkih vodiča [5].

Isprepletena topologija se sastoji od čvorova koji imaju direktne veze sa svakim čvorom u toj mreži.



Slika 6. Isprepletena mrežna topologija [5]

Potpuna isprepletena topologija je preskupa i presložena za primjenu tako da se koristi samo na mjestima gdje je to krajnje nužno i gdje nema veliki broj čvorova koje je potrebno povezati [5].

2.3.2. Računalne mreže prema načinu korištenja

Računalne mreže se mogu konfigurirati na razne načine ovisno o kojoj se topologiji pa mogu biti tri vrste mreža s obzirom na način korištenja:

1. Mreža korisnik-poslužitelj[19] ,
2. Mreže s ravnopravnim sudionici[20] i
3. Mreže s distribuiranom obradom [1]

Mreže korisnik-poslužitelj se sastoji od poslužitelja kojemu je uloga opsluživanje korisnika podacima i uslugama i korisnika to su zapravo računala koja se po potrebi priključuju na poslužitelje i crpe od njih podatke i usluge. Takve mreže su često u zvjezdastoj topologiji ili stablastoj ali tada nisu spojene direktno na koncetrator ili usmjernik koji ne nalazi u središtu mreže i korisnike spaja sa poslužiteljem.

Mreže s ravnopravnim sudionicima se sastoji od sudionika koji dijele dio svojih resursa kao što su primjerice tvrdi disk ili memorija koje je moguće iskoristiti međusobnim povezivanjem. Ti su mrežni resursi dostupni drugim sudionicima mreže bez potrebe za središnjim upravljačkim jedinicama kao što su poslužitelji ili domaćini. Sudionici mreže su ravnopravni, tj. svi sudionici posjeduju jednaka prava uzimanja i davanja resursa. Ovakva mreža ima potpuno povezanu topologiju što u ekonomskom smislu nije prihvatljivo ako je računalna mreža velika.

[19] engl. *Client-server Network*
[20] engl. *Peer-to-peer Network*

Mreže s distribuiranom obradom razvijaju se umjesto velikih centralnih računala, mogu biti dio mreže korisnik-server ili mreže s ravnopravnim sudionicima. Svaki korisnik može služiti kao server ili grupa korisnika odnosno računala. Topologija ovakvih mreža najčešće je kombinacija sabirničke i zvjezdaste topologije.

2.3.3. Računalne mreže prema vlasništvu i području obuhvata

Promatraju li se računalne mreže s obzirom na način tko ih koristi i u kakve svrhe se koriste možemo ih podijeliti na:

- privatne mreže – vlasnik, odnosno korisnik samostalno upravlja mrežom prema vlastitim potrebama, tj. elementi mreže su u najmu ili vlasništvu pravne osobe, koja ujedno upravlja tom mrežom
- javne mreže – vlasnik na komercijalnoj osnovi pruža uslugu prijenosa podataka drugima, upravlja mrežom kako bi optimalno iskoristio instalirane kapacitete, pruža maksimalnu kakvoću usluge [1].

Promatramo li pak računalne mreže po području koje obuhvaćaju možemo ih podijeliti na sljedeće:

- PAN - *Personal Area Network,*
- LAN - *Local Area Network,*
- MAN - *Metropolitan Area Networks,*
- WAN - *Wide Area Network* i
- INTERNET.

Personal Area Network **(PAN)** - mreža za povezivanje terminalnih uređaja poput računala sa svojim perifernim jedinicama poput monitora, tipkovnice, printera, skenera i drugih u radni djelokrug osobe i oni su najčešće povezani kablom. Danas za povezivanje osnovnih perifernih jedinica koristi se i *Bluetooth* tehnologija. Drugi slučaj PAN mreže je povezivanje pametnih telefona ili tableta sa njihovim perifernim uređajima kao što su slušalice, prijenosni zvučnik i sl. ili razmjena podataka ili multimedijskog sadržaja sve to putem *Bluetooth* ili IR tehnologije koja više nije u tolikoj primjeni. PAN mreža prostire se

najviše unutar nekoliko metara zbog dosega tehnologija poput *Bluetooth-a* ili IR odnosno spajanje perifernih uređaja kablom [7].

Local Area Network **(LAN)** - računalna mreža u kojoj su povezana računala smještena na manjim udaljenostima unutar kuće, ureda, tvornica ili blisko smještenih zgrada. Značajka lokalnih mreža je da su one najčešće u cijelosti u vlasništvu i pod upravljanjem onih koji ih koriste npr. osobno, vlasništvo tvrtke ili institucije, tako da je prijenos podataka putem njih za korisnike besplatan. Lokalna mreža LAN koristi žicu kao sredstvo povezivana najčešće bakrene parice ali i optički kabel. Značajno je i da su moguće jako velike brzine prijenosa podataka od 100Mbps do 1 Gbps, a optikom i do 10 Gbps (Mega/Giga bit per second).

Wireless LAN (WLAN) ili bežični LAN je jedna vrsta lokalne mreže koja je u današnje vrijeme vrlo zastupljena pogotovo u obiteljskom kućama, uredima koji su smješteni u starim zgradama, kafićima i općenito na mjestima gdje je teško napraviti infrastrukturu za pristup Internetu. Standard za bežičnu mrežu je IEEE 802.11 poznat kao Wi-Fi, zadnja verzija navedenog standarda je 802.11.n koja podržava brzine prijenosa do 450Mbps. Kućna WLAN mreža će biti obrađena u ovom radu [6].

Metropolitan Area Networks **(MAN)** - mreža u kojoj su računala smještena na nešto većim udaljenostima od onih u lokalnim mrežama. Najčešće pokriva područje jednog dijela ili cijelog grada. Mogu biti u vlasništvu neke organizacije ili više njih. Prve takve MAN mreže su bile kabelske televizijske mreže kojima se emitirao program preko antena koje su bile postavljene na vrhove brjegova te su se korisnici dobivali signale od njih i to je bila komunikacija u jednom smjeru.

Kasnije razvio se brzi bežični pristup Internetu na velikom području koji je standardiziran kao IEEE 802.16 popularno poznat kao WiMAX[21]. WiMAX je širokopojasna bežična mreža vrlo sličan WiFi-ju uz jednu ključnu razliku, ima mnogo veći domet koji može ići 15-30km pa čak i do 50km. WiMAX tehnologija se primjenjuje tamo gdje je neisplativa ili komplicirana gradnja žičane infrastrukture. Navedena tehnologija omogućuje brzinu prijenosa podataka do 70Mbps [7].

Wide Area Network **(WAN)** - mreža koja se proteže preko granica grada, države ili kontinenta. Za povezivanje se koriste usmjerivači (*routeri*) i javne komunikacijske veze.

[21] engl. W*orldwide interoperability for Microwave Access*

Značajka WAN mreža je da nisu u vlasništvu osoba ili organizacija koje ih koriste i prijenos podataka preko njih je ograničen prema brzini, količini i cijeni. Potrebno je platiti za korištenje komunikacijskih veza. U odnosu na lokalne mreže brzine su dosta ograničene. Najpoznatija WAN mreža je javna komutirana telefonska mreža koja je poznatija kao PSTN[22] koja je u prvom redu bila namijenjena za prijenos govora. Kasnije kako je navedena mreža bila raširena počela se koristiti za prijenos informacija i spajanjem takvih mreža preraslo je u nešto što danas zovemo Internet [6].

2.4. Performanse računalnih mreža

Na performanse računalnih mreža utječu brojni parametri, a kako bi performanse bile što bolje uvodi se upravljanje performansama.

Upravljanje performansama predstavlja sposobnost računalne mreže ili dijela mreže da osigura i pruži funkcije za komuniciranje između korisnika. Osnovni cilj je nadzirati i procijeniti ponašanje i efektivnost mreže te kvalitetu servisa koji se nude korisnicima kako bi se mogle poduzeti preventivne i korekcijske mjere. U upravljanje performansama uključujemo:

- nadgledanje performansi (generalni model, sumiranje podataka te prezentacija i pohranjivanje podataka),
- analiza performansi (metode za izračun osnovnih pokazatelja performansi: gomilanje, kašnjenje, GoS, itd.) i
- kontrola performansi (kontrola protoka podataka i administriranje sustava upravljanja performansama).

Analiza performansi predstavlja analizu prikupljenih podataka u cilju procjene odstupanja postojećih od željenih performansi za postojeće i nove računalne mreže. Da bi se analiza performansi mogla napraviti najprije je potrebno izmjeriti performanse. Neke od najvažnijih performansi koje se moraju mjeriti su:

1. Propusnost (engl. *throughput*),
2. Kašnjenje (engl. *delay*),

[22] eng. *Public Switched Telephone Network*

3. Kapacitet (engl. *capacity*),
4. Varijacija kašnjenja ili *jitter*,
5. Gubitak paketa (engl. *packet loss*) i
6. Duljina reda (engl. *queue length*).

Propusnost - ili kako se još naziva propusna sposobnost ili efektivni kapacitet. Taj parametar izražava efektivnu brzinu prijenosa podataka izraženu brojem prenesenih bita u sekundi. Ta veličina je manja od kapaciteta kanala izraženog brojem bita u sekundi. Određene aplikacije zahtijevaju različite propusnosti, a nedovoljna propusnost utječe na povećanje kašnjenja u prijenosu.

Kašnjenje - označuje vrijeme potrebno da se paket prenese od izvorišta do odredišta. Osnovna mjerna jedinica je sekunda, ali premda sekunda označava preveliko kašnjenje u praksi se najčešće koristi *ms* – mili sekunda. Brojni čimbenici utječu na veličinu kašnjenja, a oni su:

- kašnjenje zbog kodiranja i dekodiranja,
- kašnjenje zbog komprimiranja i dekomprimiranja,
- kašnjenje zbog paketizacije i depaketizacije,
- kašnjenje zbog prijenosa na linku,
- kašnjenje zbog propagacije,
- kašnjenje zbog usmjeravanja u čvorovima i
- kašnjenje zbog čekanja u međuspremnicima rutera.

Neke komponente kašnjenja su fiksne, dok su druge varijabilne. Fiksne komponente kašnjenja su propagacija, procesiranje i serilizacija, dok su varijabilne komponente kašnjenja, kašnjenje zbog čekanja u redovima i kašnjenje zbog veličine paketa [7].

Komponente koje se odnose na kašnjenja u mreži teško se mogu predvidjeti jer ovise o trenutačnom opterećenju čvorova kao i o performansama mrežnih elemenata. Na varijabilnost određenih komponenata utječu različito vrijeme čekanja u čvorovima mreže i duljina paketa koja je različita za pojedine aplikacije, a i iste aplikacije mogu imati različite duljine paketa.

Varijacija kašnjenja ili *jitter* tipično se definira kao razlika u kašnjenju između susjednih paketa iste sesije. Potrebno je razlikovanje pojam *jitter* od pojma varijacije kašnjenja.

Pod pojmom varijacije razumijeva se mjera koja govori o tome kolika varijacija je uočena u promatranom vremenskom razdoblju, za razliku od *jitter*-a koji mjeri varijacije kašnjenja između uzastopnih paketa jedne sesije.

Mjere *jitter - a* će ovisiti o frekvenciji kojom se paketi šalju i fokusiraju se isključivo na kratkoročne efekte. Nasuprot tomu, varijacije kašnjenja su neosjetljive na frekvenciju paketa i mjere kratkoročne i dugoročne varijacije. Zbog toga se varijacija kašnjenja čini boljim izborom.

Gubitak paketa - nastaje onda kada dođe do prepunjivanja spremnika u čvorovima paketne mreže odnosno routerima, kao posljedica čekanja paketa u redovima za usmjeravanje, odnosno rutiranje. Međutim, za neke aplikacije, ako paket kasni prekomjerno, to je isto kao da je izgubljen. Zbog toga treba proširiti definiciju gubljenja, tako da se uključi prekomjerno kašnjenje paketa.

Gubitak paketa stvara probleme kod stvarno vremenskih aplikacija, dok kod aplikacija prijenosa podataka koji se ne odvija u stvarnom vremenu nije važan čimbenik jer se izgubljeni paket šalje ponovo. Kod stvarno vremenskih aplikacija ponovno slanje paketa ne bi imalo smisla jer zakašnjela informacija nema nikakvu vrijednost. Utjecaj gubitka paketa na stvarno vremenske aplikacije ovisi o četiri čimbenika:

- Učestalost ili postotak izgubljenih paketa,
- Uzorak gubljenja paketa, je li slučajan ili se paketi gube u snopovima,
- Duljina paketa, veći paketi sadrže više informacije i
- Strategija prikrivanja gubitka paketa.

Duljina reda – označava potrebnu veličina spremnika[23] kojeg koriste redovi i to je parametar koji se može konfigurirati. Što je on manji to su i čekanja manja ali premali međuspremnici mogu uzrokovati povećane gubitke paketa. Ako se redovi koji se koriste za govorni promet ne poslužuju dovoljno brzo i ako se dozvoli redu da jako naraste, rezultat je veće kašnjenje, odnosno na kašnjenje utječe i disciplina posluživanja.

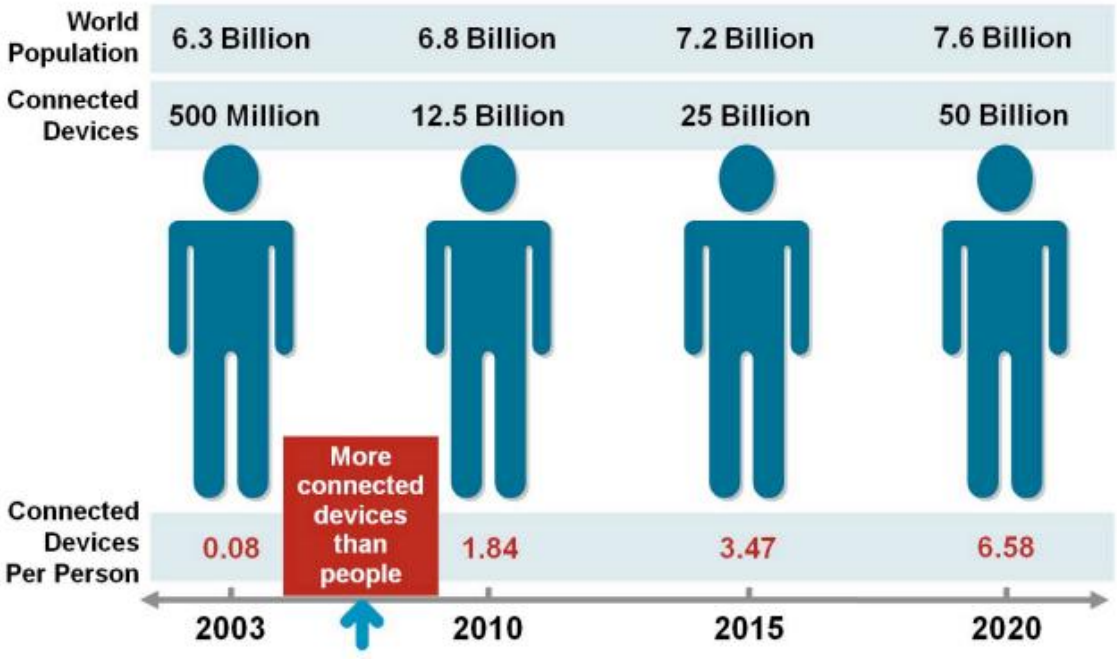
Osim opisanih performansi treba spomenuti i druge mjere poput vremena odaziva, opterećenje procesora zauzetost memorije. Naime navedene mjere važne su za funkcioniranje mrežnih komponenti u računalnoj mreži, a samim time utječu na performanse mreže. Vrijeme odaziva je važno jer nam pokazuje zagušenost kroz mrežu, vrijeme odaziva se mjeri tako da

[23] engl. *packet loss*

se šalje kontrolni paket od izvora do odredišta i nazad i najčešće se izražava u milisekundama - *ms*.

3. RAZVOJ KONCEPTA IoT

Broj korisnika na Internetu se kontinuirano povećava tijekom godina te je krajem 2015. godine taj broj dosegao gotovo 3,4 milijarde. Ljudi većinom Internet koristi za pretraživanje traženih informacija, zabavu, društvene mreže i kupovinu. Izgradnja infrastrukture koja omogućava pristup Internetu vrlo skupa, te se iz toga razloga svakim danom rade na novim rješenjima kako bi se Internet, odnosno njegova infrastruktura što bolje mogla iskoristiti. Jedna od njih je i korištenje Interneta za prijenos podataka prikupljenih pomoću senzora rasprostranjenih na širokom području okoline, kao što su primjerice senzori okoliša npr. za vrijeme. Tome u prilog svakako ide i činjenica da širokopojasni Internet postaje dostupan sve većem broju ljudi, izrađuje se sve više uređaja s ugrađenim Wi-Fi-em i senzorima, snižavaju se troškovi tehnologije te se ubrzano povećava broj korisnika *smartphone-a* [22]. Broj terminalnih uređaja se svakim danom povećava a odnos terminalnih uređaja i populacije vidljivo je na slici 7.

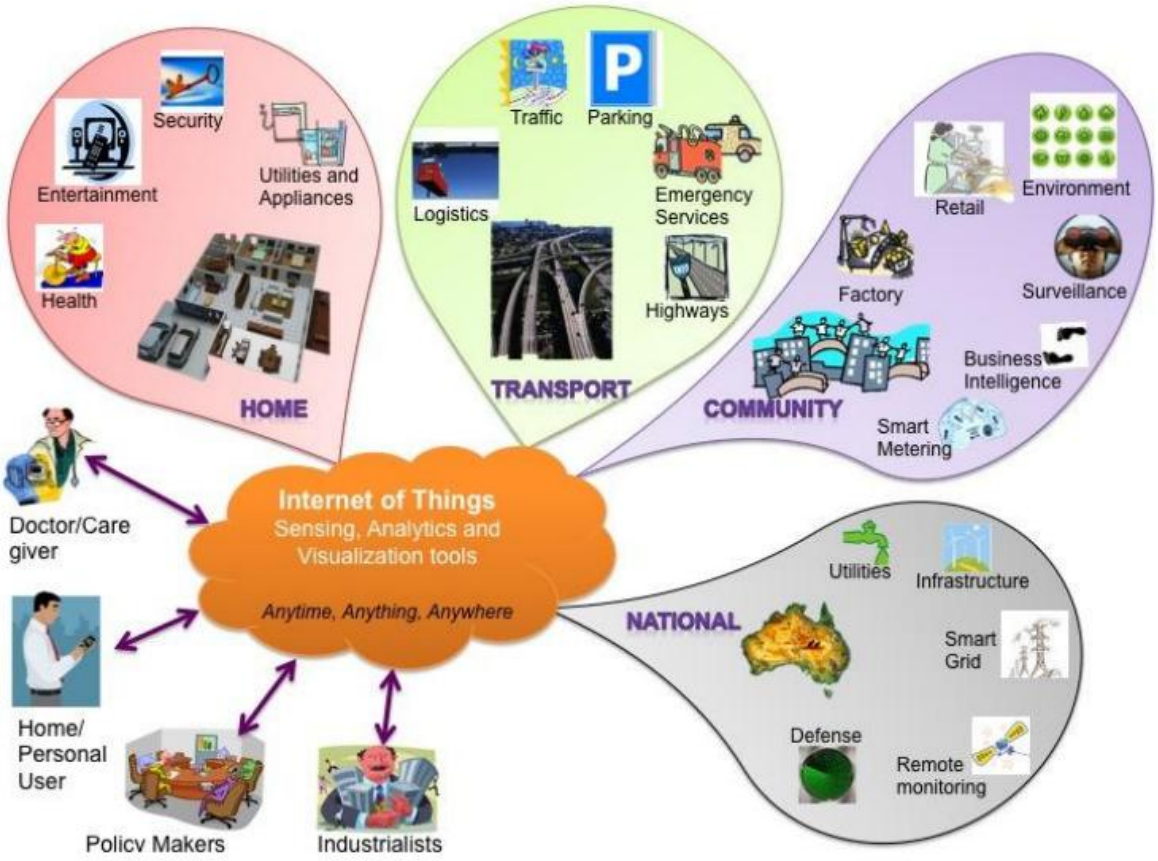


Slika 7. Odnos broja terminalnih uređaja sa svjetskom populacijom [8]

Internet objekt se odnosi na fizičke objekte povezane preko ugrađenih senzora i ostalih uređaja koji mogu prikupljati i preko Interneta prenositi informacije o objektima. Podaci prikupljeni pomoću ovih uređaja mogu se zatim analizirati kako bi se optimizirali proizvodi,

usluge i operacije. Jedna od možda najranijih i najpoznatijih primjena ove tehnologije bila je u području optimizacije proizvodnje električne energije. Gdje su senzori raspoređeni unutar električne mreže mogli su pomoći da iz daljine nadziru korištenje energije te prilagode njenu proizvodnju i raspodjelu za vrijeme najveće ili najmanje potrošnje. Veliki primjer je električna struja u kućanstvima i davatelj električne energije u našem slučaju HEP[24]. No, ova tehnologija se primjenjuje i u brojnim drugim industrijama. U nekim državama, kao što je Rusija, zakon zahtijeva da svatko ugradi senzor u svoj automobil, što omogućava otkrivanje stvarnog uzroka nesreće i temelji se na stvarnom ponašanju tijekom vožnje, a ne na projekcijama. Primjere korištenja Interneta objekata možemo pronaći i u svakodnevnom životu. Sve češće se počinju raditi takozvane „pametne kuće“, gdje recimo da vas budilica probudi u 7 sati ujutro te zatim obavijesti aparat za kavu da počne kuhati kavu ili recimo da frižider zna da ponestane mlijeka te vam se to javi na vaš terminalni uređaj. Drugim riječima, u budućnosti, sve što je moguće povezati, bit će povezano. To uključuje mobilne uređaje, aparate za kavu, perilice rublja, slušalice, svjetiljke, uređaje u odjeći i gotovo sve ostalo. Zapravo, broj mogućih primjena ove tehnologije toliko je velik da Internet objekata ima potencijal zamijeniti ljude u nekim određenim djelatnostima, te se smatra kako bi ta nova tehnologija mogla učiniti život lakšim i jednostavnijim. Na slici 8. prikazan je koncept IoT kroz korisnike i različite aplikacije. [9].

[24] Hrvatska elektroprivreda - koncern koji se bavi proizvodnjom, prijenosom i distribucijom električne energije, te opskrbom kupaca toplinom i distribucijom plina.



Slika 8. Prikaz korisnika i aplikacija u konceptu IoT [10]

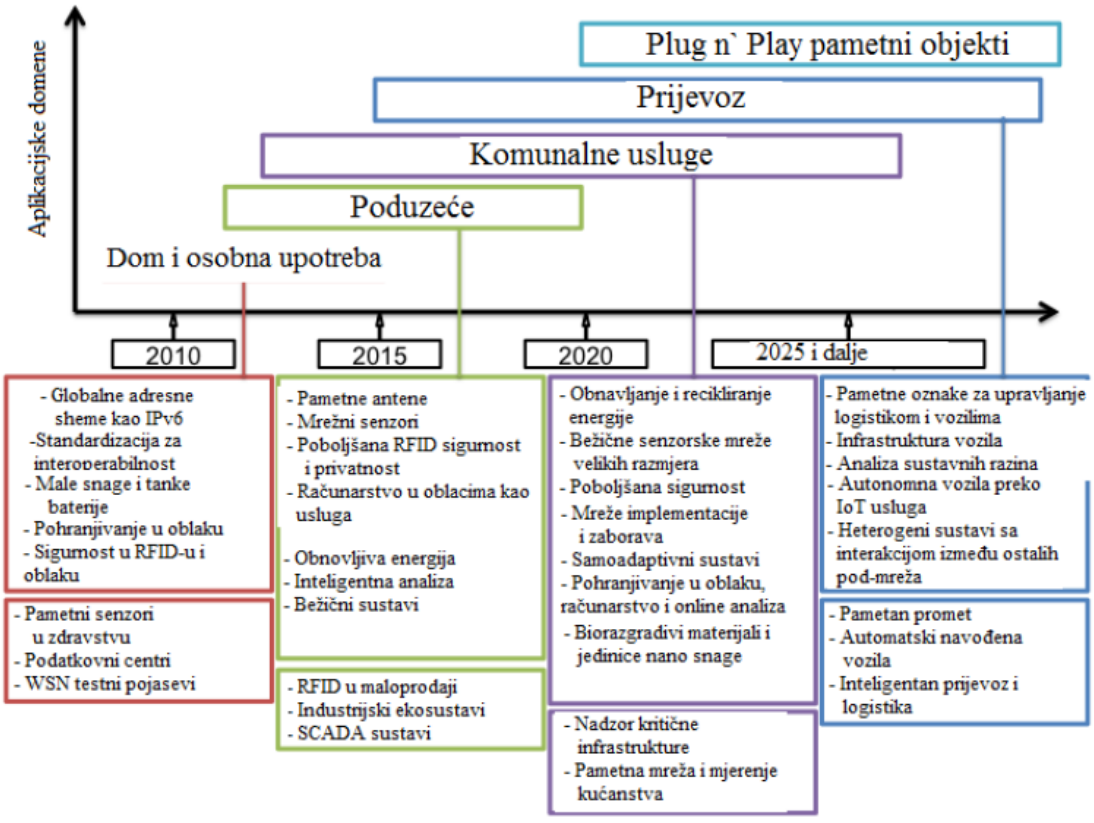
Pojam Internet objekata prvi je predložio *Kevin Ashton* 1999. godine, tijekom rada u AutoID laboratoriju na MIT-u. Ashton je došao na ideju dok je istraživao na koji način bi tvrtka za proizvodnju robe široke potrošnje, Proctor & Gamble, mogla unaprijediti poslovanje povezivanjem RFID informacija na Internet [11].

Internet objekata se danas uspoređuje sa poznatom vizijom Billa Gatesa iz 1977. godine o „računalu na svakom stolu i u svakom domu“. Prema istraživanju provedenom 2014. godine među rukovoditeljima najvećih svjetskih proizvođača poluvodiča, od Interneta objekata se očekuje da bude njihov najveći izvor rasta u idućih nekoliko godina, veći čak i od trendova kao što su bežično računalstvo i „Big Data“. Očekuje se da će broj umreženih uređaja do 2020. godine iznositi između 20 i 30 milijardi. Mnogi od tih uređaja vjerojatno će biti ugrađeni elektronički mjerni uređaji: termostati, manometri, uređaji za otkrivanje onečišćenja, senzori glukoze, EKG-i, elektroencefalogrami itd. Ovi uređaji će ispitivati i nadzirati gradove, ugrožene vrste, atmosferu, kućanstva, bolnice, brodove, autoceste, kamione, naše razgovore, naša tijela pa čak i naše snove. Internet objekata također nudi i

mnoge izazove te puno potencijala za razvoj. Zasigurno najveći izazov kao i u svemu danas što je „*online*“ je kako osigurati sigurnost, privatnost i dijeljenje podataka u situaciji kada imamo milijarde uređaja koji su međusobno povezani. Ovaj problem postoji već i danas, uz mnogo manji broj povezanih uređaja. Još jedan problem, s kojim će se suočiti mnoga poduzeća, je i pohrana, praćenje, analiza i dolazak do zaključaka na temelju ogromnih količina prikupljenih podataka. Ipak, stvarnost je da Internet objekata omogućava praktički nebrojene prilike i načine povezivanja, od kojih mnoge još ne možemo niti zamisliti ili razumjeti utjecaj koji će imati u budućnosti.

3.1. Budućnost koncepta IoT

Prema istraživanjima tvrtke Gartner, Inc. IoT će značajno promijeniti tehnologiju, a samim time i tehnološko tržište. Njihova procjena je da će ulaganje u IT u Europi, Srednjem istoku i Africi (EMEA) donijeti godišnju stopu rasta od 2.2 posto do 2017. godine, dok će, istovremeno, Internet objekata stvarati nova tržišta a samim time i razviti novu ekonomiju.



Slika 9. Budućnost razvoja aplikacija u konceptu IoT [10]

U 2016. godini, IT i telekomunikacijsko tržište zajedno će dosegnuti veličinu od gotovo 4 bilijuna dolara, dok se procjenjuje da će prihodi od Interneta objekata postupno dosegnuti 309 milijardi dolara godišnje do 2020. godine. Budućnost razvoja aplikacija i samog koncepta IoT, prikazana je na slici 9. [10].

3.2. IoT i Big Data

Internet objekata i *Big Data* su usko povezani iz razloga što će svi umreženi uređaji skidati, odnosno stvarati veliku količinu podataka sa Interneta. *Big Data* je tehnologija koja omogućuje efikasnu obradu i analizu ogromnih količina podataka u razumnom vremenskom periodu. Neke od karakteristike Big Data tehnologije je velik volumen i raznolikost podataka, velika brzina prikupljanja podataka i njihovo upitno podrijetlo. Tradicionalnim SQL relacijskim bazama podataka ovakvi podaci se ne mogu obraditi. Iz tog razloga, odnedavno se razvijaju alternativni alati, kao što su Apache-ov sustav za obradu raspodijeljenih podataka otvorenog koda, Hadoop, kao i različite NoSQL baze podataka.

Pretpostavlja se da će većina podataka prikupljenih pomoću Interneta objekata zapravo biti maleni skupovi podatka, tzv. „*Small Data*“. *Small Data* je skup podataka koji sadrži vrlo specifična svojstva te se takvi podatci koriste za određivanje trenutnih stanja. Primjer takvih podataka je lokacija, temperatura, vlaga, tlak, vibracije, je li stroj uključen u struju itd. Riječ je o podacima prikupljenih sa senzora, koji se prikupljaju u realnom vremenu te zatim ulaze u velike skupove podataka kako bi se usporedilo sa prošlim podatcima i kako bi se mogli predvidjeti događaji. Maleni skupovi podataka su važni jer mogu pokrenuti događaje koji se temelje na trenutnom stanju. Primjerice, na vjetrenjače su ugrađeni različiti senzori koji pomažu prilikom određivanja smjera vjetra, brzine, temperature, vibracije i ostalih relevantnih svojstva. Temeljem informacija koje, u realnom vremenu, daje *Small Data*, moguće je programirati automatsku prilagodbu lopatica vjetroturbine promjenjivim uvjetima. Ovakvi mali skupovi podataka također ulaze i u velike skupove podataka, gdje algoritmi za strojno učenje počinju prepoznavati obrasce. Pomoću tih obrazaca, moguće je otkriti kako različiti uvjeti vjetra i vremena utječu na trošenje različitih komponenata same vjetrenjače te koliki je očekivani životni vijek određenog dijela. Vrlo jednostavno je usporedbom objasniti razliku između *Small Data* i *Big Data*, odnosno *Small Data* zna što promatrani objekt radi, dok *Big Data* razumije zašto objekt to radi. Za sve primjene Interneta

objekata dovoljan je *Small Data*, jer je često dovoljno poznavanje trenutnog stanja i nekoliko svojstava kako bi se pokrenuo određeni događaj. Obrada malenih skupova podataka, *Small Data* je mnogo jeftinija od obrade velikih skupova podataka, *Big Data* [12].

Za obradu podataka dobivenih Internetom objekata trenutno postoje neka ograničenja. Jedan od bitnijih nedostatak je nedostatak standarda, jer kako bi Internet objekata radio kako je zamišljeno, mora postojati okvir unutar kojeg uređaji i aplikacije mogu sigurno razmjenjivati podatke preko mreža. Da bi se to ostvarilo, potrebno je stvoriti zajedničku platformu koja objedinjuje sve povezane objekte i omogućava međusobnu suradnju različitim industrijama i aplikacijama.

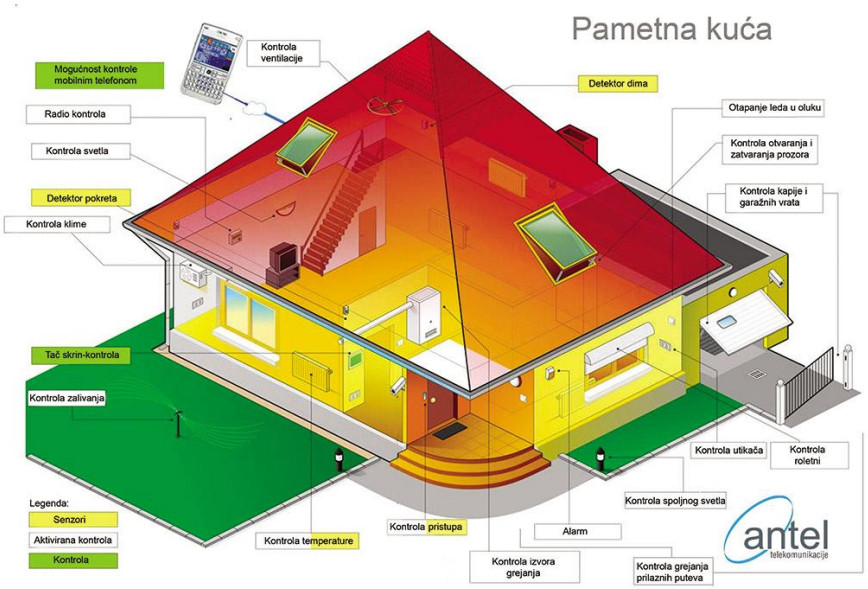
Drugi nedostatak je sigurnosti i privatnosti koji predstavljaju velik problem za sve aplikacije koje koriste infrastrukturu Interneta pa tako i za Internet objekata i *Big Data*, unatoč razvoju standarda koji će zasigurno pridonijeti njihovom poboljšanju, pogotovo u područjima kao što su zdravstvo i ključna nacionalna infrastruktura. Sigurnost je posebno problematična kod Interneta objekata zbog njegovog širokog područja primjene, od kojih svaki ima vlastite zahtjeve za sigurnošću. Na primjer za telekomunikacijsku industriju to je dostupnost, za organizacije s klijentima to je zaštita podataka, dok za pružatelje M2M i IoT usluga, sigurnost znači neprekidan rad. Velika raznolikost te različite mogućnosti i primjena različitih uređaja koji koriste Internet objekata, čine sigurnost posebno teškim zahtjevom u industriji Interneta objekata. senzora, koji se prikupljaju u realnom vremenu te zatim ulaze u velike i male skupove podataka [12].

4. MOGUĆNOST PRIMJENE KONCEPTA IoT

Koncept Internet objekata će pridonijeti razvoju mnogih novih usluga koje su podržane platformama Interneta stvari. Glavni izazovi koje definira Europska komisija su: održivi razvoj i optimalna potrošnja energije, definiranje novih tehnologija u prometu ljudi i roba, razvoj tehnologija za upravljanje poljoprivrednom proizvodnjom koja će biti prilagođena ljudskim potrebama, sigurnost Interneta [36]. Ovi izazovi pokušavaju poboljšati kvalitetu života cjelokupnog društva uz zadržavanje održivog razvoja IoT koncepta i platforme temeljene na njemu koje pružaju infrastrukturu i podršku za rješavanje navedenih izazova. Izazove Europske komisije tako možemo svrstati u nekoliko kategorija, kao što su napredna poljoprivredna proizvodnja, transport ljudi i roba te optimalna potrošnja energije koja je vezana uz područje pametne okoline. U nastavku su opisani primjeri primjene koncepta IoT u pametnim kućama i u tehnologiji prometa i transporta.

4.1. Primjer primjene koncepta IoT u pametnim kućama

Pametna kuća je definirana kao dom odnosno boravište gdje je komunikacijska mreža u svrhu povezivanja ključnih električnih i elektroničkih uređaja i usluga, te omogućava da se njima daljinski upravlja, prati i pristupa. Na slici 10. nalazi se primjer pametne kuće čiji su uređaji povezani u *cloud* i njima je moguće upravljati na daljinu zahvaljujući konceptu IoT.

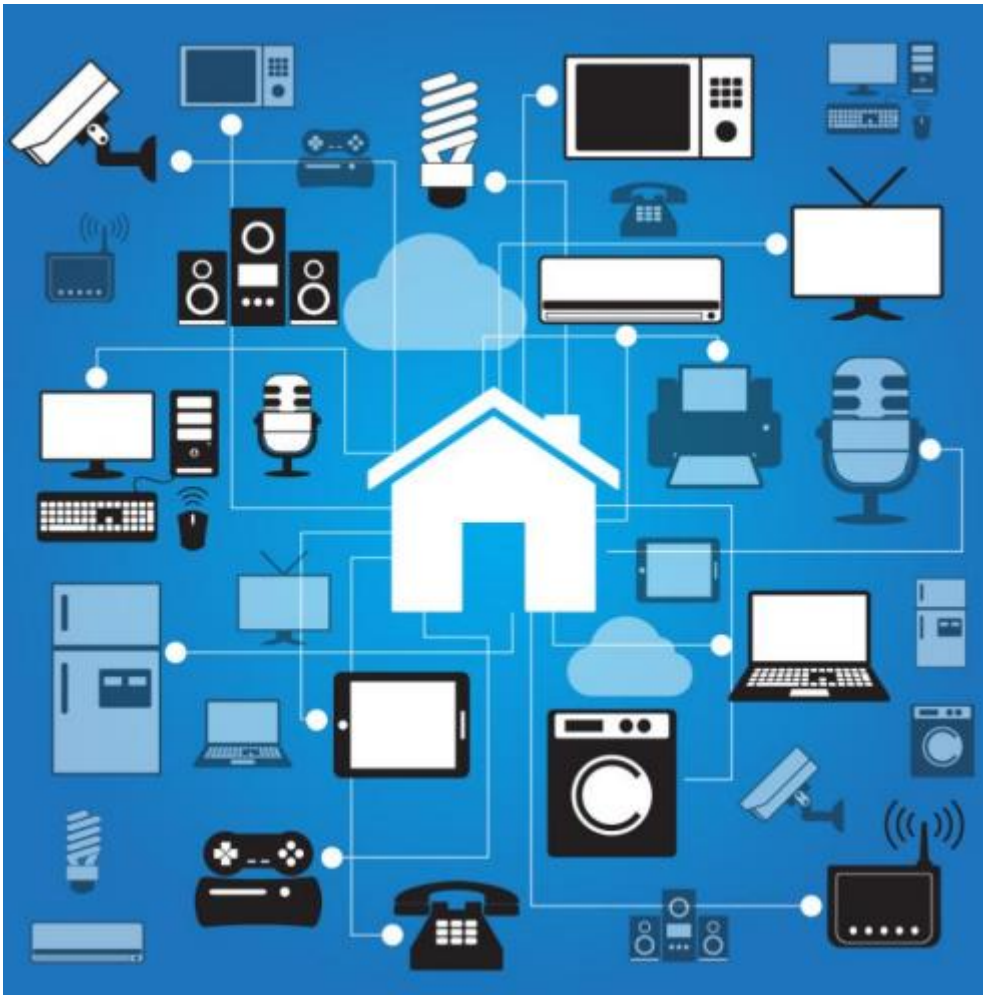


Slika 10. Prikaz koncepta pametne kuće [13]

Pametne kuće koriste tehnologije kućne automatizacije svih uređaja koje korisnicima omogućavaju dobivanje povratnih informacija nadgledanjem raznih dijelova kuće. Najjednostavniji primjer je hladnjak u pametnoj kući koji može kategorizirati hranu, predložiti menije i zdrave alternative, naručiti zamjenu za potrošenu hranu, javiti kada je određene stvari kao što je mlijeko pri kraju, kako bi sam vlasnik mogao nadomjestiti manjak. Na slici 10 prikazan je koncept pametne kuće.

4.1.1. Elementi pametne kuće

Sustav pametne kuće sastoji se od kućne mreže i uređaja. Uređaji u sebi mogu imati razne kombinacije senzora, kontrolera i sučelja za komunikaciju s ljudima ili drugim uređajima. Senzori služe za mjerenje vrijednosti u okolini kuće na temelju kojih se može donijeti odluka. Vrijednosti koje se mogu mjeriti su primjerice: temperatura, atmosferski uvjeti, osvjetljenje, pokreti, buka, itd. Zadaća kontrolera je upravljanje stanjima sustava i prijelazima u druga stanja, na primjer, rad svjetla, klime uređaja, audio sustava... Zadaća sučelja je poboljšati interakciju između ljudi i uređaja. Sučelja predstavljaju točku upravljanja nad mogućnostima sustava, odnosno daljinski.



Slika 11. Povezani elementi u pametnoj kući [18]

Kućna mreža omogućava međusobnu interakciju između svih elemenata pametne kuće [14]. Može imati aktivnu ili pasivnu ulogu ovisno o njezinom sudjelovanju u radu pametne kuće. Mrežna komunikacija može biti ostvarena preko različitih medija. Neki od važnijih medija za komunikaciju su žični *Ethernet* i optički kabeli, bežični Wi-Fi. Neki od elemenata koji su povezani u pametnoj kući prikazani su na slici 11.

4.1.2. Koncepti u pametnoj kući

Uslužno orijentirana arhitektura[25] bazira se na konceptu usluge. Usluga predstavlja određenu funkcionalnost koju neka druga komponenta sustava može pozvati. Različiti sustavi

[25] SOA - *Service oriented architecture*

na mreži nude različite usluge, te se mogu oslanjati na druge usluge za svoj pravilan rad. Kombinacijom raznih usluga mogu se stvarati kompliciranije funkcionalnosti koje se onda mogu sakriti iza sučelja i predstavljati kao novo stvorene usluge. Pomoću usluga se mogu razmjenjivati informacije preko mreže, a svaki uređaj na mreži može nuditi više usluga, ako je za to sposoban. Ovakva arhitektura omogućava sustavu fleksibilnu nadogradnju i dodavanje novih usluga kao i kombinaciju već postojećih mogućnosti u nove naprednije sposobnosti. Događajima pokretana arhitektura je orijentirana na proces stvaranja događaja, te detekcije, obrade i reakcije na događaje. Događaj je definiran kao neka bitna promjena u stanju sustava. Poruka koja opisuje događaj može dalje biti proslijeđena ostalim dijelovima sustava kako bi bile obrađene. Ovakva arhitektura omogućava sustavu pametne kuće brzu reakciju na promjene unutar sustava na vrlo fleksibilan način [14]. Pametna kuća predstavlja samo jedan mali podskup Interneta stvari to jest sustava u kojem gotovo svaki uređaj ima mikrokontroler i sposobnost komunikacije preko mreže. Internet stvari koristi koncepte uslužno orijentiranih i događajima pokretanih arhitektura kojima se postiže komunikacija i interakcija između uređaja i ljudi te uređaja i uređaja [14].

4.1.3. Simulacijski model pametne kuće

Simulacijski model je baziran na softverskom arhitekturnom obrascu MVC[26] koji se sastoji od 3 glavne komponente. Te tri glavne komponente su : model, kontroler i pogled. Komponenta model MVC-a uključuje logiku rada i ponašanja određenih komponenti sustava. Ona se sastoji od komponenti koje na neki način simuliraju virtualne uređaje i njihovo ponašanje. Svaki uređaj unutar sebe može sadržavati više različitih usluga koje predstavljaju neku funkcionalnost koju oni mogu izvršiti koja je dostupna u ovom slučaju ljudima na upotrebu. Ulogu upravljanja nad virtualnim uređajima ima upravitelj simuliranih uređaja. Komponenta kontroler MVC-a realizirana je preko univerzalnog sučelja, odnosno daljinskog upravljača. Komponenta pogled MVC-a realizira se pomoću sučelja preko kojeg se određeni alat može spojiti i dohvatiti informacije o stanju uređaja te isto tako napraviti konkretnu prezentaciju njega.

[26] engl. *Model-view-controller*

4.1.3.1. Model

Model u sebi ostvaruje koncepte od strane SOA-e. On nudi standardizirani način za dohvaćanje ponuđenih mogućnosti i za izvršavanje različitih usluga. Isto tako, nudi i mogućnost slanja obavijesti o svim promjenama koje su se dogodile na različitim uređajima ili u samom sustavu. Uređaj predstavlja virtualnu simulaciju nekog stvarnog uređaja. Nudi sučelje kojim se može dohvatiti interno stanje uređaja, iz kojeg se dalje gradi virtualna prezentacija uređaja. Uređaj na sebi može izvršavati više različitih usluga ako to ima smisla. Uređaj ima mogućnost dodavanja i uklanjanja usluga koje nudi. Upravitelj uređaja je centralni sustav za upravljanje svim uređajima povezanih u mrežu. On omogućava dodavanje novih, uklanjanje starih uređaja [14].

4.1.3.2. Kontroler

Zadaća kontrolera je da omogući jedinstveni način pristupa uređajima i različitim uslugama. Kontroler može biti izveden na različite načine koji mogu ići sve od zadavanja naredbi pa sve do nuđenja različitih usluga preko web servisa.

4.1.3.3. Pogled

Pogled izvršava zadaću prezentacije tih uređaja korisniku. On se spaja na sučelja uređaja, te iz njih vuče informacije o uređaju te ih prezentira ih korisnicima na razumljiv način. Takvo prezentacija može biti jednostavna, koja samo ispisuje vrijednosti na ekran pa sve do kompliciranih kao što je grafička reprezentacija uređaja u stvarnom vremenu [14].

4.2. Primjena koncepta Internet objekata u tehnologiji prometa i transportu

Danas je promet i transport glavni čimbenik u zagađenju zraka i emisiji stakleničkih plinova zbog sve većeg broja sudionika u samom prometu. Prometna zagušenja izravno nameću značajne troškove gospodarskih i društvenih aktivnosti u većini gradova. Učinkovitost i produktivnost ozbiljno ovisi o ovim zagušenjima koji uzrokuju kašnjenja tereta i neuspjehe planiranih isporuka. Dinamičke informacije prometa će utjecati na kretanje

tereta, omogućiti bolje planiranje i poboljšano raspoređivanje. Transportni IoT će omogućiti korištenje sustava za trenutno praćenje trajanja putovanja, izbor rute od polazišta do odredišta, duljine redova, zagađenje zraka i emisije buke itd. IoT će vjerojatno zamijeniti informacije o stanju u prometu koje se nalaze u postojećim senzorima na raskrižjima postojećih sustava kontrole prometa. Također će poduprijeti razvoj modela baziranih na scenarijima za planiranje i projektiranje ublažavanja planova, kao i poboljšane algoritme za kontrolu urbanog prometa, uključujući i više-objektivne sustave kontrole. U kombinaciji s podacima prikupljenim iz sustava kontrole prometa, važeće i relevantne informacije o stanju u prometu se mogu predstaviti putnicima u prometu. Rasprostranjenost uređaja *Bluetooth* tehnologije odražava se trenutno na IoT prodiranje u niz digitalnih proizvoda, kao što su mobilni telefoni, *handsfree* uređaji, navigacijski sustavi, itd. *Bluetooth* uređaji emitiraju signale s jedinstvenim identifikacijskim brojem pristupa mediju (MAC-ID) koji može očitati *Bluetooth* senzor unutar područja pokrivanja. Čitači postavljeni na različitim mjestima se mogu upotrijebiti za identifikaciju kretanja uređaja. Dopunjena drugim izvorima podataka, kao što su prometni signali ili autobusni Globalni pozicijski sustav - GPS[27]. IoT se još u prometu se koristi za učinkovito upravljanje logistikom. To uključuje praćenje predmeta koji se prevoze i učinkovito planiranje prijevoza. Praćenje predmeta se provodi lokalno, npr., u kamionu se replicira domena poduzeća, ali prometno planiranje se provodi pomoću IoT mreže velikih razmjera.

Mnogi sudionici u prometu korištenjem mobilnih aplikacija dolaze do rješenja tijekom zagušenja u prometu. Mobilne aplikacije mogu pokazati smjer kretanja i trenutačnu lokaciju drugih korisnika u stvarnom vremenu. U slučaju nepredviđenih okolnosti, kao što su prometne gužve ili prometne nesreće, korisnik se može prilagoditi novonastaloj situaciji i, primjerice, promijeniti rutu kretanja ili odustati od putovanja u potpunosti. Primjenom mobilnih aplikacija omogućava se preglednost sadržaja te sposobnost lokalizacije korisnika, čime se može ostvariti pretraživanje putovanja i grupiranje korisnika prema različitim značajkama. Danas se sve više radi na povezivanju mobilnog terminalnog uređaja i automobila, tako da već danas putem mobitela možemo parkirati auto, upaliti grijanje, zatrubit, provjerit ulje i ostale značajke samog motora, itd. Automobili mogu voziti samo pomoću različitih čitača prepoznaju prometnice i oznaka na cestama te se prilagođavaju njima. Tvrtke koje se bave prijevozom, iznajmljivanjem vozila i slično, mogu pomoću aplikacija u svakom trenutku znati gdje se koje vozilo nalazi, koliko je kilometara prošlo itd.

[27] engl. *Global Positioning System*

Takva usluga se naziva Cloud Nadzor vozila, gdje se sam uređaj ugrađuje se u vozilo. Uređaj šalje podatke o korištenju vozila u Cloud Nadzor vozila internetsku aplikaciju GPS/GPRS tehnologijom. Podaci se zatim prezentiraju u internetskoj aplikaciji na računalu ili mobilnom telefonu/tabletu. U internetskoj aplikaciji možete kroz isto sučelje nadzirati neograničen broj vozila. Cloud Nadzor vozila osigurava vam informacije o korištenju vaših vozila u svakom trenutku te s bilo koje lokacije. Ova usluga omogućuje vam efikasno upravljanje vašim voznim parkom pružajući vam mogućnosti:

- Pozicioniranja vozila na karti u Hrvatskoj i inozemstvu,
- Pregleda kretanja i korištenja vozila u prošlosti,
- Detaljnih izvještaja i Alarma (SMS/e-mail) o korištenju voznog parka,
- Detaljnog evidentiranja i analize troškova voznog parka i
- Izrade putnih naloga.

Razvojem automobila i samih terminalnih uređaja dovodi se do razvoja samog grada odnosno tako zvanog „Pametnog grada“. Pametan grad (*Smart City*) je težnja razvoju cjelovitih i održivih gradova, u kojima će kvaliteta ljudskoga života, ali i odnosa prema prirodnoj okolini biti na znatno većoj razini. Građani sa svojom kreativnošću, znanjem i vještinama, zajedno s umreženom gradskom infrastrukturom te uslugama usmjerenim prema korisniku, predstavljaju glavne prednosti suvremenih gradova u kontekstu postizanja gospodarskog rasta i bolje kvalitete života. Pametni grad definira se i kao grad koji zadovoljava sve potrebe svojih građana u potpunosti i efikasno, u skladu sa ili iznad standarda i ciljeva koje postavljaju lokalni, nacionalni i međunarodni standardi održivosti. I uglavnom se temelji na upotrebi pametnih mreža (engl. *smart grid*), snažnijem uvođenju ICT tehnologija, internetskim povezivanjem svih objekata (engl. *Internet of Things*) primjenom M2M (engl. *Machine to Machine*) komunikacija, smanjenju onečišćenja okoliša kroz uvođenje inteligentnih transportnih sustava, ali i povećanju energetske učinkovitosti kroz primjenu pametnog mjerenja i uvođenjem inovativnih rješenja u građevinarstvu.

5. SIGURNOSNA ARHITEKTURA ZA IoT MREŽE

IoT je područje tehnologije u kojem je istraživanje tek počelo te će svoj veliki napredak na tržištu tek doživjeti. Razvojem u području IoT-a treba uvesti standarde za arhitekturu, platforme i međusobnu komunikaciju pojedinih komponenti. Razvoj standarda i platformi IoT-a su temelj za razvoj samog koncepta IoT. S obzirom da je IoT tek u razvoju ranu teško je predvidjeti negativne utjecaje te će ih se teško izbjeći. Smjerovi budućih istraživanja su otvoreni, jer se dolaskom IoT-a otvaraju se novi izazovi vezani uz regulaciju tržišta, naplatu, sigurnost te poboljšavanje performansi i efikasnosti rada platformi. Do sada su istraživanja bila okrenuta na uspostavljanje funkcionalnih platformi koje će omogućavati više usluga, ali povećanjem broja korisnika jer sve više operatera nudi samu uslugu Internet objekata, kao npr. Iskon-Smart home, očekuje se i podrška za kvalitetu usluge. IoT ima veliki utjecaj na sigurnost i privatnost uključenih sudionika. Mjere koje osiguravaju otpornost arhitektura na napade, provjeru podataka, kontrolu pristupa i privatnost klijenata trebaju biti obvezno uspostavljene. Energetska učinkovitost će predstavljati popriličan izazov prilikom izrade komunikacijskih protokola i uređaja [21, 24]. Modeli napajanja te autonomnost rada će biti od velikog značaja pogotovo za senzorske module koji će većinom biti napajani korištenjem baterija. Najbolji pokazatelj su današnji senzori koji su većinom napajani baterijom, a emitiraju podatke kontinuirano korištenjem Wifi ili *Bluetooth* tehnologije. Neki od ključni izazova i mogućih problema koje treba razmotriti i riješiti prije masovne primjene IoT-a su:

1. Sigurnost, privatnost i povjerenje

U samoj domeni sigurnosti izazovi na koje treba obratiti su:

- osiguranje arhitekture IoT-a,
- aktivna identifikacija i zaštita IoT-a od proizvoljnih napada i zlouporabe
- aktivna identifikacija i zaštita IoT-a od zlonamjernog softvera.

U području privatnost korisnika, posebni izazovi su:

- kontrola nad osobnim podacima jer je svim korisnicima bitna sigurnost njihovih osobnih podataka
- potreba za poboljšanjem tehnologija privatnosti
- standardi, metodologije i alati za upravljanje identitetom korisnika i objekta.

U samoj domeni povjerenja, neki od specifičnih izazova su:

- potreba za jednostavnom razmjenom kritičnih, zaštićenih i povjerljivih podataka
- povjerenje mora biti sastavni dio samog IoT dizajna

2. Upravljanje različitim uređajima - upravljanje različitim uređajima koji isto tako imaju različite aplikacije, okruženja te predstavljaju veliki izazov kao i standardizacija različitih tehnologija, uređaja, aplikacija i sučelja. Iz razloga nemogućnosti postavljanja standardizacije za sve tehnologije predstavljat će veliki izazov u omogućavanju povezivanje na globalnoj razini.

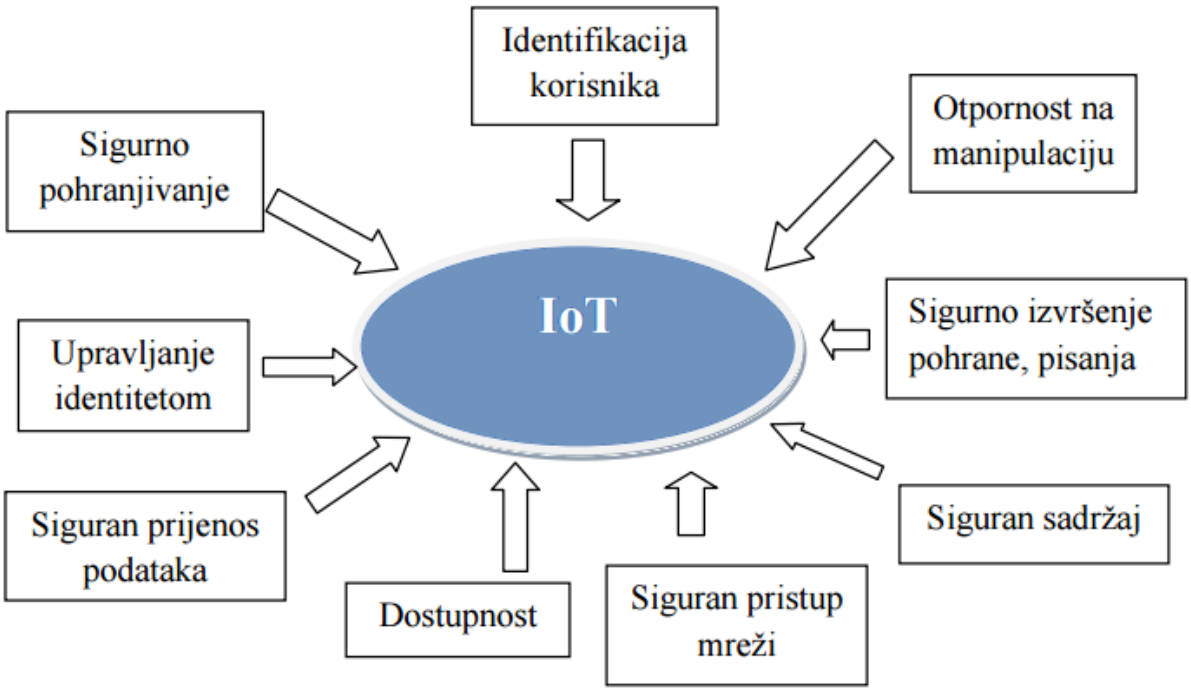
3. Ograničenja mrežnih kapaciteta – konvergencija uređaja koja proizlazi iz IoT-a potiče i sve veću potražnja za određenim stupnjem očekivanog QoS-a[28] pripadajuće mrežne infrastrukture. Rastom broja uređaja povećava se mrežni kapacitet a time može doći do smanjenja same kvalitete mreže.

4. U konceptu IoT potrebno je upravljanje velikom količinom informacija i obrada velikih količina podataka kako bi se osigurala korisna informacija a samim time i usluga. Platforme za IoT moraju omogućiti učinkovitu obradu pristiglih podataka u stvarnom vremenu što proizlazi iz korisničkih zahtjeva, jer korisnik želi biti obaviješten u trenu nastanka događaja od interesa na jednostavni i možda nekorišteniji primjer je odabir najpovoljnije rute putovanja.

5. Osim gore navedenih glavnih izazova, istraživanja pokazuju da treba obratiti pozornost i na neke od drugih izazova, kao što su:
   - regulacija tržišta,
   - projektiranje učinkovite arhitekture za umrežavanje senzora i pohranu prikupljenih podataka,
   - razvijanje mehanizama za obradu toka podataka prikupljenih senzorskim mrežama,

[28] engl. *Quality of service* – ocjena usluge od strane korisnika

– napajanje uređaja/senzora i
– smanjenje troška IoT komponenti [11].



Slika 12. Sigurnosni zahtjevi u konceptu Internet objekata [25]

Sigurnosna arhitektura za IoT uglavnom uključuje pružanje i upravljanje kontrole pristupa, autentifikaciju i autorizaciju. To će osigurati metode za kontrolu identifikacija i autentifikacija korisnika te za administriranje kojim autoriziranim korisnicima se odobrava pristup zaštićenim resursima. Neki sigurnosni zahtjevi, prikazani na slici 12, koje mora ispuniti koncept Internet objekata su:

– Otpornost na napade: Sustav mora izbjeći pojedine točke neuspjeha, odnosno napade i treba prilagoditi sebe ispadima.
– Provjera podataka: U načelu, privatne adrese i informacije objekata moraju biti ovjerene.
– Kontrola pristupa: Ponuditelji informacija moraju biti u stanju provesti kontrolu pristupa na ponuđenim podacima.

- Privatnost klijenta: Treba poduzeti mjere da samo ponuditelji informacija mogu promatrati korištenje sustava.
- Identifikacija korisnika: Odnosi se na proces potvrđivanja korisnika prije nego što mu se dopušta upotreba sustava.
- Sigurno spremanje: Uključuje povjerljivost i integritet osjetljivih informacija pohranjenih u sustavu.
- Upravljanje identitetom: To je široko upravno područje koje se bavi identificiranjem osoba ili objekata u sustavu i kontrolom njihovog pristupa resursima.
- Siguran prijenos podataka: Osiguranje povjerljivosti i integriteta prenesenih podataka, sprečavanje odbacivanja komunikacijske transakcije i zaštita identiteta subjekata komunikacije.
- Dostupnost: Osiguravanje da neovlaštene osobe ili sustavi ne mogu uskratiti pristup ili korištenje odobrenim korisnicima.
- Siguran pristup mreži: Omogućuje mrežnu vezu ili pristup sustavu samo ako je uređaj ovlašten.
- Siguran sadržaj: Sigurnost sadržaja ili upravljanje digitalnim pravima štite prava digitalnog sadržaja koji se koristi u sustavu.
- Okolina sigurnog izvršenja: Sigurno, okruženje osmišljeno radi zaštite protiv štetnih aplikacija.
- Otpornost na manipulaciju: Odnosi se na želju da se održe prijašnji sigurnosni zahtjevi čak i kada uređaj padne u ruke zlonamjernih osoba [25].

6. MREŽNE TEHNOLOGIJE U FUNKCIJI KONCEPTA IoT

Jedan od glavnih temelja za razvoj novije budućnosti Interneta je *Cloud Computing*. Taj koncept predstavlja podjele programskog okruženja koji koristi Internet kao platformu te omogućuje da aplikacije i dokumenti poslani iz bilo kojeg dijela svijeta budu pohranjeni i čuvaju se na za to predviđenim poslužiteljima. Ova vrsta računala koja se zasnivaju na korištenju *weba*, smanjuju potrebu za kupnjom novog sklopovlja i programa te otvaraju nove oblike suradnje. Pristup „podacima u oblaku“ odvija se putem web preglednika ili specijaliziranih aplikacija. Takvi trendovi uvelike pomažu smanjiti trošak vlasništva i upravljanja povezanih resursa, spuštaju prag za ulazak na tržište za nove tvrtke i omogućuju osiguravanje novih usluga. Sa stajališta virtualizacije slijedeći korak koji slijedi prateći taj trend je proširenje *cloud* usluga. Smatra se da će upravo IoT biti budućnost. IoT aplikacije, odnosno usluge bazirane na senzorima će biti isporučene na zahtjev kroz cloud okruženje. Veliki problem će predstavljati sigurnost zbog velike implementacije od strane IoT sustava. Sigurnosni problemi prilikom uvođenja koncepta IoT, predstavljeni su u prethodnom poglavlju [15].

Povezani uređaji i druge stvari u budućnosti imati će ograničene resurse. Proces zaštite svih tih povezanih uređaja vrlo je dugotrajan, što povećava važnost sigurnosnih promjena baziranih na *cloud* tehnologiji koja je svoj veliki razvoj doživjela. S rastom IoT-a, čovječanstvo se kreće prema virtualno fizičkoj paradigmi, gdje je usko integrirano računarstvo i komunikacije s povezanim stvarima, što uključuje i sposobnost kontrole. U takvim sustavima, kao i u sadašnjem sustavu samog Interneta, velike su sigurnosne prijetnje i sigurnosni propust može doći zbog interakcije između virtualne i fizičke domene. Današnje mreže potrebno zaštititi obično unutar *firewall*-a i kontrole pristupa, ali mnoge stvari u IoT konceptu će raditi nezaštićeno ili s vrlo velikom ranjivosti u svom okruženju.

6.1. Semantičke tehnologije

Prethodna istraživanja ukazala su na važnost semantičkih tehnologija prema otkrivanju samih uređaja. Buduća istraživanja IoT koncepta vjerojatno da će prihvatiti koncept *Linked open* podataka. Semantičke tehnologije također će imati ključnu ulogu u omogućavanju razmjene i ponovnog korištenja virtualnih objekata kao što je to trenutno sa

uslugama kroz cloud tehnologiju. Obogaćivanje semantičko virtualnih opisa objekata označit će semantička obilježja za IoT označavanje web stranice je omogućen u semantičkome *Web-u*. Semantičke tehnologije koje su bazirane na zaključivanju pomoći će IoT korisnicima da lakše samostalno pronađu virtualne objekte kako bit time poboljšali učinak.

6.1.1. Mreža

Današnje komunikacijske tehnologije vezane za žične i bežične mreže te pružaju podršku globalnoj komunikaciji prihvaćajući komunikacijske standarde. Broj priključenih uređaja, njihove značajke i njihova potražnja u današnjem svijetu podrazumijeva komunikacijske zahtjeve koje će se svakim danom razvijati. Sve će se značajno promijeniti. Značajne promjene biti će najprije vidljive u danim komunikacijskim standardima i samoj mreži.

6.1.2. Mrežne tehnologije

Danas jedan od značajnih i najupotrebljivijih prometa je upravo mobilni promet. U mobilnom premetu korisnici koriste usluge: upućivanja poziva, primanje e-pošte, gledanje videa (npr. YouTube) i sve je više aplikacija za prijenos podataka (Facebook, Instagram, itd.). Razvoj *clouda* u računarstvu zahtijeva razvoj nove mrežne strategije za petu generaciju, odnosno 5G mrežu, što predstavlja jasno stapanje s trenutnim pristupnim mrežnim tehnologijama. Arhitektura takve mreže mora integrirana po potrebe za IoT aplikacija i ponuditi maksimalnu integraciju. Kako IoT i M2M[29] komunikacija bili kompatibilni, potrebna je veća brzina i veći kapacitet mreže. 5G mreža će zauzimati i do 5.000 puta više kapaciteta u odnosu na 3G i 4G mreže danas i podržavati će brzine i do 100Gbps. Kašnjenje mora biti što manje, što znači da će prijenos potrajati u intervalu od 1 do 10 milisekundi kako bi stigli od jednog kraja do drugog, što je velika razlika u odnosu na 40-60 milisekundi, što predstavlja današnji interval.

6.1.3. Skalabilnost IPv6 i IoT-a

Današnji prijelaz globalnog interneta na Internet protokol verzija 6 zbog sve većeg broja terminalnih uređaja povezanih na Internet, odnosno prelazak sa IPv4 na IPv6 koji pruža

[29] engl. *Machine to Machine* komunikacija

gotovo neograničen broj javnih IP adresa koje su u mogućnosti omogućiti dvosmjerni i simetrični (M2M) pristup milijardama pametnih stvari.

6.2. Korištene tehnologije

Tehnologije koje su bile potrebne za koncept Internet objekata su se počele razvijati i prije nego što je Internet objekata osmišljen kao napredak u globalnoj mreži. Integracijom i već istraženih i dobro poznatih tehnologija omogućena je izrada platformi koje pružaju bogate usluge temeljene na Internetu objekata. Nastavak razvoja tehnologija će omogućavati dodavanje bogatijih i složenijih usluga u Internet objekata, te pružiti okvir za izradu različitih platformi koje će pružati potpuno nove usluge. Dvije najzastupljenije tehnologije koje se koriste u konceptu IoT navedene su i opisane u daljnjem tekstu.

6.2.1. RFID

RFID-tehnologija se bazira na prijenosu podataka putem radijske frekvencije, odnosno radijskih valova. RFID-tehnologija može se definirati kao tehnologija koja spaja upotrebu elektromagnetskih ili elektrostatičkih sprega u radijsko frekvencijskom dijelu elektromagnetskog spektra kako bi se olakšala identifikacija određenog predmeta, životinje ili osobe. Isto tako se može reći da je RFID bežična tehnologija za prikupljanje podataka koja koristi elektroničke naljepnice za pohranjivanje podatka. RFID-tehnologija temelji se na sustavu čije su tri glavne komponente: RFID-tag, čitač i RFID-računalo, opisane i navedene u daljnjem tekstu [16].

6.2.1.1. Elementi RFID-sustava

Osnovni element sustava predstavlja RFID-tag[30] koji se može pojaviti u obliku naljepnice ili nekog drugog predmeta koji se ugrađuje u proizvod ili se samo pričvršćuje uz njega. Tag se sastoji od silikonskog mikročipa, u kojem su zapisani podatci, i antene kojoj je zadaća da prima i odašilje radijske valove. Ova dva osnovna elementa su otporni na utjecaj okoline.

[30] engl. *tag* – etiketa, oznaka, privjesak, metalni vršak

6.2.1.2. RFID-tag

Svaki tag koji je osnovni element sustava RFID predstavlja nositelja informacija na kojemu može biti zapisan cijeli niz informacija, pomoću kojih taj isti proizvod jedinstveno identificiraju i razlikuju od ostalih. RFID tag-ovi ili transponderi omogućuju "čitanje" odnosno "zapisivanje" podataka pa se tako javljaju tri vrste:

- *Read Only* (R) – omogućuju samo čitanje podataka s tag-a. Jednom pohranjena informacija ne može se mijenjati;
- *Write Once Read Many* (WORM) – korisnik sam programira memoriju transpondera prema svojim potrebama. Podatak se može zapisati samo prvi puta, nakon čega on ostaje pohranjen za stalno i može se neograničeno koristiti;
- *Read/Write* (R/W) – korisnik može mnogo puta upisati informaciju na tag i isto tako ih čitati, ali upravo iz tog razloga je njihova cijena skuplja u odnosu na R tagove.

6.2.1.3. RFID-čitač

Uređaj koji je zadužen za komunikaciju s tag-om ili transponderom naziva se RFID-čitač te upravo on ima jednu od glavnih zadaća. Nakon što prikupi podatke sa samo jednog ili više tag-ova on ih šalje računalu, te zapravo predstavlja vezu između tag-a i informacijskog sustava. Čitači sadrže antenu za čitanje i priključak na sustav za obradu podataka ili računalo. Također, čitači mogu služiti i za zapisivanje podataka na tagove. Funkcije kao i tehnike čitača svakodnevno se razvijaju kako bi se jedno dana mogle vršiti brže i jednostavnije obrade i prijenosa podataka. Primjer izgleda samog čitača vidljivo je na slici 13. [16].

6.2.1.4. RFID-računalo

Kao i u svemu danas tako i u RFID sustavu neophodno je računalo, odnosno RFID-računalo ili točnije računalni sustav. Računalo se sastoji od kompjuterskog hardware-a, i od software-a za procesiranje podataka koji povezuje čitač s računalnim sustavom. Ovaj software se još naziva i RFID-middleware, koji predstavlja program koji djeluje između aplikacije i mreže. Software koji je najčešće u upotrebi u RFID-sustavima naziva se "Savant". Savant je software kojeg je razvio *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) u SAD-u. Osnovne funkcije su prikupljanje, skladištenje i obrada informacija, te komuniciranje s

ostalima. On također ispravlja greške, eliminira dvostruke kodove od strane dva čitača, te određuje čija informacija ima prednost [16].



Slika 13. Funkcioniranje RFID-sustava [17]

Na kraju svega se može zaključiti da je cilj svakog RFID-sustava je što jednostavnije, efikasnije i što brže prevesti informacije o pojedinom jedinstvenom proizvodu u digitalni oblik koji omogućuje najbržu daljnju obradu istih. Na slici 13. prikazan je pojednostavljeni model funkcioniranja RFID-sustava – njegovi elementi i odnosi među njima. RFID-tag, koji se nalazi na ili u samom proizvodu, ozračen radio valovima koje emitira čitač i njegova antena. Pomoću vlastite antene koju ima, RFID -tag primljeni signal pretvara u električnu energiju pomoću koje može funkcionirati. Prema čitaču šalje informacije o svojoj memoriji. Čitač ima mogućnost istovremeno očitati veliki broj tag-ova, a broj i brzina očitavanja ovise o mogućnostima čitača i samoj vrsti tagova .Primljene informacije čitač konvertira u digitalni oblik i prosljeđuje ih prema RFID-računalu [16].

6.2.2. NFC

NFC[31] je tehnologija koja se koristi za bežičnu konekciju i prijenos podataka između dva uređaja na kratkoj udaljenosti. Princip rada tehnologije NFC prikazan je na slici 14. Konekcija se ostvaruje na brz i jednostavan način, i ne zahtjeva konfiguraciju ili potvrde od strane korisnika, za razliku od drugih bežičnih tehnologija. Zbog toga ima jako veliko područje primjene. NFC komunikacija pruža bežično spajanje do udaljenosti od otprilike 4 do 5 centimetara. Zbog toga je komunikacija jako sigurna, i bilo bi jako teško izvesti neku vrstu napada bez da korisnici primijete, pogotovo ako je jedna strana komunikacije pasivna. NFC je jedan oblik RFIDa , ali ima svoje specifične standarde i sučelja. To znači 1 da sva oprema, od bilo kojeg proizvođača mora raditi zajedno. Radi na 13.56 MHz. Koristi Manchester kodiranje. NFC oznake su relativno jeftine. Postoje četiri tipa Oznaka od kojih su prva dva najjednostavnija i troškovno najjeftinija, pa se i najviše koriste i imaju najveću šansu postići masovnu proizvodnju.

Radi na frekvenciji od 13.56 MHz. To frekvencijsko područje nije regulirano nikakvim zakonima, stoga nisu potrebne nikakve dozvole za rad na tim frekvencijama. Tip prijenosa je *halfduplex* jer se isti kanal koristi za slanje i primanje 10 podataka.. Uređaji mogu slati podatke jedino ako su prvo provjerili da druga 11 strana ne šalje ništa. Budući da se radi o komunikaciji na jako kratke udaljenosti protokoli koje koristi nisu toliko kompliciran kao kod drugih bežičnih tehnologija.

[31] engl. *Near Field Communication*

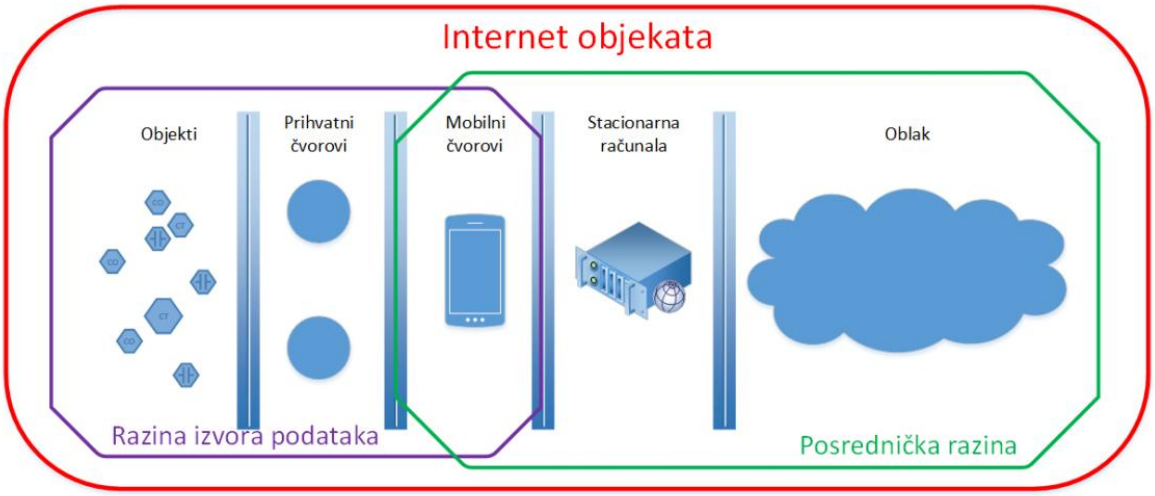


Slika 14. Princip rada NFC tehnologije [19]

NFC tehnologija će značajno pridonijeti budućem razvoju koncepta IoT, što će pružiti potreban alat za bežično spajanje na bilo koji od pametnih objekata korištenih u konceptu IoT. Mobitel koji podržava tehnologiju NFC također ima potencijal transformirati mobilne slušalice u različite vrste pametnih objekata kao što su situacije kada je potrebno platiti račune, a mobitel može koristiti kao kreditna kartica.

7. ANALIZA MREŽNE INFRASTRUKTURE U KONCEPTU IoT

U radu se opisuje mrežna arhitektura koncepta IoT koja bi trebala služiti za daljnje razvijanje usluga u domeni Interneta objekata. Kao što je već navedeno, sustav Interneta objekata sastoji se od pametnih uređaja (naprava) kojima korisnik upravlja putem Interneta. Iz toga razloga svaki korisnik treba imati neku vrstu aplikacije, odnosno aplikacija za mobilne terminalne uređaje. Aplikacija ne treba komunicirati izravno s napravama, nego sa servisom koji upravlja napravama, te skladišti i obrađuje podatke s naprava. Prikaz arhitekture prikazan je na slici 15.



Slika 15. Arhitektura Internet objekata [20]

Slika prikazuje dijelove koji su potrebni za funkcioniranje samog koncepta, odnosno prikazani su: servis u oblaku, pristupnik za upravljanje napravama, tri naprave te korisnička aplikacija. Naprave komuniciraju s pristupnikom, te njemu šalju poruke ili poruke primaju od njega. Pristupnik komunicira sa servisom u oblaku. Korisnička aplikacija ne komunicira izravno s napravama niti s pristupnikom, nego sa servisom u oblaku [20, 23].

7.1. Naprava

Naprava predstavlja pametni terminalni uređaj kojima se može upravljati na nekoj udaljenosti, tj. pomoću nekog komunikacijskog protokola koji terminalni uređaj podržava. Naprave mogu imat razne primjene te raznu složenost. Npr. naprava može biti jednostavan termometar koji u određenim vremenskim razmacima šalje očitanu temperaturu, a može biti i klimatski uređaj, koji se može upravljati udaljeno putem interneta. Naprava može samo poslati poruku u mrežu, te primiti poruku iz mreže.

7.2. Pristupnik

Pristupnik predstavlja uređaj koji povezuje naprave sa servisom u oblaku. Skuplja sve poruke iz lokalne mreže, te ih šalje servisu u oblaku i obrnuto, odnosno poruke sa servisa u oblaku prosljeđuje u lokalnu mrežu naprava. Pristupnik mora znati protokol i adresu koju servis u oblaku koristi.

7.3. Servis u oblaku

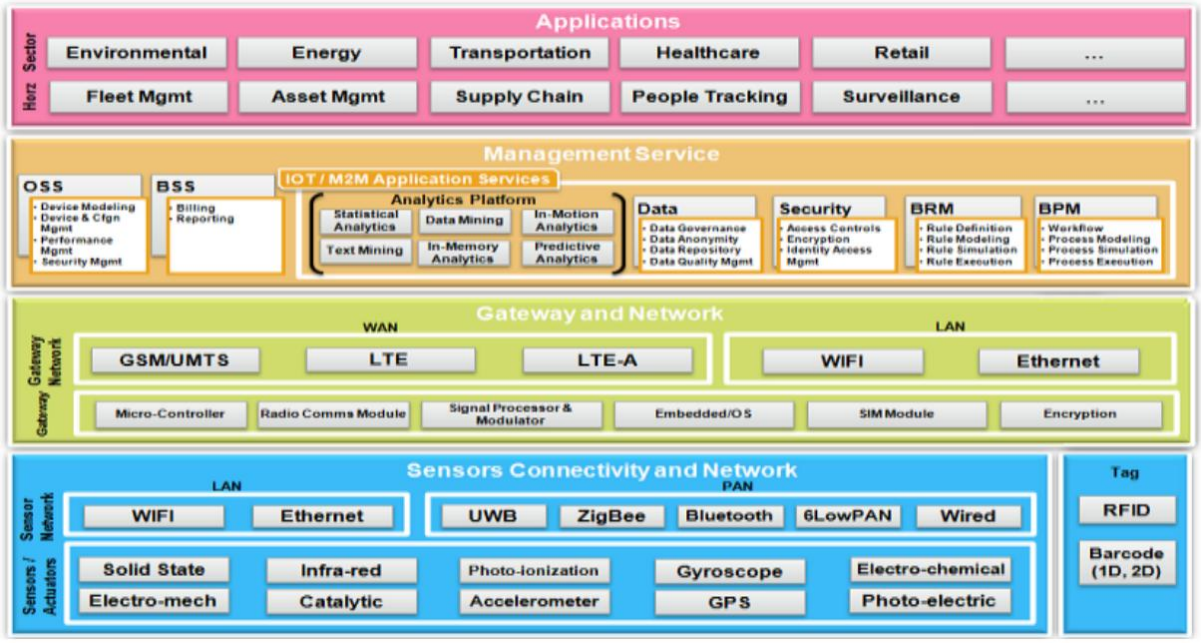
Servis u oblaku je servis koji obrađuje i skladišti podatke o napravama i pristupnicima. Za svaku napravu u sustavu servis mora znati s kojim pristupnikom naprava komunicira, te kakve poruke naprava može poslati i kakve poruke naprava može primiti. Sve poruke i podatke koje je naprava poslala ili koji su napravi poslani, servis sprema u bazu podataka, kako bi uvijek bili dostupni te da se mogu podatci uvijek usporediti sa prijašnjim. Servis u oblaku sadrži i podatke o korisnicima i korisničkim aplikacijama. Servis u oblaku ima definirana tri sučelja. Prvo sučelje koristi pristupnik, te pomoću njega prosljeđuje poruke između naprava i servisa. Drugo sučelje koristi korisnička aplikacija za upravljanje napravama. Treće sučelje je sučelje koje koristi administrator servisa u oblaku.

7.4. Korisnička aplikacija

Korisnička aplikacija je aplikacija pomoću koje sam korisnik upravlja napravama. Kao što je već objašnjeno, aplikacija ne komunicira izravno s napravama, nego sa servisom u oblaku. Putem aplikacije korisnik može pročitati neki podatak s naprave, poslati neku naredbu napravi, ili analizirati podatke spremljene u oblaku. Aplikacija mora znati protokol koji servis koristi, te sučelje koje servis podržava za aplikacije.

7.5. Arhitektura Internet objekata

Arhitektura Interneta objekata se temelji na slojevitom modelu, pri čemu niži slojevi služe kao potpora uslugama višeg sloja, kao što je prikazano na slici 16.



Slika 16. Slojevita arhitektura Internet objekata [20]

Prikazana slojevita arhitektura temelji se na slojevima: hardvera koji se sastoji od sloja senzora i poveznika, upravljačkog sloja i aplikacijskog sloja [11].

7.5.1. Sloj hardvera

Sloj hardvera je sastavljen od dva podsloja: sloja senzora i poveznika. Sloj senzora je najniži sloj u arhitekturi IoT-a. U sloju hardvera nalaze se senzori koji su raspoređeni u okolišu, a koriste se isključivo kao izvor podataka. Oni daju mogućnost međusobnog povezivanja fizičkih i digitalnih okruženja tako da je podatke moguće prikupljati i obrađivati u stvarnom vremenu. Kroz njih cjelokupni sustav dobiva informacije iz okoline o trenutnom stanju upravljanih sustava ili njihovih elemenata te na temelju toga izvršava zadane akcije. Postoje različiti tipovi senzora koji se koriste za širok spektar primjena. Oni omogućuju

mjerenje temperature, kvalitete zraka, pokreta i potrošnje određene energije te se isto tako mogu i grupirati na: senzore koji se koriste u zaštiti okoliša, senzore pokreta, senzore kućanskih aparata, telematske senzore, itd. [11].

Zbog velikih količina podataka koje će proizvesti već spomenuti senzori potreban je sloj poveznika kako bi mogle doći informacije do krajnjeg korisnika. Svakim danom je sve veća potražnja za širim rasponom IoT usluga i aplikacija pa samim time je potreban i razvoj dijelova sustava kako bi bio omogućen što jednostavni i što brži rad samog sustav.

7.5.2. Upravljački sloj

Upravljački sloj se smatra najkritičnijim u arhitekturi koncepta IoT. Njegova zadaća je da upravlja uređajima i informacijama u samom konceptu, te isto tako služi za filtriranje podataka. Ovaj sloj služi kao poveznica između hardvera koji se nalazi na dnu i aplikacijskog sloja koji se nalazi na vrhu same arhitekture [11].

7.5.3. Aplikacijskog sloja

Aplikacijski sloj nalazi se na samom vrhu arhitekture IoT-a i odgovoran je za dostavu aplikacija korisnicima IoT-a. Aplikacije mogu biti iz različitih područja. S ubrzanijim razvojem RFID tehnologije, stvaraju se brojne aplikacije koje će biti dio IoT-a. Ako pogledamo sigurnost, ona bi se trebala provoditi duž cijele arhitekture IoT-a, od sloja hardvera, odnosno prvenstveno od samih senzor pa sve do aplikacijskog sloja. Sigurnost je ovdje od velike važnosti, te integritet podataka mora biti zaštićen budući da podaci putuju kroz cijeli sustav [11].

Nakon svih istraživanja tehnologija koje se koriste u samom području IoT-a treba uvesti određene standarde kako bi razvoj mogao ići uzlaznom putanjom. Potrebno je uvesti standarde za arhitekturu, platforme i međusobnu komunikaciju pojedinih komponenti u konceptu Internet objekata.. Razvoj tih standarda i platformi predstavljaju temelj za razvoj ostalih naprednih usluga. Smjerovi budućih istraživanja u konceptu su otvoreni, jer se dolaskom IoT-a u vrhunac razvoja, otvaraju novi izazovi vezani uz regulaciju naplate, sigurnost te poboljšavanje performansi i efikasnosti rada platformi. Do sada su istraživanja

imala naglasak na uspostavljanje funkcionalnosti koje će omogućavati više usluga, ali povećanjem broja korisnika očekuje se i razvoj za kvalitetu usluge. IoT ima veliki utjecaj na samu sigurnost i privatnost uključenih sudionika. Mjere koje će osiguravati otpornost arhitekture na napade, koje će tražiti provjeru podataka, kontrolu pristupa i privatnost klijenata trebaju biti uspostavljene radi veće kvalitete usluge.

8. ZAKLJUČAK

Koncept *Internet of Things* predstavlja novi i jako zanimljiv smjer kojim se razvija Internet. Koncept služi za jedinstveno identificiranje objekata i njihovu virtualnu prezentaciju u strukturi Interneta. Objekti unutar koncepta *Internet of Things* mogu međusobno komunicirati, pružati informacije o sebi i prihvatiti informacije koje su prikupili neki od drugih objekata. Kako bi se mogli povezati različiti objekti i uređaji s velikim bazama podataka i mrežama, potreban je jednostavan i što efikasniji sustav identifikacije. U ovom trenutku, kao i što je predstavljeno u radu, RFID tehnologija predstavlja vrlo zadovoljavajuće rješenje za omogućavanje ove funkcionalnosti te isto tako i NFC tehnologija. Tek nakon identifikacije objekata moguće je prikupiti podatke o njima i obrađivati ih. Za prikupljanje podataka potrebna je sposobnost detektiranja promjena fizičkog statusa objekta što se može ostvariti upotrebom senzora, koji predstavljaju početak svega u samom konceptu. Sposobnosti kao što su praćenje promjena u okruženju, odnosno komunikacija između uređaja predstavljaju visoki prioritet u razvoju IoT-a.

Sustav *Internet of Things* sastoji se od pametnih terminalnih uređaja, odnosno naprava kojima korisnik upravlja putem interneta. Zbog toga korisnik treba određenu vrstu aplikacije pomoću koje će upravljati, najčešći oblik je aplikacija na pametnom telefonu. Aplikacija može a i ne mora komunicirati izravno s krajnjim uređajem, nego sa servisom koji upravlja tim uređajem, te skladišti i obrađuje podatke s njega. Krajnji uređaji komuniciraju s pristupnikom, te njemu šalju poruke ili ih primaju od njega. Pristupnik komunicira sa servisom u oblaku, a aplikacija šalje podatke, odnosno komunicira servisom u oblaku. Kao što je objašnjeno u radu arhitekturu IoT-a čine korisnička aplikacija, servis u oblaku, pristupnik te terminalni uređaji. U implementiranom sustavu korisnik lako može upravljati svim uređajima putem interneta iako naprave nemaju svoju IP adresu, iako bi skorija budućnost trebala dovesti do toga da svi krajnji uređaji imaju svoju IP adresu. Korisnik putem aplikacije komunicira sa servisom u oblaku, dok pristupnik služi kao veza između krajnjih uređaja i samog servisa u oblaku. Uređaji mogu komunicirati međusobno, te sa pristupnikom. IoT je područje informatičke tehnologije u kojem je istraživanje tek započelo te se radi na samom razvoju sustava, koji bi svoj vrhunac tek trebao doživjeti. Internet objekata možemo promatrati kao nastavak evolucije Interneta. Ako promotrimo razvoj Interneta, sve je započelo uvođenjem protokola IP za komunikaciju računala kao početak razvoja, nakon toga korak u razvoju je bio uvođenje WWW-a koji je omogućio umrežavanje

dokumenata, što je dovelo do velikog rasta globalne mreže Internet i povećanje njene popularnosti, a time i broja korisnika. Pristup WWW-u je bio moguć samo putem stolnih računala i laptopa, ali razvojem mobilnog pristupa Internetu i uređaja, odnosno pametnih terminalnih uređaja došlo je do značajnog porasta broja korisnika koji se spajaju na Internet, a daljnji razvoj u tom smjeru porasta broja korisnika donose nove platforme poput društvenih mreža kao što su Facebook, Instagram itd. Društvene mreže kao osnovni preduvjet traže pristup Internetu, čime se još više povećao broja korisnika, te dovelo do međusobne povezivosti i međusobne interakcije korisnika na mreži. Nastavak razvoja koji se događa danas je stvaranje Interneta objekata koji uz postojeću mrežu obuhvaća senzore i objekte koje ljudi koriste u svakodnevnom životu, kao npr. mobilne terminalne uređaje, kuće, automobili, kućanski aparati ili razni osobni senzori. Umrežavanje objekata stvara okruženje za izgradnju novih platformi koje će ljudima pružati nove, napredne usluge koje do sada nisu bile moguće, te tko zna što nam tehnologija IoT može donijeti u skorijoj budućnosti.

Neki od osnovnih izazova koji prate razvijanje samog sustava IoT-a opisani su u radu, a uključuju sigurnost, privatnost i povjerenje, upravljanje raznolikim sustavima, ograničenja mrežnih kapaciteta, upravljanje velikom količinom informacija i obrada velikih količina podataka kako bi se osigurala korisna informacija, a time i usluga. Čini se kako će budućnost Interneta i Internet objekata donijeti puno toga. IoT bi trebao utjecati na razvoj „pametnih“ gradova i tehnologije prometa i transporta, „pametnih“ kuća, unaprijediti poslovanje i javnu sigurnost, poboljšati korištenje energije, osigurati čišći okoliš i efikasnije stanovanje, unaprijediti medicinske usluge i zdravstvenu zaštitu, a sve to zajedno će generirati novu ekonomiju, nove ideje, nove sustave i modele, ali i nove probleme koji će se tek početi otkrivati razvijanjem samog koncepta, a iz toga razloga morati će se pronaći i rješenja za trenutno prisutne probleme te novootkrivene probleme.

LITERATURA

[1] Kavran, Z., Grgurević, I.: *Računalne mreže*, Prvo predavanje - povijest računalnih mreža, Internetska stranica: http://e-student.fpz.hr/Predmeti/R/Racunalne_mreze/Materijali/1_Predavanje.pdf (10.6.2016), Fakultet prometnih znanosti, Sveučilišta u Zagrebu, 2015.;

[2] Internetska stranica: http://www.computerhistory.org/internethistory/ (10.6.2016);

[3] Kavran, Z., Grgurević, I.: Drugo predavanje – OSI slojevi, Internetska stranica: http://e-student.fpz.hr/Predmeti/R/Racunalne_mreze/Materijali/2_Predavanje.pdf (10.6.2016),
Fakultet prometnih znanosti, Sveučilišta u Zagrebu, 2015.;

[4] Mrvelj, Š.: Osmo predavanje – Slojevite arhitekture, Internetska stranica: http://e-student.fpz.hr/Predmeti/T/Tehnologija_telekomunikacijskog_prometa_I/Materijali/8_predavanje.pdf (11.6.2016), Fakultet prometnih znanosti, Sveučilišta u Zagrebu, 2015.;

[5] Carnet, Internetska stranica: https://sysportal.carnet.hr/node/379 (11.6.2016);

[6] Tanenbaum, A.S., Wetherall, D.J.: *Computer Networks*; (5th Edition), Pearson Education, Inc., USA; 2010.;

[7] Mrvelj, Š.: Deseto predavanje – Promet u internet mreži, Internetska stranica: http://e-student.fpz.hr/Predmeti/T/Tehnologija_telekomunikacijskog_prometa_I/Materijali/10_predavanje.pdf (11.6.2016), Fakultet prometnih znanosti, Sveučilišta u Zagrebu, 2015.;

[8] Evans, D.: *The Internet of Things, How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything*; Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG), USA, 2011.;

[9] Bauer, H.; Patel, M.; Veira, J.: *Opportunities and challenges for semiconductor companies;* McKinsey&Company, 2015.;

[10] Gubbi, J., Buyya, R., Marusić, S., Palaniswamia M.: *Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions*; Department of Electrical and Electronic Engineering, The University of Melbourne, 2011.;

[11] Weber, M.: *Regulatorni izazovi Interneta stvari*; Hrvatska regulatorna agencija za mrežne djelatnosti, Zagreb;

[12] Crneković M: *Mogućnost primjene koncepcije Internet objekata u održavanju*; Sveučilišta u Zagreb; 2015.

[13] Internetska stranica: http://www.antel.rs/images/sema-kuce-1024.jpg (16.6.2016);

[14] Rudan, F., *Simulacijski model pametne kuće*, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2015.;

[15] Internetska stranica: http://www.cert.hr/sites/default/files/NCERT-PUBDOC-2010-03-293.pdf (16.6.2016);

[16] Purković D.: *Korištenje RFID tehnologije u senzorske svrhe*; Visoka tehnička škola u Bjelovaru;

[17] Chaudhry , N., M.S., Dale R. Thompson, P.E., Ph.D., Craig W. Thompson, Ph.D.: *RFID Technical Tutorial and Threat Modeling Version 1.0;* Department of Computer Science and Computer Engineering; University of Arkansas; December 8, 2005.;

[18] Höller, V. Tsiatsis, C. Mulligan, S. Karnouskos, S. Avesand, D. Boyle: *From Machine-to-Machine to the Internet of Things: Introduction to a New Age of Intelligence;* Academic Press, 2014;

[19] Internetska stranica: http://www.libramation.com/Pages/nfc.htm (16.6.2016);

[20] Antonić, A.: *Platforme za obradu podataka u stvarnom vremenu u području Internet objekata*; Zavod za telekomunikacije, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Sveučilište u Zagrebu;

[21] Barcena Ballano, M., Wueest C.: *Inscecurity in the Internet of Things*; Symantec World Headquartes; Mountin View, 2015.;

[22] Stanković, J.A.: *Research Directions for the Internet of Things*; Life Fellow, IEEE; Computer Science Department at the University of Virginia, USA, 2014.;

[23] Gaura, A, Scotneya, B, Parra, G, McCleana, S.: *Smart City Architecture and its Applications based on IoT*; School of Computing and Information Engineering, University of Ulster, Coleraine, Co., Londonderry BT52 1SA, UK, 2015:;

[24] Flauzac, O., Gonzalez, C., Nolot, F.: *New Security Architecture for IoT Network*; University of Reims Champagne-Ardenne, Laboratory CReSTIC, 51100 Reims, France, 2015.;

[25] Babar, S., Prasad, N.: *Proposed Security Model and Threat Taxonomy for the Internet of Things*; Chennai – India, 2010.

POPIS KRATICA

Kratica	Značenje kratica
ARPANET	Advanced Research Projects Agency Network
ASP	Active Server Page
CPU	Central processing unit Središnja jedinica za obradu
FTP	File Transfer Protocol
HEP	Hrvatska elektroprivreda
HEP	International Organization for Standardization Međunarodna organizacija za standardizaciju
IoT	Internet of Things Internet objekata
IP	Internet Protocol
IPV4	Internet Protocol version 4
IPV6	Internet Protocol version 6
IPX	Internetwork Packet Exchange
ISO	International Organization for Standardization Međunarodna organizacija za standardizaciju
JPEG	Joint Photographic Experts Group Format za slike
LAN	Local area network Lokalna mreža
M2M	Machine-to-Machine
MAC	Media Acces Control

	Kontrola pristupa mediju
MAN	Metropolitan area network Mreža gradskog područja
MIDI	Musical Instrument Digital Interface Format za zvukove
MPEG	Moving Picture Experts Group Format za slike
NFC	Near Field Communication
ONC RPC	Open Network Computing Remote Procedure Call Metodologija procedure udaljenog poziva
PAN	Personal area network Osobna mreža
PICT	Graphics file format Format za slike
QoS	Quality of service
RFID	Radio Frequency Identification RFID-tehnologija se bazira na prijenosu podataka putem radijske frekvencije, odnosno radijskih valova
SOA	Service oriented architecture
TCP	Transmission Control Protocol Protokol za kontrolu prijenosa
TIFF	Format for graphics Format za slike
WAN	Wide Area Network Mreža širokog područja

Wi-Fi	Wireless Fidelity

POPIS SLIKA

Slika 1: Od točke do točke mrežna topologija 12
Slika 2: zvjezdasta mrežna topologija 13
Slika 3: Sabirnička mrežna topologija 13
Slika 4: Prstenasta mrežna topologija 14
Slika 5: Stablasta mrežna topologija 14
Slika 6: Isprepletena mrežna topologija 15
Slika 7: Odnos broja terminalnih uređaja sa svjetskom populacijom 21
Slika 8: Prikaz korisnika i aplikacija u konceptu IoT 23
Slika 9: Budućnost razvoja aplikacija u konceptu IoT 24
Slika 10: Prikaz koncepta pametne kuće 27
Slika 11: Povezani elementi u pametnoj kući 29
Slika 12: Sigurnosni zahtjevi u konceptu Internet objekata 36
Slika 13: Funkcioniranje RFID-sustava 42
Slika 14: Princip rada NFC tehnologije 44
Slika 15: Arhitektura Internet objekata 45
Slika 16: Slojevita arhitektura Internet objekata 47