Analiza tehnologija kratkog dometa u funkciji IoT umrežavanja

Draganić, Siniša

Master's thesis / Diplomski 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:119:752274

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Siniša Draganić

ANALIZA TEHNOLOGIJA KRATKOG DOMETA U FUNKCIJI IoT UMREŽAVANJA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2016.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

ANALIZA TEHNOLOGIJA KRATKOG DOMETA U FUNKCIJI IoT UMREŽAVANJA

ANALYSIS OF SHORT RANGE TECHNOLOGIES IN THE FUNCTION OF IoT NETWORKING ENVIRONMENT

Mentor: doc. dr. sc. Ivan Grgurević

Student: Siniša Draganić
JMBAG: 2405132363

Zagreb, rujan 2016.

ANALIZA TEHNOLOGIJA KRATKOG DOMETA U FUNKCIJI IoT UMREŽAVANJA

SAŽETAK

U diplomskom radu dan je općeniti pregled bežičnih mreža koje se koriste u prijenosu informacija, njihova primjena i značajke. Opisane su bežične tehnologije kratkog dometa i informacijsko - komunikacijska infrastruktura za potrebe razvoja koncepta Internet stvari (engl. *Internet of Things*, kratica IoT). Istražene su primjene i planiranje tehnologija kratkog dometa u funkciji IoT umrežavanja. Opisana su rješenja temeljena na konceptu IoT, arhitektura i platforme za obradu podataka. Istraživanje vezano za upotrebu tehnologija kratkog dometa u sustavu IoT umrežavanja je provedeno metodom anketiranja ciljane skupine korisnika suvremenih tehnologija. Putem metode anketiranja utvrđene su mogućnosti primjene, prednosti i nedostaci upotrebe tehnologija kratkog dometa bežičnih mreža u funkciji IoT umrežavanja.

KLJUČNE RIJEČI: bežične mreže; tehnologije kratkog dometa; koncept Internet stvari (IoT); informacijsko-komunikacijska infrastruktura

ANALYSIS OF SHORT RANGE TECHNOLOGIES IN THE FUNCTION OF IoT NETWORKING ENVIRONMENT

SUMMARY

This thesis covers a general overview of wireless networks used for transferring information, their applications and features. It describes short-range wireless technologies and the information-communication infrastructure needed to develop the concept of the 'Internet of Things' (IoT). It explores the applications and planning of short-range technologies, architecture in function of IoT networking. It describes solutions based on the IoT concept and platforms for data processing. Research regarding the use of short-range technologies in the system of IoT networking is conducted by polling a specific group of modern technology users. By using the method of interviewing, possibilities for use of short-range wireless networks in the function of IoT networking are confirmed, as well as their advantages and disadvantages.

KEYWORDS: wireless network; short-range technologies; concept Internet of Things (IoT); information and communication infrastructure

SADRŽAJ

SAŽETAK……3
SADRŽAJ……..5
1.UVOD……7
2. OPĆENITO O BEŽIČNIM MREŽAMA……...10
2.1. Uvod……..……10
2.2.Povijest računalnih bežičnih mreža……....11
2.3. Klasifikacija bežičnih mreža……12
2.3.1 WWAN (engl. *Wireless Wide Area Networks*) ……..…13
2.3.2. WMAN (engl. *Wireless Metropolitan Area Networks*) ……..13
2.3.3 WLAN (engl. *Wireless Local Area Networks*) ……..…14
2.3.4. WPAN (engl. *Wireless Personal Area Networks*) ……....…16
2.3.5. WSN (engl. *Wireless Sensor Network*) mreže na licu mjesta,
Senzorsko-zasnovane mreže (engl. *Near field, Sensor-based networks*) ……17
2.3.5.1.RFID (engl. *Radio Frequency Identification*) ……..17
2.3.5.2. UWB (engl. *Ultra Wide Band)* ……....…*17*
2.3.5.3. NFC (engl. *Near Field Communication*) ……..…18
2.4. Vrste bežičnih mreža……..…..……18
2.5.Mrežni protokoli i OSI model……20
2.6. Bežične mreže i IOT ……..…..…21
3. BEŽIČNE TEHNOLOGIJE KRATKOG DOMETA U FUNKCIJI IoT
UMREŽAVANJA……..……....……23
3.1. Uvod u SRWT……..……..…24
3.2. Mrežne tehnologije……...25
3.3.Rast bežičnih mreža……....…25
3.4 Skalabilnost IPv6 i IoT-a……...26
3.5. Korištene tehnologije kratkog dometa……26
3.5.1. RFID……..……27
3.5.2. BLUETOOTH……...…30
3.5.3.ZIGBEE……..……33
3.5.4. NFC……...……35
3.5.5. UWB……..…36

3.5.6. Z-WAVE……37
3.5.7. 6LowPAN……..…..…38
3.5.8. WIFI……...……39
4. INFORMACIJSKO-KOMUNIKACIJSKA INFRASTRUKTURA ZA POTREBE IoT-a…….…….....41
4.1. Arhitektura Interneta stvari……...……42
4.2. M2M komunikacija……..…44
5. PLANIRANJE I PRIMJENA TEHNOLOGIJA KRATKOG DOMETA U FUNKCIJI IoT UMREŽAVANJA……..…….……47
5.1. Tehnologija kao nužnost suvremenog svijeta……..……50
5.2. IoT baziran na „oblacima“ ……..……52
5.3. Predviđeni slučajevi uporabe……....……53
5.3.1. Osobna, kućna i uredska primjena……..…53
5.3.2. Primjena u komunalnim i mobilnim uslugama……54
5.3.3. Budućnost primjene……56
6. ISTRAŽIVANJE PRIMJENE TEHNOLOGIJA KRATKOG DOMETA U KONTEKSTU IoT UMREŽAVANJA……...……....…57
7. ZAKLJUČAK…….....……75
LITERATURA…….78
POPIS KRATICA I AKRONIMA……..……83
POPIS SLIKA I GRAFIKONA……..……...….86
Popis slika……..……86
Popis grafikona……...…..……86
PRILOG – ANKETNI UPITNIK Analiza tehnologija kratkog dometa u funkciji IoT umrežavanja……..……..…88

1.UVOD

Internet mreža odavno nije samo mreža računala, već također povezuje različite uređaje koji imaju sposobnost slanja i primanja informacija o stanju uređaja na mreži. Internet stvari (engl. *Internet of Things*, kratica IoT) je koncept koji omogućuje umrežavanje različitih stvari i objekata iz svakodnevnog života te njihovu međusobnu komunikaciju putem Interneta, bez ljudske interakcije, a sve s ciljem poboljšanja uvjeta i načina na koji živimo. Koncept IoT pronalazi svoje mjesto u sve više područja, pa je tako njegovo mjesto osigurano i u polju tehnologije prometa i transporta. Primjena radio-frekvencijske identifikacije (engl. *Radio-frequency identification*, kratica RFID) i tehnologije mrežnih senzora omogućuje realizaciju brojnih izazova iz okoline koja nas okružuje. To rezultira generacijom ogromnih količina podataka koje treba pohraniti, obraditi i prikazati u učinkovitom i lako shvatljivom obliku. Računalstvo u oblaku (engl. *Cloud computing*) može pružiti virtualnu infrastrukturu koja integrira uređaje za praćenje, uređaje za pohranu, analitičke alate, vizualizacijske platforme i isporuku krajnjim korisnicima. Pametno povezivanje korištenjem dostupnih tehnologija kratkog dometa pomoću postojećih mreža i programiranja odgovarajućeg konteksta pomoću mrežnih resursa je neizostavni dio razvoja koncepta IoT. Uz rastuću prisutnost bežičnog pristupa Internetu (primjerice WiFi i LTE), razvoj prema sveprisutnim informacijskim i komunikacijskim mrežama je već itekako prisutan. Unatoč navedenom, za uspješan razvoj IoT-a, područje računalstva morat će ići iznad tradicionalnih mobilnih računalnih oblika koji koriste pametni telefoni i računala te se razvijati u povezivanju svakodnevnih postojećih objekata i ugrađivanju inteligencije u naše okruženje. Bežična tehnologija kratkog dometa (engl. *Short-Reach Wireless Technology*, kratica SRWT) postaje sve popularnija za sveprisutno povezivanje različitih terminalnih uređaja i opreme, nadzornih i mjernih sustava putem bežične mreže osjetila i aktuatora (engl. *Wireless Sensor and Actor Networks*, kratica WSAN). 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. Predviđa se da će se broj od 25 milijardi povezanih uređaja dosegnuti već 2016. godine, a do 2020. bi se trebao popeti na 50 milijardi uređaja [1].

Svrha istraživanja je ukazati na postojeće prednosti i nedostatke tehnologija kratkog dometa s ciljem planiranja i primjene kod koncepta *Internet of Things*. IoT umrežavanje uz korištenje različitih tehnologija ostvaruje brojne mogućnosti primjene prema različitim okruženjima (prometno okruženje, pametni gradovi i dr.).

Cilj istraživanja je provesti analizu različitih bežičnih tehnologija kratkog dometa u funkciji IoT umrežavanja. Provedenim istraživanjem ukazat će se na trenutne prednosti i nedostatke kod mreža računala i uređaja za vrijeme slanja i/ili primanja informacija i obrade velike količine senzorskih podataka u stvarnom vremenu, njihove pohrane, ali i aktivne isporuke korisnicima ili aktuatorima.

Diplomski rad sastoji se od sedam poglavlja:

1. Uvod
2. Općenito o bežičnim mrežama
3. Bežične tehnologije kratkog dometa u funkciji IoT umrežavanja
4. Informacijsko-komunikacijska infrastruktura za potrebe IoT-a
5. Planiranje i primjena tehnologija kratkog dometa u funkciji IoT umrežavanja
6. Istraživanje primjene tehnologija kratkog dometa u kontekstu IoT umrežavanja
7. Zaključak

Uvodno poglavlje opisuje svrhu i cilj diplomskog rada te daje kratak sažetak rada po poglavljima. U drugom poglavlju dan je opis bežičnih mreža, njihova zastupljenost, glavne značajke i interakcije u mreži uređaja. U trećem poglavlju obrađene su bežične tehnologije kratkog dometa u službi koncepta IoT, dosadašnja istraživanja, glavne značajke, rješenja, protokoli i dr. U četvrtom poglavlju opisana je informacijsko-komunikacijska infrastruktura za potrebe IoT. U petom poglavlju opisano je planiranje i primjena tehnologija kratkog dometa u funkciji IoT umrežavanja. Šesto poglavlje je najvažnije za ovaj diplomski rad, jer su u njemu prikazani i analizirani rezultati anketnog istraživanja s osvrtom na primjenu, nedostatke i prednosti tehnologija kratkog dometa za potrebe razvoja koncepta IoT. Rezultati anketiranja su radi lakšeg uočavanja i zaključivanja prikazani grafički i tekstualno analizirani. Sedmo poglavlje čini zaključak, odnosno sažetak svih prikupljenih saznanja i istraživanja odnosno cijelog diplomskog rada i njegove svrhe i cilja.

U diplomskom radu očekuje se provedba istraživanja koje obuhvaća pregled razvoja i moguće primjene bežičnih tehnologija kratkog dometa u konceptu IoT u tehnologiji prometa i transporta. Metodom anketiranja istražit će se mogućnosti primjene upotrebe bežičnih tehnologija kratkog dometa u funkciji IoT umrežavanja na ciljanoj skupini ispitanika suvremenih tehnologija. Temeljem anketnog istraživanja vezanog za primjenu tehnologija kratkog dometa u konceptu IoT, dobit će se rezultati vezani za rasprostranjenost i korištenje bežičnih tehnologija odnosno tehnologija kratkog dometa te mogućnosti upotrebe i razvoja novih usluga. Dobivenim rezultatom provedenog istraživanja anketiranjem ispitanika utvrdit će se potrebe i zahtjevi krajnjeg korisnika u cilju prepoznavanja novih mogućnosti upotrebe tehnologija kratkog dometa u funkciji IoT-a.

2. OPĆENITO O BEŽIČNIM MREŽAMA

2.1. Uvod

Bežična mreža u užem smislu riječi predstavlja mrežu uređaja koji međusobno komuniciraju radijskim putem elektromagnetskim valovima određenih frekvencija. Komunikacija je razmjena informacija i podataka između najmanje dvaju sudionika. Bežične mreže su vrsta komunikacijske mreže koje kao medij prijenosa ne koriste kablove napravljene od metala, bakra, legure ili stakla već se kao medij za prijenos podataka koriste elektromagnetski valovi tzv. radiovalovi**.** Bežična mreža je fleksibilni podatkovni komunikacijski sustav koji koristi bežični medij, kao što je tehnologija radio frekvencija, za slanje i primanje podataka zračnim putem. Bežične mreže se koriste za povećanje mogućnosti, a ne za zamjenu žičanih mreža i najviše se koriste da bi osigurale povezivanje mobilnog korisnika sa žičanom mrežom. Za potrebe prijenosa informacije između mrežnih komponenata, bežične komunikacije koriste bežične konekcije. Bežične mreže mogu osigurati mrežni pristup telefonima, računalima, aplikacijama, bazama podataka i internetu i to na nivou zgrada, između zgrada, između naselja i između udaljenih lokacija pružajući pri tome korisnicima mogućnosti da kopiraju, pribavljaju, upravljaju ili manipuliraju podacima virtualno sa bilo koje lokacije [2].

Intenzivni razvoj bežičnih mreža prati nagli rast interneta, čime doprinosi jednostavnost implementacije kao i fleksibilnost u radu kao i velik izbor uređaja koji se koriste pri implementaciji mreže. Prilikom postavljanja bežičnih lokalnih računalnih mreža treba uzeti u obzir posljedice vezane za sigurnost mreže i podataka kao i za upravljanje takvom mrežom [3].

Ove mreže su atraktivne zbog toga što bežične komponente mogu da osiguraju privremenu vezu sa postojećim kablovskim mrežama, osiguraju podršku postojećoj mreži, pruže određeni nivo prenosivosti i prošire mreže izvan dometa fizičkih veza.

Tri su osnovna načela prijenosa signala u komunikacijskom sustavu:

a) FDMA (engl. *Frequency Division Multiple Access*) - dva uređaja koja komuniciraju koriste jedan kanal neprekidno bez obzira postoji li signal ili ne. Ovo

rješenje je vrlo nepraktično u mobilnim vezama, jer kanal veći dio vremena nije u funkciji. Većinom se koristi u analognim sustavima.

b) TDMA (engl. *Time Division Multiple Access*) - ako se digitalni signal poruke šalje u kratkim vremenskim intervalima, moguće je kroz isti kanal omogućiti da svaki od uređaja slijedno šalje svoj dio signala u vremenskom ciklusu od recimo 3 segmenta. Kako se slijed prima odmah se razvrstava prema pripadnom odredištu. Dakle, uporabljivost kanala je povećana, a od 3 kanala FDMA tipa može se dobiti 9 kanala TDMA tipa zahvaljujući vremenskom multipleksu. Ovo ne bi bilo moguće da se analogni signal poruke ne pretvori u digitalni koji nakon kompresije treba puno manje vremenskog prostora za istu poruku.

c) CDMA (engl. *Code Division Multiple Access*) - ne koristi kanale za komunikaciju već se svi kanali, bolje rečeno cijeli raspoloživi nepodijeljeni frekventni spektar, koristi za komunikaciju. Svaki uređaj koji trenutno komunicira zauzme određeni broj slobodnih malih dijelova frekventnog područja u kratkom vremenskom intervalu. Prvi zauzme nekoliko dijelova frekventnog područja, a naredni uređaji uzimaju prve raspoložive slobodne dijelove frekventnog područja koje nađu. Nema strogo definiranih kanala. Svakom digitalnom komunikacijskom signalu dodjeljuje se jedinstveni kod raspoznavanja. Signal poruke je digitalni. Iskoristivost raspoloživog frekventnog područja je velika [4].

2.2. Povijest računalnih bežičnih mreža

Početak bežičnog prijenosa informacija je obilježio Guglielmo Marconi koji je počeo da radi sa radio valovima. Marconi je 1896.god.patentirao izume i osnovao telegrafsku i signalnu kompaniju, koja će biti prvo poduzeće u svijetu. Do 1901. godine prvi radio signali su poslani preko Atlantika. Ovaj izum je preuzela i vojska koja je još dodatno osiguravala podatke enkripcijom, a puni zamah je radio tehnika doživjela u Drugom svjetskom ratu. 1971.godine je Havajski Univerzitet razvio prvi WLAN odnosno bežičnu lokalnu mrežu nazvanu ALOHAnet. U SAD -u je od 1982. AMPS specifikacija bila standard za mobilne mreže, dok su i druge države razvijale svoje svojstvene bežične mreže gdje je na kraju prevladao GSM standard koji se i danas koristi u većini država. NCR Corporation/AT&T su 1991. razvili tadašnji WaveLAN, koji će kasnije postati Wi-Fi. Od tada, Wi-Fi će biti glavni način

umrežavanja današnjih modernih osobnih računala. Visoka cijena instalacija, problemi sa sigurnošću komunikacije, male prijenosne brzine i nužnost posjedovanja dozvola za rad predstavljaju osnovne razloge zbog kojih su krajnji korisnici uglavnom izbjegavali upotrebu bežičnih tehnika komunikacije. Bežične mreže je moguće primijeniti na onim mjestima gdje je realizacija ožičenja teško izvodljiva ili skupa. Primjena bežične tehnologije bitno smanjuje vrijeme i troškove instalacije, što ih čini ekonomičnim rješenjem umrežavanja. Mogućnost bežične komunikacije postala je veoma interesantna za širok spektar IT aplikacija. U današnje vrijeme, ukupna količina kreiranog sadržaja koju je potrebno razmijeniti koristeći računalne mreže (lokalne i internet) je gotovo nemjerljiva. Sve više i više ljudi i tvrtki koristi internet kao brzi prijenos podataka [3].

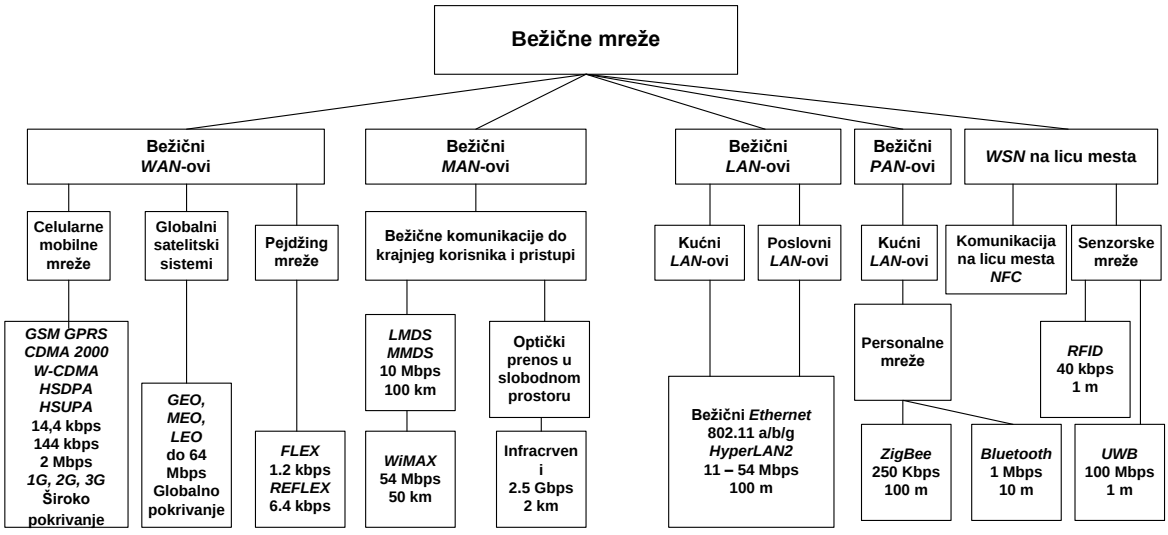
2.3. Klasifikacija bežičnih mreža

Bežične mreže se mogu klasificirati na osnovu većeg broja kriterija, uključujući:

a) geografsku pokrivenost;

b) nivo mobilnosti; i

c) dozvoljeni spektar zračenja.



Slika 1. Klasifikacija bežičnih komunikacija [3]

Sve ove podjele su ravnopravne i sveobuhvatne, a na osnovu pokrivenosti postoje WWAN, WMAN, WLAN i WPAN komunikacijski sustavi, što prikazuje slika 1. [3].

2.3.1 **WWAN** (engl. *Wireless Wide Area Networks*)

Ove mreže osiguravaju direktnu konekciju za šire područje, uključujući različito područje i gradove. Najviše korištene mreže ovog tipa su razne familije mobilnih radio-celularnih mreža počev od 1G, 2G, 3G i 4G koje koriste različite mobilne tehnologije i servisne implementacije, kakve su AMPS, GSM i CDMA. Celularni mobilni sustavi koriste uređaje instaliranih na zemlji i ostvaruju direktno horizontalno RF-zasnovano bežično povezivanje [5].

Satelitske mreže pripadaju istoj klasi (misli se na široko područje pokrivanja-wide area), ali ostvaruju globalnu pokrivenost (za razliku od celularnog predajnika ostvaruje lokalnu pokrivenost). Kod satelitske komunikacije razlikujemo dva tipa prijenosa: a) od zemlje ka satelitu (uplink); i b) od satelita ka zemaljskim stanicama, ili individualnim korisnicima (downlink). Sateliti u zavisnosti od toga na kojoj se visini nalaze mogu biti tipa GEO, MEO i LEO. Satelitima može da se ostvari prijenos video signala (engl. *video broadcast*), prijenos govora, i prijenos podataka sa brzinom od 64 Mbps. GEO sateliti koji su na rastojanje od 35 900 km od zemlje karakterizira veliko vrijeme propagacije signala. Novije generacije satelitskih komunikacijskih tehnologija omogućavaju prijenos govornih telefonskih signala [6].

2.3.2. **WMAN** (engl. *Wireless Metropolitan Area Networks*)

Ove mreže ostvaruju direktan široko-pojasni pristup prema fiksnim bežičnim mrežama u okviru nekog šireg područja (veći grad, tj., metropola). Prve WMAN tehnologije su bile LMDS (engl. *Local Multipoint Distributed Service*) i MMDS (engl. *Multi-channel Multipoint Distributed Service*). LMDS je fiksna širokopojasna (broadband) bežična tehnologija koja koristi usmjerene antene koje rade u mikrovalnom frekvencijskom području (28-40 GHz). Kod LMDS-a je potrebno osigurati direktnu vidljivost između predajnika i prijemnika. Ovaj prijenos je jako osjetljiv na veliku vlažnost u zraku ili jakoj kiši. MMDS je fiksna bežična tehnologija

pristupa koja je alternativa za širokopojasne local-loop servise. I u ovom slučaju treba da postoji vidljivost između predajnika i prijemnika. Veza se ostvaruje u frekventnom opsegu od 2.1 do 2.7 GHz. Najvažnija WMAN tehnologija je svakako WiMAX (engl. *Wireless Metropolitan Area Exchange*). To je bežična tehnologija tipa direktna vidljivost (engl. *direct line-of-sight wireless access technology*) koja predstavlja alternativu za širokopojasne local-loop servise. Za prijenos koristi spektre od 2.5, 3.5, 5.3, i 5.8 GHz [3].

2.3.3 WLAN (engl. *Wireless Local Area Networks*)

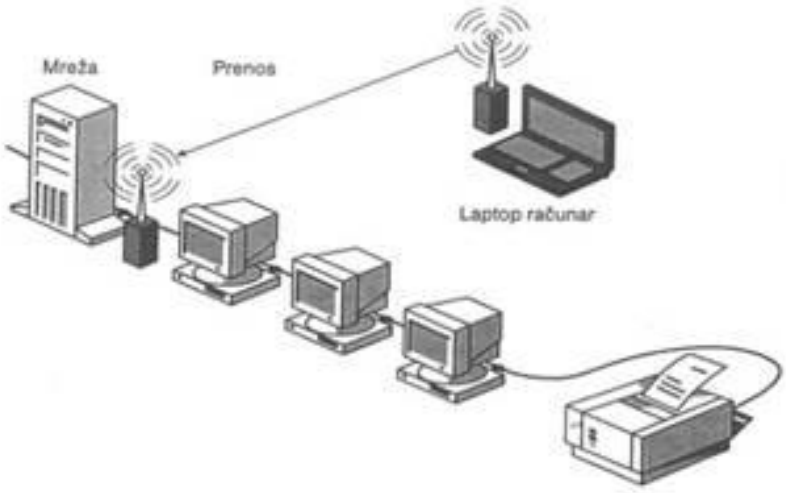
WLAN je vrsta lokalne mreže (LAN) u kojoj se za komunikaciju umjesto žica koriste radiovalovi. To je fleksibilan komunikacijski sustav koji se upotrebljava kao dopuna ili zamjena za žičane lokalne mreže. Ove mreže omogućavaju lokalni prijenos podataka i govora prema djeljivim resursima kakvi su serveri, štampači, ruteri, i dr., u okviru ograničenog kruga neke organizacije. Komunikacija se odvija na frekvenciji od 2.4 do 2.485 GHz. Ta frekvencija je ne licencirajuča. To znači da je dozvoljena javna upotreba te frekvencije bez ikakve naknade državi. Mogućnosti ovakvog LAN-a vjerovatno su jasne svakome tko je radio na nekakvom LAN-u više od jednom. Korisnici sami pokreću servise koji se njima sviđaju, konfiguriraju svoja računala onako kako oni žele (osim mrežne konfiguracije), igraju on-line igrice, međusobno šalju i primaju podatke, komuniciraju (video, voice, text, itd), bez nadzora administratora. Naravno, svako snosi odgovornosti za svoja dijela, tako da se mreža, niti bilo koji njen dio osim računala (jednine ili množine), odnosno vlasnika istih, koji su počinili (ne) djelo, ne može smatrati odgovornom za eventualne ispade bilo kakve vrste. Napadi na mrežu isto tako će se kažnjavani do maksimuma, koliko god bude bilo u moći mrežnih administratora. No, bonton je pretpostavljeni uslov, i po pravilu bi se svi trebali ponašati u skladu s njim. Uspjeh WLAN-ova se zasniva na širokoj rasprostranjenosti LAN tehnologija, i pružanju korisniku jednu idealnu sliku o transparentnim komunikacijama kroz veći broj različitih mreža. WLAN-ovi se široko koriste u industriji, edukaciji, zdravstvu, na aerodromima, kod malih privatnih kancelarija, Internet kafeima, i kod većih zgrada. WLAN-ovi se baziraju na short-range RF komunikacijama standardiziranih od strane IEEE radnih grupa. U Europi se koristi WLAN standard nazvan HyperLAN standardiziran od strane European

Telecommunications Standard Institute (ETSI). Tekuće su implementirane tri IEEE specifikacije: 802.11a, 802.11b i 802.11g. Najpopularniji među njima je 802.11b poznat kao Wi-Fi (engl. Wireless Fidelity). WLAN radi na jednom od ne licenciranih frekvencijskih opsega od 2.4 GHz, 5.6 GHz, 1.9 GHz, ili 900 MHz (točnije 902- 928 MHz) sa dometom do 100 m. LAN mreža je inače podmreža jedne veće mreže koja se zove WAN (engl. *Wide Area Network*) koja se proteže na veća geografska područja (grad, država, kontinent), dok se LAN proteže na prostoru do 1 km [4].

Bežičnu računalnu mrežu u osnovi treba promatrati kao jednu vrlo korisnu mogućnost unutar strukture LAN-a ustanove. Ključni element koji omogućava povezanost bez klasičnih žica je bežična pristupna točka (engl. *Access Point*). Na sljedećim slikama je prikazana moguća verzija pristupne točke unutar jedne zgrade (slika 2.) i način uspostavljanja veze između prijenosnog računala i lokalne računalne mreže (slika 3.). Pristupne točke (primopredajnici) uspostavljaju radio kontakt sa prenosivim mrežnim uređajima [4].



Slika 2. Bežična pristupna točka [4]



Slika 3. Veze između prijenosnog računala i lokalne računalne mreže [4]

Bežične pristupne točke unutar ustanove moraju se pažljivo razmijestiti, jer po svojoj prirodi rasprostiranja elektromagnetski valovi ne mogu se kanalizirati pa će jedan dio izlaziti van područja što predstavlja veliki sigurnosni problem. Za izlaz prema internetu koristi se uređaj po imenu ROUTER koji rutira i upravlja mrežom. On ima IP tabele preko kojih šalje podatke na njihovo odredište, dok Switch ima MAC tablice preko kojih šalje svima podatke [4].

2.3.4. **WPAN** (engl. *Wireless Personal Area Networks*)

WPAN mreže osiguravaju bežičnu konekciju različitim uređajima u okviru ograničenog područja boravljenja korisnika (npr. stan). Također poznate kao mreže za kućno-umrežavanje WPAN-ovi su namijeni da integriraju i standardiziraju korištenje kao i interakciju različitih kućnih uređaja (recimo onih namijenih za zabavu) kao i električnih uređaja (kakvi su štednjaci, TV uređaji, klima uređaji). Ove mreže također omogućavaju povezivanje većeg broja računala i njihovih periferija, kao i spregu s uređajima tipa štampač, skener, digitalna kamera, i video kamera, uređaja za distribuciju i komuniciranje video i govorim signalima, uređaja za distribuciju muzičkih signala, uređaja za protuprovalnu i protupožarnih alarma, uređaja za mjerenje sobne temperature, vlažnosti, brzine vjetra, i dr. Nekoliko standarda postoje za WPAN-ove, uključujući IEEE 802.15 WPAN Bluetooth/ZigBee i drugi. Bluetooth bežična tehnologija predstavlja skup specifikacija i protokola namijenih za ostvarivanje jeftinih veza kod radio sustava male potrošnje kakve susrećemo kod prijenosnih računala, mobilnih telefona, PDA-ova i drugih prenosivih uređaja. Bluetooth radi u frekventnom području od 2.4 GHz poznat kao Industrial, Scientific and Medical (ISM) band (od 2.4 do 2.4835 GHz) sa maksimalnom brzinom prijenosa od 3 Mbps. ZigBee je definiran standardom IEEE 802.15.4, a odnosi se na bežično umrežavanje, upravljanje, i monitoring uređaja koristeći malu brzinu u prijenosu podataka (low data rate radio communications) i ultra malu potrošnju energije kod prijenosa (ultra low power firmware resources). ZigBee radi u opsegu od 1 do 100 m pri vršnoj brzini prijenosa od 128 kbps-a [7].

2.3.5. **WSN** (engl. *Wireless Sensor Network*) **mreže na licu mjesta, Senzorsko-zasnovane mreže** (engl. *Near field, Sensor-based networks*)

Ovim mrežama se ostvaruje komunikacija između uređaja instaliranih na licu mjesta procesa koristeći pri tome radio frekvencijsku identifikaciju i ultra-široko-pojasni prijenos (engl. *ultra wide band transmission*). U ovom području bežičnih komunikacija se koriste RFID, UWB i NFC tehnologije [7].

2.3.5.1. **RFID** (engl. *Radio Frequency Identification*)

To je bežična RF, markerno bazirana (engl. *tag based*), tehnologija niske cijene kod koje ne postoji direktna potrošnje energije. Ova tehnologija zahtjeva ugradnju specijalnog čitača. U zavisnosti od toga da li se *tag*-ovi napajaju ili ne, postoje dva glavna tipa RFID sustava: pasivni i aktivni. RFID se smatra kao uređaj koji zamjenjuju laserski bar kod čitača. RFID se također može koristiti da ostvari povezivanje mreže formirane od radio-zasnovanih senzora i aktuatora instaliranih u industriji i mrežama koje se koriste za upravljanje složenim sustavima. Jedan od dozvoljenih *RF* spektara za RFID je *UHF (engl. Ultra-High Frequency)* opseg, koji se nalazi u opsegu *868-928 MHz* pri čemu je brzina prijenosa podataka *reda 40 kbps* [5].

2.3.5.2. **UWB** (engl. *Ultra Wide Band)*

UWB radio tehnologijom ostvaruje se brzina prijenosa podataka od *480 Mbps* čak i pri nešto manjoj potrošnji energije, tako da je ova tehnologija postala jaki konkurent *Bluetooth/ZigBee* tehnologijama. Tekuće UWB radi u nelicenciranom opsegu od 3.1 do 10.6 GHz pri snazi zračenja od 1 μW, čime se značajno minimizira moguća interferencija sa Wi-Fi, GPS, i mobilnim telefonijom. Primarna UWB aplikacija je ona koja se naziva Wireless USB (WUSB) i koristi se za potrebe brzine prijenosa od 480 Mbps-a, prvenstveno namijenjena za povezivanje PC periferija preko USB interfejsa, kakvi su monotori i štampači [5].

2.3.5.3. **NFC** (engl. *Near Field Communication*)

NFC je namenjena za ostvarivanje V*ery S*hort Range bežične komunikacije s dometom od nekoliko centimetara. NFC radi na frekvenciji 13.56 Mhz uz protok podataka od omanjih 424 kbps. Količina informacija koja se šalje NFC tehnologijom je iznimno mala (svega oko par kb). Rad se zasniva na principu magnetske indukcije koja se stvara među dvije antene uređaja. Između te dvije antene se stvara inducirano polje kroz koje se mogu slati električni impulsi, odnosno podaci. Dva su tipa čipa – prijamnik i predajnik. Prijamnik je pasivni, dakle ne treba napajanje, dok ga predajnik mora imati. NFC prijamnici zbog toga mogu biti izvedeni kao naljepnice ili tanki sloj plastike što ga čini iznimno fleksibilnim za ugradnju u razne uređaje. Prijamnici su read-only tip čipova u koje su uprogramirane informacije prilikom njihove proizvodnje. Te informacije mogu biti razne cijene, popusti, podaci o određenim događajima i slično. Prijamnici mogu biti isprogramirani sa statičnim sadržajem, ili koristiti dodatni sklop koji može biti spojen na internet preko kojeg je moguće i dinamički upravljati podacima u čipu. Također i predajnici mogu raditi u prijamnom modu, zbog toga je i omogućena komunikacija npr. između dva pametna telefona [58].

2.4. Vrste bežičnih mreža

Postoje četiri glavna sredstva koja se kod bežičnih komunikacija koriste za prijenos informacije, a ona se baziraju na:

a) radio-prijenosu,
b) mikrovalnom-prijenosu,
c) satelitskom prijenosu, i
d) optičko-infracrvenom prijenosu.

Svaki od ovih načina prijenosa informacije se zasniva na različitim komunikacijskim tehnologijama, mrežnim elementima i različitim frekvencijskim spektrima koji su dozvoljeni za potrebe korištenja kod komuniciranja. Najstarije bežične aplikacije su one koje koriste radio valove za potrebe emisije svima (engl. *broadcast*), sa jedne strane, i individualnog prijema, s druge strane. Zadnjih nekoliko

godina radio-frekvencijske (engl. *Radio Freque*ncy, RF) zasnovane tehnologije su evoluirale od analognih sustava do digitalnih, odnosno od onih koje su do nedavno prenosile samo govor i sliku, do onih koje danas prenose i podatke. Zadnja dva desetljeća su se izdvojila dva glavna pravca u razvoju bežičnih komunikacija. Prvi se odnosi na popularne celularne-mobilne (engl. *cellular mobile*) mreže i servise, obično namjenjene da podrže govorne komunikacije. Drugi pravac je bio orijentiran ka razvoju radio-baziranih fiksnih-bežičnih (engl. *radio based fixed wireless*) tehnologija kakve su WLAN, WPAN, WMAN, i WSN prvenstveno namjenjene da podrže prijenos tipa komuniciranje podacima [5].

Bežične mreže prema svojoj tehnologiji, mogu se podijeliti u tri kategorije:

a) lokalne mreže - tipična lokalna mreža funkcionira praktično isto kao i odgovarajuća mreža sa kablovima, s tom razlikom što su kod ovih mreža računala opremljena bežičnim mrežnim adapterima sa primopredajnicima. Sama komunikacija je ista kao i kod mreža sa kablovima,

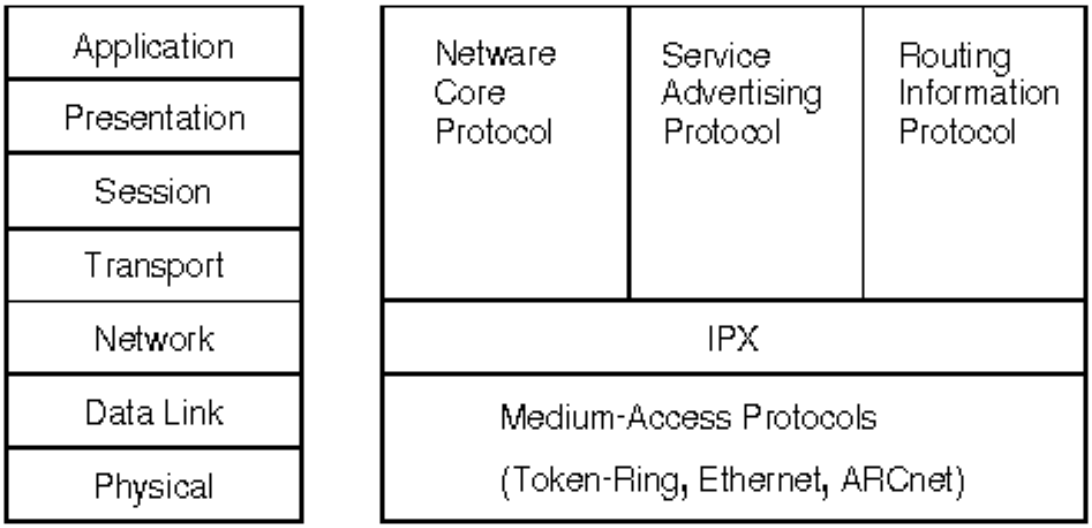
b) proširene lokalne računarske mreže - za bežične mreže su napravljene komponente koje su ekvivalentne uređajima koji se koriste kod mreža sa kablovima. Na primjer, bežični most je uređaj za povezivanje mreža koje su međusobno udaljene do 4,8 kilometara,

c) mobilno računalstvo.

Bežična komunikacija u računalnim sustavima vrlo je srodna mobilnoj telefoniji gledajući medije koji se koriste za prijenos signala. Mobilni uređaj je vrlo pogodan primjer za mobilno računalstvo. Centralni primo-predajni sustav smješten na krovu nekog nebodera omogućava istovremenu dvosmjernu komunikaciju s mobilnim uređajem jednog korisnika i povezuje ga na isti način na nekom drugom udaljenom mjestu s drugim korisnikom. Komunikacijski kanal ima dva odvojena ”podkanala” koji se nazivaju UPLINK (od korisnika prema centralnoj anteni) i DOWNLINK (od centralne antene prema korisniku). Komunikacijski kanal je frekvencijski raspon u visoko-frekventnom području koji omogućava da se uspješno prenese signal poruke. Na primjer, TV signal zahtijeva kanal širine 6MHz u UHF području (470MHz-960MHz) označene brojevima 21-69, dakle ukupno 48 kanala, za 48 signala poruke. Signal je u osnovi sinusnog oblika visoke frekvencije, moduliran s analognim ili digitalnim signalom poruke za niske frekvencije. Niskofrekventni signal poruke “utisnut” je u visokofrekventni signal koji ima svojstvo širenja prostorom te na neki način “nosi” niskofrekventni signal poruke [3].

2.5. Mrežni protokoli i OSI model

Svakom aktivnošću na mreži kojom se podrazumijeva komunikacija dva ili više entiteta upravlja protokol. Protokol definira format i redoslijed poruka koje se razmjenjuju između dva ili više komunicirajućih entiteta, kao i akcije koje se poduzimaju nakon slanja ili prijema poruke ili nekog drugog događaja. Najpoznatiji protokoli su Bluetooth, Ethernet, FDDI, IEEE 1394 (FireWire, iLink), Frame relay, IEEE 802.11, IPX, Point-to-Point, TCP/IP, TCP, Token Ring, UDP. OSI model je apstraktni opis dizajna protokola računalskih mreža, predstavljen u obliku sedam slojeva. Razvijen je 1984. godine od strane Međunarodne organizacije za standarde (engl. *International Organization for Standardization*, kratica ISO), koja je predstavljala oko 130 država. Sedam slojeva koji su prikazani na slici 4. određuju različite etape kroz koje podaci moraju da prođu od jednog uređaja do drugog u nekoj računalnoj mreži [9].



Slika 4. Prikaz TCP/IP [9]

Aplikacijski sloj je sloj na kome se koristi API kojima se ostvaruje mrežna komunikacija, a da se ne vodi računa o nižim slojevima. Protokoli na ovom sloju su: HTTP, FTP, telnet, SMTP, NNTP i dr. Prezentacijski sloj na kome se izvode konverzije između različito kodiranih datoteka. Sloj sesije se bavi uspostavljanjem veze između krajnjih korisnika. Transportni sloj vodi računa o paketima koji putuju između dva računala (TCP i UDP). Mrežni sloj pretvara IP adrese u MAC adrese. Sloj

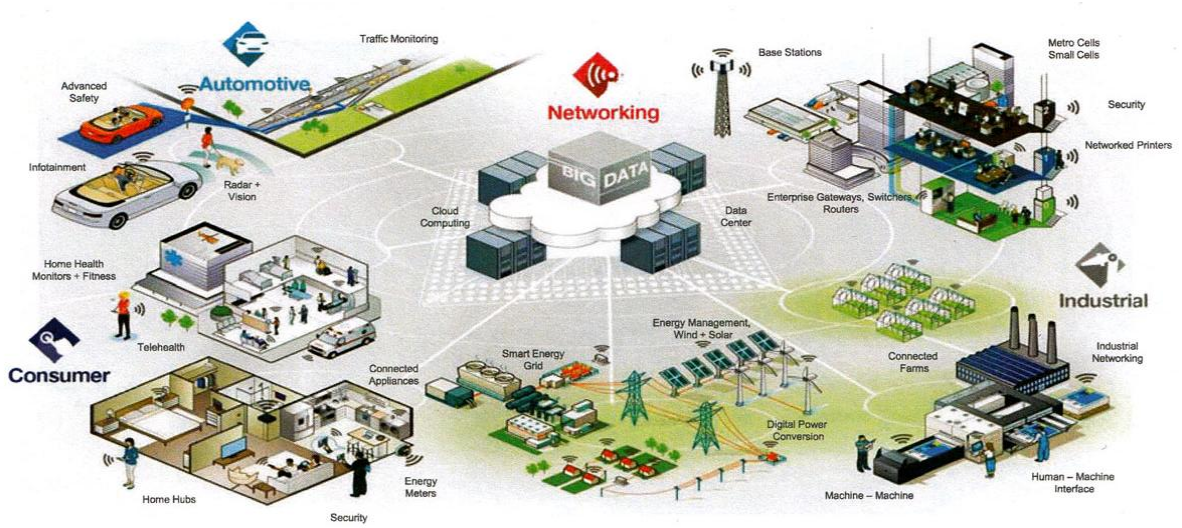
podatka se brine za razmjenu podataka između mrežnih uređaja, za detekciju i korekciju grešaka na fizičkom sloju. Fizički sloj predstavlja fizička svojstva mrežnih uređaja – mrežnih adaptera (engl. *network interface card,* kratica NIC). Sve današnje mreže su na neki način bazirane na OSI standardu [9].

2.6. Bežične mreže i IOT

Internet stvari (IoT) označava povezivanje različitih uređaja uz korištenje mogućnosti interneta. Povezivanje različitih uređaja može biti bežično i omogućavaju se nove mogućnosti za međusobnu interakciju između različitih sustava. Primjenom koncepta IoT ostvaruju se nove mogućnosti u cilju razvoja sustava kontrole te praćenja i pružanja naprednih informacijsko-komunikacijskih usluga. Osnovna ideja IoT je da različite stvari korištenjem različitih tehnologija poveže bežičnim sustavima i da ih učini sveprisutnima tako da su u mogućnosti komunicirati međusobno, surađivati sa susjednim uređajima u cilju postizanja zajedničkog cilja. Pametno povezivanje s postojećim mrežama i programiranje svjesnog konteksta pomoću mrežnih resursa je neizostavni dio IoT-a. Uz rastuću prisutnost bežičnog pristupa internetu, evolucija prema sveprisutnim informacijskim i komunikacijskim mrežama je vidljiva te će za uspješno stvaranje IoT-a standard računalstva morati ići iznad tradicionalnih mobilnih računalnih scenarija koje koriste pametni telefoni i prijenosna računala te se razvijati u povezivanju svakodnevnih postojećih objekata i ugrađivanju inteligencije u naše okruženje. Upotrebom različitih bežičnih tehnologija kao što su Bluetooth, RFID, Wi-Fi i telefonske podatkovne usluge IoT se nalazi na rubu transformacije trenutnog statičnog interneta u potpuno integrirani budući internet [59].

Revolucija interneta je dovela do međusobnog povezivanja ljudi, a sljedeća revolucija će biti povezanost između objekata za stvaranje pametnog okoliša [10].

Slika 5. prikazuje povezivanje ljudi i uređaja koje je sveobuhvatno realizirano konceptom IoT kojim su svi podaci povezani u jednu točku koja predstavlja bazu podataka u tzv. računalnom oblaku iz kojeg se u svakom trenutku mogu dohvatiti potrebni podaci potrebni korisniku.



Slika 5: Internet stvari [10]

Za realizaciju cjelovite IoT vizije bitno je učinkovito, sigurno, skalabilno i tržišno orijentirano računalstvo i skladištenje izvora. Računalstvo u oblacima je novija paradigma u razvoju koja obećava pouzdane usluge koje se dostavljaju preko podatkovnih centara sljedećih generacija baziranih na tehnologijama virtualizirane pohrane. Ova platforma djeluje kao prijemnik podataka iz sveprisutnih senzora; kao računalo za analizu i interpretaciju podataka; također pruža korisniku lako razumljiv web–temeljen sadržaj. Sveprisutna očitavanja i obrada se odvija u pozadini, skriveno od korisnika [10].

Da bismo u potpunosti iskoristili raspoloživu internet tehnologiju, postoji potreba za implementacijom velike, platformno neovisne infrastrukture mreža bežičnih senzora koja uključuje obradu i upravljanje podacima, aktivaciju i analitiku.

IoT je globalna infrastrukturna mreža za povezivanje fizičkih i virtualnih objekata kroz unos podataka i iskorištavanje komunikacijskih posebnosti. To se odlikuje visokim stupnjem autonomnog prikupljanja podataka, prijenosa događaja, mrežnog povezivanja i interoperabilnosti.

3. BEŽIČNE TEHNOLOGIJE KRATKOG DOMETA U FUNKCIJI IoT UMREŽAVANJA

Gledano s tehnološkog stajališta većina se stručnjaka slaže da se pokretna mreža nameće kao dobar izbor za mrežno povezivanje zato što posjeduje sljedeće bitne karakteristike:

a) pokrivanje (današnje javne pokretne mreže signalom pokrivaju i najudaljenija područja te se krajnji uređaj može postaviti bilo gdje bez potrebe za izgradnjom pristupne linije),

b) pokretljivost, kao sastavni dio pokretne mreže (neke usluge, poput prometnih, zahtijevaju mobilnost krajnjih uređaja što je riješeno kao osnovni mehanizam u pokretnoj mreži),

c) građene su sukladno globalnim 3GPP standardima i imaju riješenu IP komunikaciju od krajnjeg uređaja do interneta odnosno poslužitelja te pružaju izvrsne karakteristike u pogledu propusnosti i kašnjenja (mreže HSPA i LTE mogu zadovoljiti potrebe više medijskih aplikacija za visokom kvalitetom usluge) [45].

Komunikacija M2M se većinom odvija paketskim prometom koristeći protokol IP (IPv4 ili IPv6). Iako je moguća komunikacija preko govornog dijela mreže (komutacijom kanala) ne očekuje se da će ona zaživjeti zbog slabih mogućnosti za prijenos informacija. Izuzetak može biti komunikacija SMS-om za vrijeme mirovanja kako bi štedio energiju i/ili mrežne resurse. Druga moguća primjena odnosi se na mogućnost automatskog podešavanja postavki uređaja, npr. putem SMS-poruke [12] i [13].

Iako se korisnički promet kojeg generiraju uređaji razlikuje od onog kojeg generiraju ljudi, neki mehanizmi koji već postoje u pokretnoj mreži mogu se koristiti i za komunikaciju M2M. Ti mehanizmi se odnose na upravljanje konekcijom između uređaja i aplikacijskog poslužitelja (eng. *session management*) te mogućnost kretanja uređaja (eng. *mobility management*). Među osnovna svojstava pojedine radijske pristupne tehnologije u pokretnoj mreži, nužna za kvalitetnu uspostavu M2M-usluga možemo ubrojiti i sigurnost (eng. *Security)* - na radijskom sučelju provodi se enkripcija podataka, dok je sama radijska pristupna mreža transparentna na metode zaštite podataka s kraja-na-kraj (eng. *end-to-end*) primjenjive na aplikacijskom sloju (npr. IPsec); - kvalitetu usluge (engl. *Quality-of-Service*) - u suradnji s paketskom

jezgrenom mrežom moguća je podrška za QoS razlikovanje pretplatnika ili tipova nositelja usluga. Svi postojeći mehanizmi QoS-a korišteni u današnjem širokopojasnom mobilnom pristupu za naplatu i kontrolu prometa, mogu su primijeniti na komunikaciju M2M kako bi optimizirali korištenje mrežnih resursa; odašiljanje (engl. *broadcast)* različite mogućnosti slanja poruka/podataka prema većem broju/svim uređajima unutar jedne/više ćelija podržavaju različite radijske tehnologije; npr. CBS (Cell Broadcast) za GSM (engl. *Global System for Mobile Communications*) [12] i WCDMA (engl. *Wideband Code Division Multiple Access*) [13], MBMS (engl. *Multimedia Broadcast-Multicast Services*) za WCDMA i LTE (engl. *Long Term Evolution*), ETWS (engl. *Earthquake Tsunami Warning System*) za WCDMA i LTE [14].

3.1. Uvod u SRWT

Bežična tehnologija kratkog dometa (engl. *Short-Reach Wireless Technology*, kratica SRWT) postaje sve popularnija za sveprisutno povezivanje različitih instrumentacija, nadzora i mjernih sustava putem bežične mreže osjetila i aktuatora (engl. *Wireless Sensor and Actor Networks*, kratica WSAN). U kontekstu komunikacije M2M, SRWT ima ključnu ulogu za komunikaciju M2M uređaja. Uređaji će se s takvom komunikacijom proširiti u raznim okruženjima s različitim aplikacijama i tako nuditi velike mogućnosti poput detektiranja sigurnosti u kući, kontrolu osvjetljenja, nadziranje zdravstvenih uvjeta i drugo. Postoje mnoge različite bežične tehnologije prijenosa za i njihove funkcionalnosti koje su primjenjive u komunikaciji M2M. IEEE 802.15.4 temeljeni protokoli, kao što su 6LoWPAN i ZigBee, pogodni su za osobne mreže s malom propusnošću, manjim dometom i malom potrošnom energije. Ovakvi komunikacijski protokoli nastali su kao potreba za umrežavanjem velikog broja uređaja između kojih se prenosi mala količina podataka, a aplikacije zahtijevaju veliku energetsku autonomiju uređaja. Tipični primjeri aplikacija s ovakvim zahtjevima su bežične mreže osjetila, kontrolne mreže i slično. Uređaji bi trebali biti maleni, jeftini i pouzdani. S druge strane protokol IEEE 802.11 (Wi-Fi) je primjereniji za aplikacije koje zahtijevaju podršku za veće udaljenosti i veće podatkovne brzine,

uključujući aplikacije za audio i video strujanje. Bluetooth je pak pogodan za komunikaciju ravnopravnih sudionika kraćeg dometa i niže propusnosti [14].

3.2. Mrežne tehnologije

Mobilni promet danas pokreće predvidljive aktivnosti kao što su upućivanje poziva, primanje e-pošte, surfanje webom i gledanje videa. Tijekom narednih pet do deset godina, milijarde IoT uređaja s manje predvidljivim obrascima prometa će pridružiti mreži, uključujući vozila, M2M (engl. *Machine - to - Machine*) modul, te video nadzor koji cijelo vrijeme zahtijeva propusnost. Razvoj *clouda* u računalstvu zahtijeva nove mrežne strategije za petu generaciju, odnosno 5G mrežu, što predstavlja jasnu konvergenciju pristupnih mrežnih tehnologija. Arhitektura takve mreže mora biti integrirana za potrebe IoT aplikacija i ponuditi maksimalnu integraciju. Da bi IoT i M2M komunikacija bili kompatibilni, postoji potreba za većim brzinama i velikim kapacitetom mreže. 5G mreža će zauzimati 1.000 do 5.000 puta više kapaciteta nego 3G i 4G mreže danas i bit će sastavljena od stanica koje podržavaju vršne cijene između 10 i 100 Gbps. Oni moraju biti ultra - niske latencije, što znači da će prijenos potrajati u intervalu od 1 do 10 milisekundi kako bi stigli od jedne točke do druge, u odnosu na 40-60 milisekundi danas. Drugi je cilj odvojiti komunikacijsku infrastrukturu i dopustiti mobilnim korisnicima da bez problema prelaze iz 5G u 4G i WiFi, koji će biti u potpunosti integrirani. Mreže će biti moguće prilagoditi programiranjem, te će operateri na njoj moću napraviti potrebne promjene bez dodirivanja fizičkih točaka infrastrukture. Ove značajke su važne za IoT aplikacije kao i za sam koncept. Razvoj sveprisutne komunikacijske tehnologije imaju potencijal za rast do neslućenih razina u bliskoj budućnosti, uključujući svijet u razvoju koncepta IoT [15].

3.3. Rast bežičnih mreža

Bežične mreže će posebno rasti u velikoj mjeri dodavanjem ogromne količine Internet stvari s minimalnim hardverom, softverom i inteligencijom, ograničavajući njihovu otpornost na sve nepravilnosti u svim svojim funkcijama. Na temelju

istraživanja rastuće kompleksnosti bežičnih mreža, potrebno je razvijati modele predviđanja prometa i opterećenja u cilju optimizacije složenih bežičnih mreža. Broj mreža integriranih u odjeći i ostalim osobnim područjima raste, a sve se temelji na IoT stvarima, iako koncept još nije u potpunosti prevladao nad telefonijom i mobilnim mrežama [15].

3.4. Skalabilnost IPv6 i IoT-a

Sadašnji prijelaz globalnog Interneta na Internet protokol verzije 6 (kratica IPv6) pruža gotovo neograničen broj javnih IP adresa koje su u mogućnosti omogućiti dvosmjerni i simetrični (M2M) pristup milijardama pametnih stvari. To će utrti put novim modelima IoT povezanosti integracije. Naime, iz toga proizlaze brojna pitanja:

- kako Internet infrastrukturu postaviti da bude vrlo heterogena s konceptom IoT i kako postići jednostavnu IoT globalnost?
- kako uskladiti interoperabilnost s postojećim sustavima?
- što će biti s utjecajem tranzicije u IPv6 na IoT integraciju, koja ima velike razmjere implementacije i interoperabilnosti?
- hoće li postojati potreba za zahtjevima za razvijanje IPv6 koji se temelji na europskoj istraživačkoj infrastrukturi za IoT?

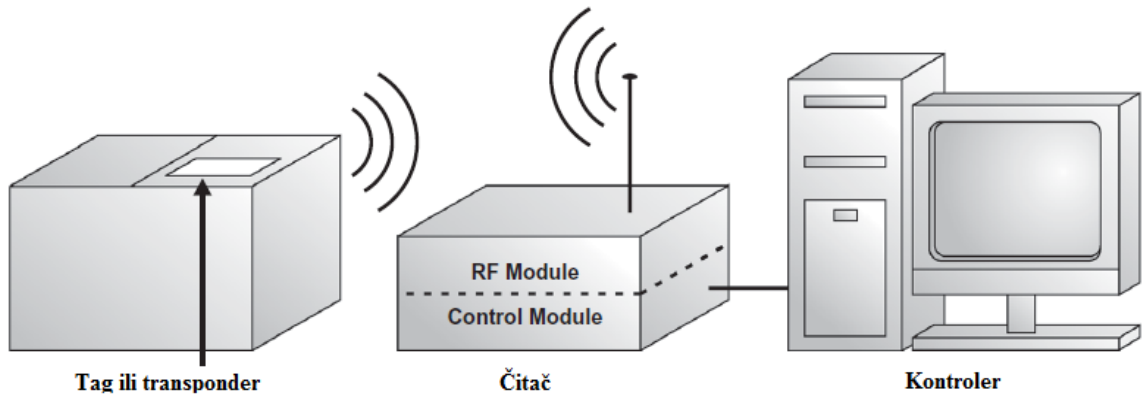
Na ova i druga pitanja od važnosti za razvoj koncepta IoT trebat će odgovoriti znanstveno-istraživačka zajednica putem svojih usmjerenih istraživanja [15].

3.5. Korištene tehnologije kratkog dometa

U daljnjem tekstu navedene su i opisane najzastupljenije tehnologije kratkog dometa koje se koriste u službi koncepta IoT.

3.5.1. RFID

Sustav bežične RFID (engl. *Radio Frequency IDentification)* autorizacije korisnika osmišljen je kao centralizirani sustav u kojemu je srce sustava glavni čvor (eng. *Master Node*), koji je bežično povezan s ostalim pristupnim RFID točkama (eng. *Slave Nodes*). Bežična veza glavnog čvora i pristupnih čvorova zamišljena je na principu ZigBee tehnologije baziranoj na IEEE 802.15.4 standardu za osobne bežične mreže (eng. *Low-Rate Wireless Personal Area Networks*). Rani početak rada na RFID tehnologiji seže sve do 1948. godine, kada je Harry Stockman objavio članak „Communication by Means of Reflected Power“ gdje je izjavio: “Potrebno je proći još mnogo vremena i istraživanja prije nego komunikacija pomoću reflektirane snage bude moguća“ [16]. Devedesete godine prošlog stoljeća postale su značajno desetljeće za RFID tehnologiju, nakon što se ugledala prednost uporabe takvih sustava za naplatu cestarina. U današnje vrijeme, RFID *tagovi* postaju toliko malih dimenzija (sastojeći se samo od CMOS integriranog sklopa i antene) da je *tagove* moguće ugraditi u samoljepljive naljepnice. EEPROM memorija ostala je korištena kao izbor permanentne memorije. Tempo razvoja RFID sustava i dalje raste i budućnost izgleda veoma obećavajuća za razvoj ove tehnologije. RFID sustav koristi radio komunikaciju da bi jedinstveno identificirao spomenutu stvar ili osobu. Kod RFID sustava postoje tri osnovne komponente tag, čitač i kontrolera što je prikazano slikom 6. [17].



Slika 6. Transponder ili tag [18]

Tag ili transponder se sastoji od poluvodičkog integriranog sklopa, antene, a ponekad i baterije [18].

Postoje dvije vrste transpondera pasivni i aktivni. Pasivni transponderi nemaju vlastito napajanje već crpe svoju energiju izravno iz energetskog polja čitača, pa se tako pasivni transponderi potpuno besplatno održavaju. Veličina dosega područja za čitanje uvelike ovisi o veličini transpondera, njegovoj frekvenciji kao i anteni. Aktivni transponderi su puno više složeniji u odnosu na pasivne te imaju svoje vlastito napajanje (bateriju ili akumulator) koja omogućuje puno veći doseg čitanja. Tagovi napajani baterijom ili akumulatorom imaju ograničeni životni vijek, a uz to su i proizvodni troškovi nekoliko puta veći nego kod pasivnih transpondera. Kontroler ili upravljač (eng. *Controller*) se sastoji od antene, radio frekvencijskog (RF) sklopovlja i ostalih upravljačkih elektroničkih modula, a čiju ulogu često preuzima osobno računalo ili radna stanica koja odrađuje poslove baze podataka i upravljanja preko softvera. *Tag* i čitač razmjenjuju informacije radio frekvencijskom vezom. Kada stvar sadrži RFID *tag* dospije u područje čitača, čitač signalizira tagu da pošalje pohranjene podatke. Tagovi mogu sadržavati mnoge različite informacije o stvarima na koje su pričvršćeni (eng. *Tagged*) kao npr. serijske brojeve, vremenske žigove, instrukcije za podešavanje i znatno više. Nakon što je čitač primio podatke s *taga*, ti se podaci šalju kontroleru preko standardne mreže, kao lokalna mreža ili internet. Kontroler dobivene informacije koristi za razne svrhe, npr. da vodi inventar objekata u bazi podataka, ili može određen stvar preusmjeriti na drugi dio postrojenja, u nekoj proizvodnji. RFID sustav se može sastojati od većeg broja čitača postavljanih duž skladišta ili pogona, ali tada su svi čitači vezani na jedan kontroler. Slično spomenutom, jedan čitač može komunicirati s većim brojem *tagova* simultano, a u današnjoj tehnologiji moguće je komunicirati brzinom od 1000 *tagova* u sekundi, s točnosti od 98 %. Na posljetku, RFID *tagovi* su postali toliko razvijeni da se mogu pričvrstiti na gotovo sve, od palete u pogonu neke proizvodnje pa sve do novorođenog djeteta u rodilištu bolnice, sve u svrhu identifikacije željenog predmeta. Osnovna funkcija RFID *taga* je pohrana podataka i slanje istih čitaču. Još jedna razlika između *tagova* je tip memorije, t*agovi* samo sa svojstvom čitanja (eng. *Read Only*) i *tagovi* sa svojstvom čitanja i pisanja (eng. *Read/Write*). RFID kontroler je „mozak“ cijelog RFID sustava. Oni imaju zadaću umrežavanja velikog broja RFID čitača i centralnu obradu informacija. Kontroler u nekoj mreži je najčešće osobno računalo, radna stanica ili mikro upravljač. On koristi informacije dobivene od čitača

da bi pratio inventar i obavještavao nabavu o stanju robe u skladištu i o potrebi nove nabave, pratio kretanje objekata kroz sustav i usmjeravao u određene procese u proizvodnji, utvrđivao identitet i autorizirao korisnike, kod sustava bezkontaktnog pristupa (RFID *tagovi* u obliku kartica) ili npr. teretio određeni bankovni račun kao kod sustava naplate cestarine. Za napomenuti je da RFID sustavi funkcioniraju u nekoliko RF područja, a samim time koriste i niske frekvencije i visoke frekvencije za radio komunikaciju. Veliki rast RFID tehnologije i *tagova* (od nekoliko milijardi) doveli su u pitanje mnoge sigurnosne probleme i probleme s privatnosti. Zajednička briga postaje gubitak privatnosti, kada kompanije skeniraju *tagove* radi pribavljanja informacija o kupcima i korištenje tih informacija u razne svrhe. Kako RFID tehnologija postaje sve sofisticiranija tako se sve više uporabljuje u raznim područjima. Od supermarketa pa sve do označavanja životinja, da bi pratili njihovo kretanje. Ali to nije kraj. Danas se RFID *tagovi* kirurški ugrađuju i u ljude. Američka tvrtka „VeriChip Corporation“ počela je kirurški ugrađivati RFID *tagove* u posjetitelje određenih klubova iz razloga plaćanja računa. Na sve ovo se postavlja dobro pitanje: koliko je ugrožena naša privatnost. Najupečatljivija značajka RFID sustava sastoji se u bez-kontaktnom čitanju (od deset centimetara do nekoliko desetaka metara), brzoj identifikaciji objekata, otpornost na vrlo teške uvjete, velikoj povjerljivosti, dugoj performansi života, velikoj udaljenosti čitanja, velikog kapaciteta za pohranu podataka, slučajnoj modifikaciji pohranjenih podataka, simultanom čitanju nekoliko identifikacijskih objekata itd. Trenutačno, RFID tehnologija se razvija vrlo brzo u svijetu te je proširena na mnogo polja. Uz kontinuirano poboljšanje ove tehnologije, to će biti sve više i više od koristi u životu i proizvodnji, kao što su sprječavanje krivotvorenja roba, nacionalne obrane i vojnih poslova, inteligentni promet, elektronske karte, prepoznavanje identiteta i sl . IoT je dobio puno pažnje u posljednje vrijeme kao mreža virtualnih prikaza fizičkih objekata koji koriste tehnologije poput RFID za identifikaciju i praćenje oznake objekata. Pomoću Cloud tehnologije kao dobar dokazani način stvarnom svijetu implementacije tisućama dobavljača kao dobro rješenje optimizacije može se riješiti na temelju RFID IoT aplikacija implementacije [20].

RFID, kao automatska identifikacija jedan je od ključnih tehnologija IOT i naveden je kao jedan od deset najznačajnijih tehnologija u 21. stoljeću. U usporedbi s tradicionalnim dvodimenzionalnim kodovima, bar kodovima, magnetskim karticama

i IC karticama, RFID ima mnoge prednosti, kao što je vlasništvo, daljinsko očitavanje, dug životni vijek i jednostavan rad, itd. [21].

3.5.2. BLUETOOTH

Bluetooth je bežična tehnologija za razmjenu podataka preko kratke udaljenosti (pomoću kratkih valnih duljina UHF radio valova u ISM pojasu od 2,4 do 2,485 GHz) za fiksne i mobilne uređaje, te izgradnju osobne područne mreže [22].

Bluetooth je dobio naziv po *Haroldu Bluetooth*-u (izvorno *Harald Blatand*, eng. Bluetooth-hrv. - Plavozubi) koji je bio poznat po svojim mogućnostima diplomatskih pregovora, gdje je često uspijevao napraviti visoko razumijevanje i komunikaciju između više strana s različitim interesima. Uspio je pomiriti zaraćene narode na području današnje Danske, Švedske i Norveške. Uspostavio je ujedinjeno kraljevstvo Dansku, te prihvatio kršćanstvo. Naziv Bluetooth odabran je zato što ta tehnologija omogućuje komunikaciju različitih uređaja [23].

Razvoj "kratkog linka" radiotehnike, kasnije nazvan Bluetooth, pokrenut je 1989. godine od strane Dr. Nils Rydbeck CTO Ericsson Mobile u Lundu i Dr. Johan Ullman. Cilj je bio razviti bežične slušalice, prema dva izuma od strane Johan Ullman, SE 8902098-6, izdane 1989-06-12 i SE 9202239, izdana 1992-07-24. Nils Rydbeck zadatak Tord Wingren sa određivanjem i Jaapa Haartsen i Sven Mattisson u razvoju [22].

Bluetooth bežična tehnologija je tzv. *Adaptive Frequency Hopping* (AFH) i ima sposobnost eksplicitnog reduciranja interferencije između bežičnih tehnologija dijeleći 2.4 GHz spektar. AFH djeluje unutar spektra koristeći dostupnu frekvenciju. To se postiže otkrivanjem drugih uređaja u spektru i izbjegavanjem frekvencija koje oni koriste. Ovo prilagodljivo preskakanje (eng. *adaptive hopping*) omogućuje učinkovitiji prijenos unutar spektra, čime se korisniku osiguravaju bolje performase, čak ako koriste i druge tehnologije zajedno s s Bluetooth bežičnom tehnologijom. Bluetooth bežična tehnologija je radio tehnologija kratkog dometa (1 - 100 m) koju je razvio Ericsson, a kasnije i druge kompanije. Bluetooth tehnologije prema radio klasi 3 ima domet do 5 metara, radio klasi 2 uglavnom se koristi u mobilnim uređajima i ima domet do 10 metara te radio klase 1 se koristi primarno u industriji ima domet do 100

metara. Najčešće korišteni radio (klasa 3) koristi 1mW snage, Bluetooth bežična tehnologija je dizajnirana za korištenje vrlo niske potrošnje energije, pojačana specifikacija dozvoljava da radio smanji snagu ako je neaktivan. Bluetooth bežična tehnologija omogućuje prijenos podataka između mobilnih telefona, računala i drugih uređaja na kratkim udaljenostima. Ova tehnologija pojednostavnit će komunikaciju i sinkronizaciju različitih uređaja. Tako će ona zamijeniti mnoge kablove koje danas koristimo u svom domu i uredu za povezivanje uređaja: telefona, printera, ručnih, stolnih i prijenosnih računala, fax uređaja, tipkovnica, joysticka - gotovo svaki digitalni uređaj u skoroj budućnosti će biti opremljen bluetooth čipom i moći će koristiti sve prednosti ove tehnologije. Uz to što zamjenjuje kablove, Bluetooth nudi sigurno povezivanje s postojećim podatkovnim mrežama i periferno sučelje, kao i mehanizam za oblikovanje malih privatnih i ad hoc grupiranja povezanih uređaja izvan žične infrastrukture mreže [23].

Bluetooth tehnologija uživa popularnost i prosperitet u posljednjih 10 godina za audio komunikaciju i stereo streaming. ABI Research predviđa da će više od 3 milijarde Bluetooth uređaja biti isporučeno u 2014, a više od 10 milijardi Bluetooth uređaja će biti na tržištu do 2018. s rokom dospijeća od tehnologije i njegove snažne prisutnosti na tržištu, Bluetooth industrija radi na proširenju primjene tehnologije do kratkog dometa bežičnih komunikacijskih tržištima, osim audio i stereo komunikacije, kao što su Internet stvari (IOT) i stroj za stroj (M2M) komunikacijama Da bi Bluetooth bila pogodna za M2M i IOT aplikacije, potrebno je smanjiti potrošnju energije, tako da se može koristiti u batterypowered uređaja za duže vremensko razdoblje ili čak tijekom cijelog životnog vijeka uređaja. Da bi se to postiglo, Bluetooth Special Interest Group (SIG) uveo Bluetooth Low Energy (BLE). BLE (koji se nazivaju i Bluetooth Smart) koji je prvi put predstavljen 2010. godine, s ciljem proširenja primjene Bluetooth za uporabu u elektranama čime je potisnuo uređaje kao što su bežični senzori i bežične kontrole. Ne samo da primjena na senzore i kontrole zahtijevaju nisku potrošnju energije, ali količina prijenosa podataka je mala i komunikacija se događa rijetko. Postoji više od 3400 članova udruženih u specijalne interesne grupe. Tvrtke članice su IBM, Microsoft, Motorola, Nokia, DaimlerChrysler, Palm, ECKey, i sve one osiguravaju različite implementacije ovih standarda. Preko tri milijuna Bluetooth proizvoda globalno se isporučuje svaki tjedan. Bluetooth tehnologija je dodirnula veliki broj industrija kao što nije nijedna druga bežična tehnologija. Od računalne i mrežne industrije do potrošačke elektronike i automobilske industrije, pa

čak i medicine i industrijskih postrojenja, svi oni koriste bezbrojne prednosti Bluetooth bežične tehnologije. U ovom trenutku, na tržištu postoji više od 1700 različitih proizvoda s Bluetooth tehnologijom - Bluetooth bežična tehnologija ne koristi se samo u svakodnevnom životu potrošača, nego i u bolničkim kirurškim objektima i pri automatiziranim isporukama različitih scenarija i događaja. Bluetooth bežična tehnologija je izgrađena vodeći računa o sigurnosti. Specijalne interesne grupe rade s članovima da bi eliminirali pitanja i nastavili ažuriranje specifikacija koje bi uključile sigurnosna poboljšanja. Specijalne interesne grupe također potiču potrošače da koriste dugačke alfanumeričke PIN-ove, da uparivanje uređaja rade u privatnosti i da drže uređaje nevidljivima ako se ne koriste, kako bi se smanjila potencijalna ranjivost. Specijalne interesne grupe ujedno rade i testiranje sigurnosti Bluetooth uređaja pri tzv. UnPlugFests ispitivanjima [23].

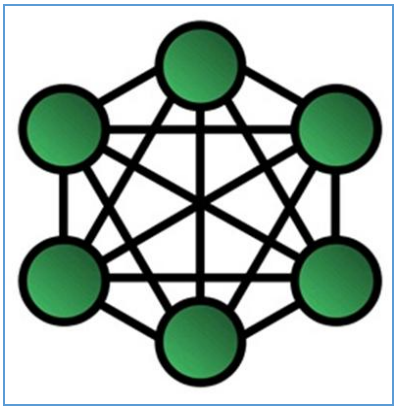
Bluetooth postoji u mnogim proizvodima, kao što su telefoni, tablete, media player, robotika sustava, ručni, prijenosna računala i konzola za igranje opreme, a neki high definition slušalice , modemi i satova. Tehnologija je korisna prilikom prijenosa podataka između dva ili više uređaja koji su blizu jedni drugima u niskim bandwith situacijama. Bluetooth obično se koristi za prijenos zvuka i podatka s telefona (tj s Bluetooth slušalice) ili byte podataka sa ručnih računala (prijenos datoteka). Osobno računalo koje nemaju ugrađen Bluetooth možete upotrijebiti Bluetooth adapter koji omogućava računalu da komunicira s Bluetooth uređajima. Dok su neki desktop računala i najnovija prijenosna računala dolaze s ugrađenim Bluetooth radio, drugi zahtijevaju vanjski adapter obično u obliku malog USB "dongle" [24].

Bilo koji uređaj može obavljati istragu kako bi pronašao druge uređaje za spajanje, i bilo koji uređaj se može konfigurirati da odgovara na takve upite. Međutim, ako se uređaj pokušava povezati, zna adresu uređaja, uvijek odgovara na izravne zahtjeve za povezivanjem i prenosi podatke prikazane na popisu koji se traže. Korištenje usluga jednog uređaja može zahtijevati uparivanje ili prihvaćanje od strane svojih vlasnika, ali sama veza može biti inicirana od strane bilo kojeg uređaja i zadržati dok se ne ode izvan dometa. Neki uređaji mogu se spojiti na samo jedan uređaj u isto vrijeme, i povezivanje s njima sprečava ih od povezivanja s drugim uređajima dok ne prekinete vezu s drugim uređajem. Većina mobitela i laptopa pokazuju samo Bluetooth imena i posebni programi su potrebni kako bi dobili dodatne informacije o udaljenim uređajima. To može biti zbunjujuće, kao, na primjer,

može biti nekoliko mobitelima u rasponu. Budućnost upotrebe Bluetooth tehnologije je korak koji uključuje stvaranje povezanosti poslužitelja s korisničkim sučeljem, te aplikaciju za mobilne uređaje kao što su smartphone, za povezivanje s poslužiteljem, dakle mobilni uređaj s ključem sigurnosti može kontrolirati sustav i prikazati rezultate gdje god postoji priključak na internet [24].

3.5.3. ZIGBEE

ZigBee je wireless tehnologija razvijena kao otvoreni globalni standard koji treba da odgovori na jedinstvene zahtjeve niske cijene i male potrošnje energije bežičnih M2M mreža. ZigBee je baziran na IEEE 802.15.4 standardu personalnih računarskih mreža (PAN - *Personal Area Network*), a radi u nelicenciranim opsezima uključujući 2.4GHz, 900 MHz i 868 MHz. 802.15.4 standard, na kom radi ZigBee, ratificiran je 2003. godine od strane IEEE (engl. *Institute of Electronics and Electronics Engineers*). Standard predstavlja radio protokol namenjen jeftinim uređajima, napajanim pomoću baterija. Uređaji mogu da komuniciraju u različitim topologijama mreže, a vijek trajanja baterije može biti i po nekoliko godina. ZigBee protokol su stvorile i ratificirale kompanije, članice ZigBee alijanse (ZigBee Alliance). Preko 300 vodećih kompanija, vodećih u IT svijetu čini članstvo u ZigBee alijansi. Zig Bee protokol je dizajniran da na jednostavan način osigura bežični prijenos podataka. Protokol je konstruiran tako da komunicira kroz "neprijateljska" RF okruženja koja su uobičajena u komercijalnim i industrijskim aplikacijama. Ključna komponenta ZigBee protokola je mogućnost podržavanja mesh topologije (Slika 7) [26].

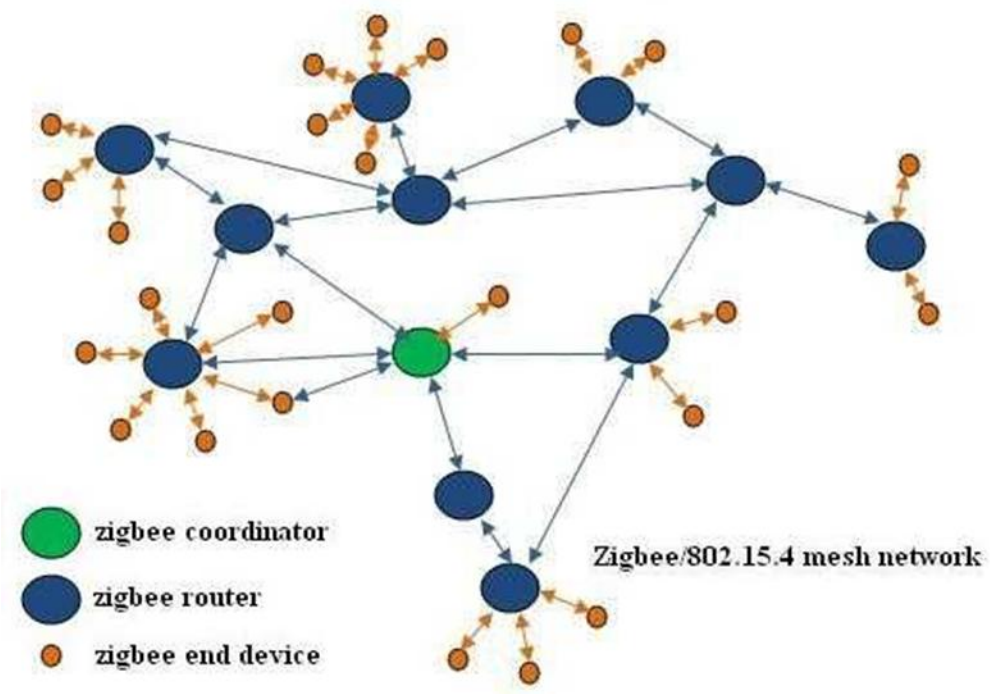


Slika 7. Šematski prikaz mesh topologije [26]

U mesh topologiji, čvorovi su povezani sa drugim čvorovima, tako da višestruki putevi povezuju svaki čvor. Veza između čvorova se dinamički ažurira i optimizira preko sofisticirane ugrađene mesh tabele za rutiranje. Mesh mreže su decentralizirane. Svaki čvor je u stanju da samostalno istražuje mrežu. Također, kada čvor napusti mrežu, mesh topologija omogućava čvorovima da rekonstruiraju putanje rutiranja na osnovu nove strukture mreže. Karakteristike mesh topologije i ad-hoc rutiranje osiguravaju veću stabilnost prilikom promjene zadaća ili pojave određenih problema na pojedinim čvorovima [26].

Postoje tri različita tipa ZigBee uređaja (slika 8.):

a) ZigBee koordinator je najsposobniji uređaj, predstavlja korjen stabla mreže i uređaj koji služi za spajanje sa drugim mrežama. Svaka mreža ima samo jedan koordinator. On je u stanju da skladišti informacije o mreži.
b) ZigBee ruter;
c) ZigBee End Device - sadrži upravo onoliko funkcija koliko mu je dovoljno da komunicira sa matičnim čvorom (bilo koordinatorom ili ruterom). On omogućava da čvor "spava" i na taj način štedi bateriju. Zahtjeva najmanju količinu energije i stoga je i jeftiniji od koordinatora i rutera. [26]



Slika 8. Shematski prikaz ZigBee strukture [57]

ZigBee omogućava široku primjenu bežičnih mreža sa niskom cijenom i malom potrošnjom energije. Pruža mogućnost rada godinama, pomoću jeftinih baterija, za nadgledanje i upravljanje aplikacijama. Smart energy/Smart grid, AMR (Automatic Meter Reading), upravljanje osvjetljenjem, sustavima automatizacije u zgradama, praćenje stanja u rezervoarima, HVAC upravljanje, medicinski uređaji itd. su samo neka od mnogih mjesta gdje ZigBee postiže značajan uspjeh [26].

ZigBee radi na različitim frekvencijama viz. 868MHz, 915MHz i 2.4 GHz. Od tih 2,4 GHz na temelju ZigBee proizvodi su vrlo popularni diljem svijeta. Na temelju antena, odašiljača izlazna snaga i frekvencija će pokriti oko 10 do 100 metara. ZigBee podržava mreže topologije. ZigBee proizvodi dostiže brzinu prijenosa podataka do oko 250Kbps. Oko 65.000 uređaja su podržani u ZigBee mreži [26].

3.5.4. NFC

NFC (engl. *Near Field Communication*) je standard kratkog dometa bežične veze tj. tehnologija koja omogućava jednostavne i sigurne peer-to-peer veze između elektroničkih uređaja. Na temelju Radio Frequency Identification (RFID), koristi magnetsko polje indukcije za komunikaciju između elektroničkih uređaja. RFID sustav se sastoje od dvije komponente, transponder (također zvan beskontaktna meta) i primopredajnik (za čitanje i pisanje-uređaj ili jednostavno čitatelj ili pisač). RFID je asimetrična tehnologija, jer samo čitač / pisač uređaj može pokrenuti prijenos podataka. Naprotiv, NFC omogućuje dvosmjernu komunikaciju između dva uređaja [27].

NFC se temelji na RFID tehnologiji, a koristi isti mehanizam komunikacije. Ona kombinira prednosti RFID i bežičnih komunikacijskih tehnologija uključujući Bluetooth, WLAN, IrDA. NFC standarde. NFC djeluje u nelicenciranog frekvenciji 13.56MHz. Brzina prijenosa podataka NFC je do 424 kbit / s između uređaja preko 10 cm (4 inča) udaljenosti. Modul za prijenos može raditi kao čitač / pisač za komponente za pristup oznake i beskontaktne čip-kartice na temelju standarda. Ona kombinira smartcard sučelje i čitatelja u jednom uređaju. NFC uređaji mogli komunicirati s postojećim SmartCard i pružati podršku dvosmjerne komunikacije između ostalih NFC uređaja u aktivnom i pasivnom načinu rada. Za bilo koji uređaj s NFC oznake ugrađene u njoj, uređaj posjeduje funkciju NFC. NFC omogućuje

povezivanje uređaja pomoću antene. Antena čini NFC uređaj za razmjenjivanje podataka. NFC uređaji su jedinstveni. Stoga su sposobni promijeniti način djelovanja u skladu sa svrhom upotrebe. NFC uređaji mogu slati i primati podatke u isto vrijeme. Osnovna ideja NFC je uvođenje jednostavnosti, jednostavnost za korištenje i siguran način rada. Korisnici samo jednostavno mogu približiti uređaj za čitanje,a nakon što uređaj pokaže da je prihvatio NFC signal, transakcija se može izvršiti. Dakle, NFC je prikladan za integrirati u potrošačkim elektroničkim uređajima, kao što su mobilni telefoni, tablet računala, osobni digitalni asistenti (PDA), sat, digitalni fotoaparat i tako dalje, na što NFC ima široku primjenu. Nokia je napravio prvi dostupan mobilni telefon s NFC tehnologijom. Da biste omogućili NFC tehnologiju, korisnici moraju biti opremljeni s posebnim mobilnim telefonom. Mobilni telefoni mogu pročitati podatke iz RFID oznake, kao i komunicirati s drugim NFC uređajima [27].

3.5.5. UWB

UWB predstavlja svježe mogućnosti za definiranje novih standardiziranih sučelja za bežične tehnologije. UWB je bežična tehnologija koja šalje digitalne podatke na vrlo visokim brzinama prijenosa na širokom spektru frekvencija. Dopuštena snaga UWB tehnologije se nalazi unutar granica trenutne FCC (engl. *Federal Communication Commission*) regulacije, ali također ima sposobnost prenositi signale kroz vrata i druge stvari koji reflektiraju signale na mnogo užim frekvencijskim područjima i signale viših snaga. UWB bi mogao naći svoje područje primjene (osim u aplikacijama i uređajima bežične komunikacije) kod radara vrlo visokih rezolucija, u sustavima za određivanje položaja (sa centimetarskom točnošću), te u sustavima za praćenje. Iako je u zadnje vrijeme UWB tehnologija doživjela procvat u područjima komunikacije i lokalizacije, ona nije nedavno otkriće. Prvi oblici komunikacije su bili impulsne prirode, odakle i sinonim impulsni radio (IR). Tehnologija do 1990-tih nije bila u komercijalnoj primjeni, već je bila rezervirana samo za vojne primjene, i to u funkciji radara i komunikacije prvenstveno zbog cijene implementacije [29].

Prednosti UWB su visoke brzine prijenosa, niska cijena sklopovlja, razmjerno visoku otpornost na pojavu više-staznih signala te sposobnost određivanja položaja i komunikacije u isto vrijeme. UWB se temelji na slanju vrlo kratkih impulsa u trajanja

od 1 ns ili manje. U frekvencijskoj domeni to znači zauzeće spektra u minimalnoj širini od 500 MHz pa na više. UWB signal se u načelu sastoji od niza ultrakratkih impulsa. Impulsi su jednostavni za filtriranje u vremenskoj domeni. U slučaju više-staznih širenja signala oni se mogu vrlo jednostavno izolirati jer svaki sljedeći dolazni signal ima određeno kašnjenje. Ukoliko je vrijeme između slanja dvaju impulsa veće od širine samog impulsa, efekti preslušavanja između simbola i više-staznih signala se umanjuju ili čak u potpunosti uklanjaju. Dodatno, UWB signali, zbog visokih frekvencijskih komponenti, imaju mogućnost dobrog prodiranja kroz prepreke. Čak i osnovne izvedbe UWB lokalizacijske tehnologije postižu točnost od 20 cm. Najnoviji dosezi dostižu sub-milimetarsku točnost [36]. Uz pravilno projektiranje sklopovlja može se doseći potrošnja od samo 100 mW. UWB se još uvijek nalazi poprilično u stadiju istraživanja i postoje nekoliko aspekata koji se moraju popraviti. Moraju se shvatiti strategije kompenzacije kanala i razviti tehnike hvatanja energija od signala koji dolazi po različitim putevima i tehnike koje se brane protiv interferencije. Štoviše tehnike akvizicije i sinkronizacije se trebaju razviti u smjeru koji smanjuje zahtjeve sempliranja kroz cijelo frekvencijsko područje signala. Nadalje potrebe za kapacitetom će zahtijevati razvoj modulacija, kodiranja i shema višestrukog pristupa za postizanje većih brzina prijenosa. Zatim, moraju se razumjeti tehnike smanjivanja interferencije, prije nego industrijski razvoj predstavi probleme koji bi mogli u krajnjoj liniji zakočiti predstavljanje i evoluciju wideband tehnologije. Također treba razviti CMOS aplikacije koje bi omogućile niske cijene UWB uređaja u industriji [29].

3.5.6. Z-WAVE

Z-Wave je low-power RF komunikacijska tehnologija koja je prvenstveno namijenjena za kućnu automatizaciju za proizvode kao što su kontroleri i senzori [31].

To je dio SRD (kratkog dometa Device) radio frekvencijskog pojasa kratkog dometa, koji je licenciran za pametne kuće za aplikacije u Europi, Africi i velikom dijelu Azije [34].

Optimizirano je pouzdan za komunikaciju malih paketa podataka brzine prijenosa podataka do 100kbit / s i nepropustan za smetnje zbog Wi-Fi i ostalih bežičnih tehnologija u rasponu od 2,4 GHz, kao što su Bluetooth ili ZigBee.Ova

tehnologija ne treba koordinatora čvora i vrlo je prilagodljiva, omogućuje kontrolu do 232 uređaja koji također imaju dodatne podređene čvorove [34]. Za razliku od drugih tehnologija Z-wave omogućuje jednostavniji protokol koji može omogućiti brži i jednostavniji razvoj [31].

Unutar zgrade, pojedini uređaji za komunikaciju imaju domet udaljenosti do 30 metara, a na otvorenom je moguće ostvariti domet i do 100 metara [34].

Z-Wave je bežični komunikacijski protokol dizajniran za pametne aplikacije kućne automatizacije. Z-Wave koristi low power RF radio ugrađen ili naknadno ugrađen u elektroničkom uređaja i sustavu, kao što su rasvjeta, kontrola pristupa doma, sustava za zabavu i kućanskih aparata. Iako trenutno Z-val je više popularan nego ZigBee za aplikacije kućne automatizacije, mnogi stručnjaci upozoravaju da je Z-wave pati od nekih temeljnih ograničenja u usporedbi sa ZigBee uključujući ZigBee ima manju latenciju (10 ms), a veća je propusnost od Z-wave (latencije 100 ms). Z-val može osigurati vrhunsku interoperabilnost. Z- Wave djeluje na 908.42 MHz u nelicenciranog ISM u SAD-u i Kanadi, ali koristi i druge frekvencije u drugim zemljama, ovisno o državnim propisima. Protokol Z-Wave je razvijena pod okriljem Z-Wave Alliance, međunarodni konzorcij pametnih proizvođača uređaja kod kuće [31].

3.5.7. 6LowPAN

6LoWPAN je jedan od važnijih tehnologija u području Internet stvari (IOT), koji je u stanju ostvariti end-to-end komunikaciju putem IP. Ona je privukla mnogo pažnje danas. Trenutno dvije glavne funkcije su definirane u IETF nacrtima, koji se fokusiraju na kompresiji zaglavlja. Za IPv6 značajke sažimanja zaglavlja, konteksti su dizajnirani za kompresiju adrese, međutim, za sada ne postoji izvedbeni projekt o upravljanju. 6LoWPAN se sastoji od opreme kako bi se zadovoljile 802.15.4 standardnu, njihovim značajkama male snage i niske cijene. Komunikacija se u takvoj mreži suočava s velikim izazovima. Ovaj protokol je namijenjen da se koristi za upravljanje energijom izgradnjom automatizacije. Radi u rasponu 2,4 GHz frekvencije s 250 kbp brzina prijenosa. Nema šifriranja određenog 6LoWPAN tehnologijom u maksimalnom rasponu do 200 metara, s maksimalnim brojem od 100 čvorova [35].

Trenutno je razvijeno i dostupno nekoliko 6LoWPAN protokola. Ti protokoli često su hardverske platforme opremljene radio čipom i MCU za kontrolu radio čipa. Te realizacije podijeljene su u dvije kategorije; neprogrammabilni čvorovi i programabilni čvorovi. U tom slučaju, sustav treba središnji upravljački modul za upravljanje RF modula, čak i ako je aplikacija vrlo jednostavna. Osim toga, serijska komunikacija između RF modula i središnjeg upravljačkog modula može uzrokovati uska grla jer sve IP pakete šalju i primaju putem vanjske ulazno-izlazne jedinice. S druge strane, programabilni čvorovi su dalje klasificirani na temelju pokrenutog operativnog sustava. Iako je moguće provesti 6LoWPAN protokol bez ikakvih operativnih sustava, teško je izvesti obradu u stvarnom vremenu koje je potrebno za kontrolu uređaja. Za ugrađene sustave, postoje dvije vrste operacijskih sustava; event-driven i real-time multithreaded. Međutim, to izaziva kompliciran tijek kontrole zbog rasporeda čvorova, pa je stoga teško stvoriti aplikacije s više istodobnih obrada kao što su kontrola uređaja i bežične komunikacije [32].

3.5.8. WIFI

Wi-Fi (IEEE 802.11) je bežična mreža gdje se podaci između dva ili više računala prenose pomoću radio frekvencija (RF) i odgovarajućih antena. Najčešće se koristi u LAN mrežama (WLAN), ali se u posljednje vrijeme sve više nudi i bežični pristup WAN mreži - internetu. Wi-Fi je brand Wi-Fi Alianse koja propisuje standarde i izdaje certifikate za sve Wi-Fi uređaje. Wi-Fi je 1991 godine izumila NCR Korporacija/AT&T u Nieuwegeinu, Holandija. Prva mreža se zvala WaveLAN i radila je na brzinama od 1 do 2 Mbit/s [30].

WiFi radiji šalju signale na frekvencijama 2.4 GHz (802.11b i 802.11g standardi) i 5 GHz (802.11a), gdje se koriste mnogo naprednije tehnike kodiranja kao što su OFDM (engl. *orthogonal frequency-division multiplexing*) i CCK (engl. *Complementary Code Keying*) pomoću kojih se ostvaruju mnogo veće brzine prijenosa podataka samo uz pomoć radio valova. Razlog što se ove frekvencije koriste jest što su ostale neiskorištene od strane raznih korisnika koje koriste zasebne frekvencije za komuniciranje. Sva radio tehnologija se nalazi u WiFi karticama koje ugrađujemo u računalo (neki novija prijenosna računala imaju već

ugrađene kartice), i to je praktično sve što treba za bežično umrežavanje. Zbog toga se bežično umrežavanje smatra jednim od najjednostavnijih trenutno u ponudi, a dodatni razlog je što uklanja potrebu za kablovima i ostalim mrežnim uređajima. Jedino što korisniku preostaje je da se prikopča na tzv. *hotspot*, odnosno čvorište gdje se spajaju ostali korisnici. Obično se radi o manjoj kutiji u kojoj se nalazi WiFi radio koji komunicira sa ostalim korisnicima, i najčešće je to čvorište prikopčano na internet. Takva čvorišta se već mogu vidjeti u razvijenim gradovima na nekim prometnim mjestima kao što su parkovi ili aerodromi, tako da je moguće imati bežični pristup internetu uz laptop. Ponekad se dogodi miješanje signala na 2.4 GHz frekvencijama, najčešće sa bežičnim telefonima i Bluetooth uređajima koji koriste istu frekvenciju [36].

4. INFORMACIJSKO-KOMUNIKACIJSKA INFRASTRUKTURA ZA POTREBE IoT-A

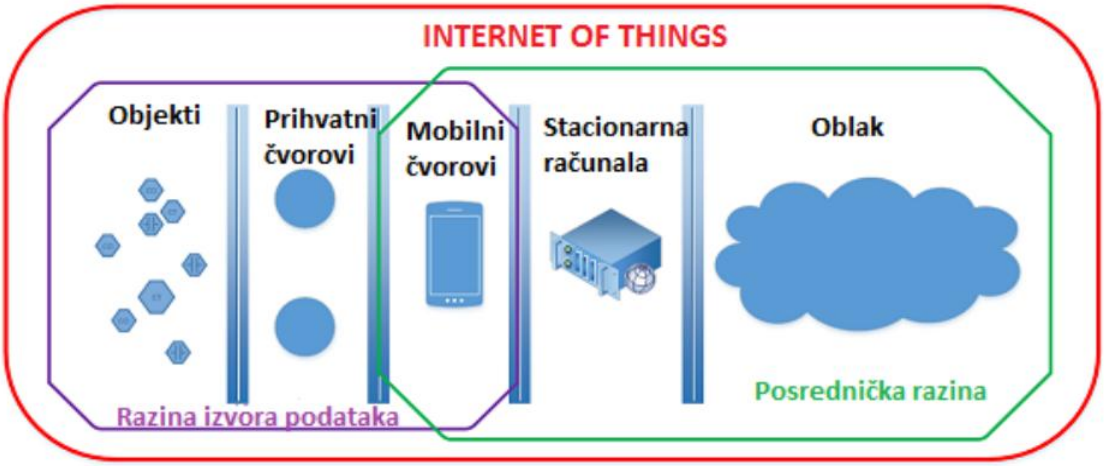
Trenutačno ne postoji opće prihvaćena definicija Interneta stvari. Pojam *Internet of Things* pojavio se još 1998. godine, ali je do šire primjene tog pojma došlo nekoliko godina kasnije [33]. Sama definicija još uvijek nije jasna te je najčešće predmet filozofskih rasprava. Naime, većina autora koji se bave ovim područjem imaju svoju definiciju koja se manje ili više razlikuje od drugih definicija. Sve navedeno dovelo je do situacije u kojoj umjesto jedne IoT definicije postoje mnoge definicije koje opisuju istu stvar. U osnovi, IoT se može definirati kao mreža stvari ili objekata koji su u mogućnosti detektirati i izmjenjivati informacije između sebe, ali se navedena mreža razlikuje od interneta u nekoliko drugih aspekata. Šire prihvaćena je definicija ITU-a iz 2005., međutim ona je dosta općenita te glasi: IoT je globalna infrastruktura informacijskog društva, koja međupovezivanjem stvari (fizičkih i virtualnih) omogućava napredne usluge, a bazira se na postojećim i rastućim interoperabilnim informacijsko- komunikacijskim tehnologijama. RFID grupa definira IoT kao svjetsku mrežu međusobno povezanih objekata, od kojih svaki posjeduje jedinstvenu adresu i komunicira putem standardnih komunikacijskih protokola [37]. Svoje poimanje pametne okoline dao je i Forrester te ono glasi: Upotreba informacijskih i komunikacijskih tehnologija kako bi se postigla veća svijest, interakcija i efikasnost komponenata kritične infrastrukture, usluga gradske administracije, obrazovanja, zdravstva, javne sigurnosti, transporta i uslužnih programa [37]. Europski klaster istraživačkih projekata vezanih uz IoT IoT European Research Cluster (IERC)1 navodi kako je IoT integralni dio budućeg Interneta, a definira ga kao dinamičku globalnu mrežnu infrastrukturu s mogućnošću samo-konfiguracije, tj. mrežu koja se bazira na standardnim i interoperabilnim komunikacijskim protokolima, te mrežu u kojoj fizičke i virtualne „stvari“ imaju identitet, fizička obilježja i virtualne osobnosti a također koriste inteligentna sučelja dok su istovremeno neprimjetno integrirane u informacijskoj mreži [38]. IERC daje i svoje viđenje pojma „stvari“ (Things) te ih definira kao aktivne sudionike u poslovnim, informacijskim i društvenim procesima, pri čemu između „stvari“ te između „stvari“ i okoline postoji međudjelovanje i komunikacija. Navedeno međudjelovanje i komunikacija se ogleda kroz izmjenu podataka i informacija koje su prikupljene iz

okoline. Odgovarajući autonomno na stvarne/fizičke događaje iz okoline i njihov utjecaj na pokrenute procese, „stvari“ pokreću akcije i kreiraju usluge bez ili uz direktnu ljudsku intervenciju [38]. „Stvari“ se dodatno mogu definirati i kao stvarni/fizički ili digitalni/virtualni subjekti koji postoje i kreću se u vremenu i prostoru te se mogu identificirati. Stvari se obično identificiraju prema dodijeljenom identifikacijskom broju, imenu i/ili lokacijskoj adresi [37].

4.1. Arhitektura interneta stvari

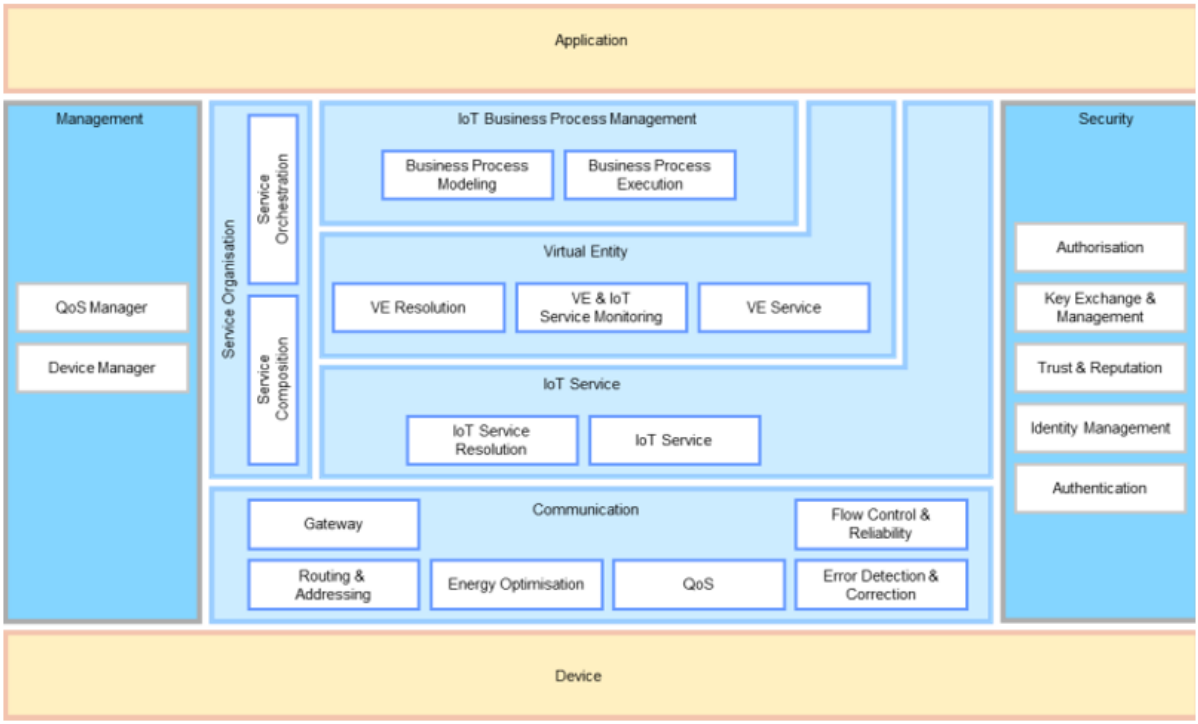
Senzorski čvorovi (koji su najniži u arhitekturi IoT) zbog ograničenih resursa (procesorska snaga i dostupna energija) uobičajeno ne obavljaju obradu podataka. Prihvatni čvorovi služe kao posrednici u dostavi podataka od senzorskih slojeva prema višim slojevima. Na ovoj je razini moguća ograničena obrada podataka i/ili upravljanje senzorskim čvorovima. Slika 9. prikazuje pojednostavljenu arhitekturu IoT-a koja uključuje pokretne čvorove, tj. mobilne uređaje. Mobilni čvorovi imaju mogućnost ograničene obrade podataka i filtriranja podataka radi uštede resursa. Dodatno, mobilni čvorovi su bogati izvor podataka o korisnicima, njihovim navikama i okruženju. Četvrti sloj obuhvaća stacionarna računala koja omogućavaju složeniju obradu podataka te služe kao posrednik prema oblaku u kojem se podaci pohranjuju i obrađuju te izvršava obrada korisničkih upita. Podaci se obrađuju u oblaku i s obzirom na to da je riječ o velikoj količini podataka te oblak treba pružiti podršku za rješenje koje je elastično, otporno na kvarove i troši optimalnu količinu resursa. Navedeni slojevi se mogu povezati pomoću dvije komponente koje čine dvije gradivne razine IoT-a: posrednička razina i razina izvora podataka. Razina izvora podataka obuhvaća senzorske mreže. Senzorske mreže su se počele razvijati puno prije nego što je osmišljen koncept IoT, te su pritom pokrivale manje zemljopisno područje uz pružanje kompletne usluge korisnicima. Senzorske mreže u arhitekturi obuhvaćaju senzore, prihvatni čvor (koji služi za prosljeđivanje podataka od senzora zainteresiranim korisnicima ili uslugama koji ih zahtijevaju), odnosno razvojem mobilne mreže i mobilnog pristupa internetu, njihovu ulogu preuzimaju mobilni čvorovi koji imaju izravan pristup Iiternetu. U tom slučaju mobilni čvorovi mogu vršiti i jednostavnija filtriranja podataka iz senzora radi uštede resursa, odnosno upravljati

senzorima u svrhu istog cilja. Podrška za ostvarivanje apstraktnijih funkcija te širih primjena koje IoT, već po svojoj definiciji nudi, je ostvarena preko komponente posredničkog sloja. Posrednička razina se nalazi na slojevima koji imaju mogućnost složenije obrade podataka i masovnog razašiljanja informacija. Posrednički sloj je programska podrška koja omogućuje bogate usluge koristeći jednostavne senzore i osjetila. Posrednički sloj skriva od razvijatelja detalje ostatka sustava koji nije u njegovoj izravnoj nadležnosti. Time je omogućeno povezivanje različitih tehnologija te osmišljavanje i razvoj novih usluga korištenjem već dostupnih tehnologija. Unazad nekoliko godina razvijeni su referentni modeli i arhitekture koje predstavljaju generičke arhitekture IoT-a koje se mogu, ovisno o specifičnim potrebama projekata, prilagoditi. Dva takva modela su IoT-a koji će se kasnije koristiti kao referentni model, te model singapurskog telekom regulatora Infocomm Development Authority of Singapore (IDA).



Slika 9. Pojednostavljeni prikaz arhitekture IoT-a [2]

Slika 10. predstavlja Europski referentni model arhitekture Interneta stvari (IoT-a) [39][40] razvijen od strane više partnera unutar europskog istraživačkog projekta FP7. Referentni model IoT-a ima za cilj omogućiti korisnicima interoperabilnost različitih rješenja na komunikacijskom i uslužnom sloju.



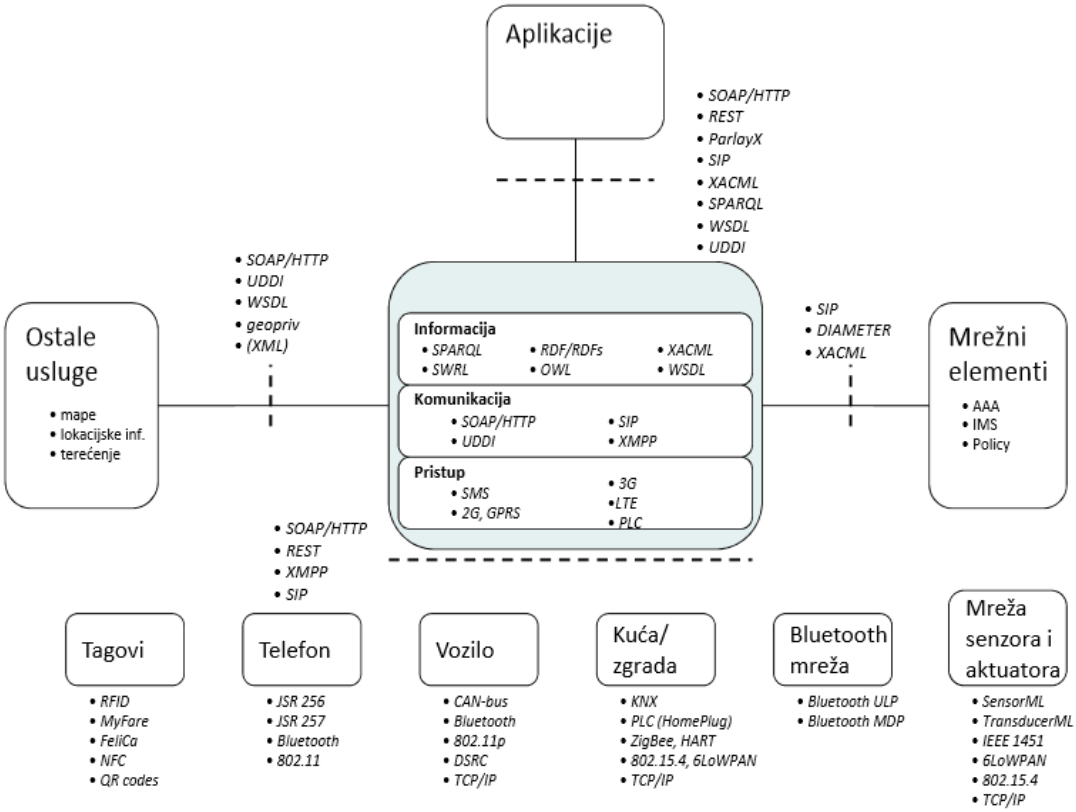
Slika 10. Referentni model arhitekture Interneta stvari IoT-a [40]

Referentni model IoT-a omogućuje tvrtkama izradu svojih specifičnih arhitektura i rješenja, budući da referentni model opisuje glavne građevne blokove, te omogućuje izbor dizajna koji se može nositi s različitim specifičnim zahtjevima vezanim uz funkcionalnost, performanse, sigurnost i razvoj pojedinih aplikacija. Referentna arhitektura se može gledati kao matrica iz koje je moguće izvesti različite arhitekture ovisno o pojedinačnim zahtjevima. Kako bi to bilo moguće, treba postojati veliki skup svih mogućih funkcionalnosti, mehanizama i protokola koji će se koristiti za izradu pojedinačne arhitekture. IoT platforma se sastoji od više slojeva, počevši od sloja uređaja, komunikacijskog sloja, preko upravljačkog sloja do aplikacijskog sloja. Po vertikalnoj osi proteže se upravljanje kvalitetom usluge, te sigurnost [40].

4.2. M2M komunikacija

Komunikacija M2M definirana je kao komunikacija dva stroja bez potrebe (ili sa potrebom za minimalnom) ljudskom intervencijom [41]. Komunikacija ta dva stroja može biti ostvarena žičanim ili bežičnim tehnologijama, može biti ostvarena izravno ili preko pristupnika spojenog na jezgrenu telekomunikacijsku mrežu ili mrežu

internet. Komunikacija M2M prema svojim karakteristikama i zahtjevima na propusnost, sigurnost, brzinu, pouzdanost te kašnjenje u mreži može biti vrlo različita. Za neke M2M-aplikacije potreban je prijenos tek nekoliko podataka koji se rijetko prenose, dok je za neke druge aplikacije potreban prijenos velike količine podataka. Primjerice, osjetila koja šalju očitanja M2M aplikaciji koja prati vlagu i temperaturu u kontejneru koji se nalazi na tankeru raditi će u vrlo ograničenoj okolini i slati će malu količinu podataka vrlo rijetko za razliku od video kamere koja služi za udaljeni nadzor neke zgrade koja će slati konstantno veliku količinu podataka. Osim propusnosti, prijenos tih podataka može biti osjetljiv i na kašnjenje ili druge parametre kvalitete usluge, dok je za neke druge primjene to sasvim nebitno. Za M2M-aplikaciju koja upravlja punjenjem električnih vozila element kašnjenja može biti i nekoliko sekundi do čak par minuta, dok je za aplikaciju koja upravlja automatizacijom transformatorskih stanica kašnjenje veće od 200 ms neprihvatljivo [42]. U M2M-aplikacijama koje se koriste u zdravstvu kao što je primjerice udaljeno praćenje pacijenata (Remote Patient Monitoring, RPM), kvaliteta usluge (eng, *Quality of Service,* QoS) i privatnost od presudne su važnosti, dok je za M2M-aplikacije koje se koriste za praćenje vozila QoS manje bitan [43], [44], [45]. Općenito, pregled glavnih tehnologija koje se danas koriste u rješenjima za M2M nalazi se na Slici 11. Kao što se vidljivo na slici, na razini kapilarne i pristupne mreže postoji čitav niz različitih komunikacijskih tehnologija i protokola koji su pogodni za realizaciju komunikacije između krajnjih strojeva ili osjetila i pristupnika odnosno između strojeva ili osjetila i jezgrene mreže [45].



Slika 11. Tehnologije za komunikaciju M2M [45]

Na Slici 11. vidljivo je da se u pristupnoj mreži u ovisnosti o zahtjevima i mogućnostima mogu koristiti bežične tehnologije mreže 2G, GPRS, 3G, LTE ili žičane tehnologije kao što su nepokretna mreža ili komunikacija preko energetskih vodova (eng. *Power Line Communication*, kratica PLC). Odabir komunikacijske tehnologije u pristupnoj mreži ovisiti će o zahtjevima na mrežu te o dostupnosti same mreže na lokaciji gdje su smješteni krajnji strojevi ili pristupnici [45].

5. PLANIRANJE I PRIMJENA TEHNOLOGIJA KRATKOG DOMETA U FUNKCIJI IoT UMREŽAVANJA

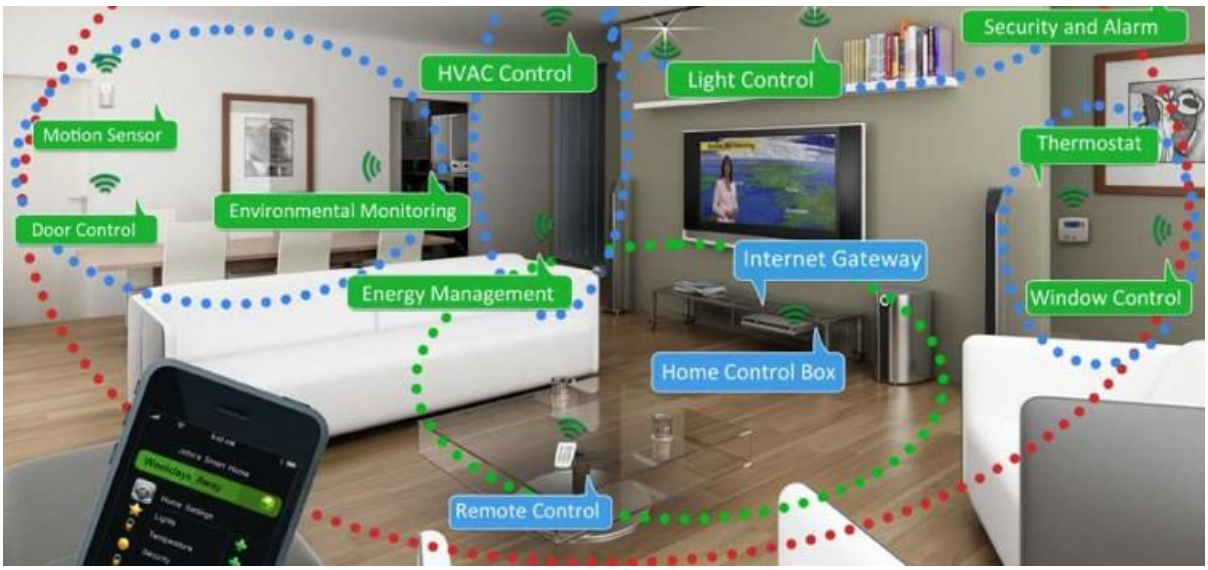
Umreženi uređaji i senzori postali su dio naše svakodnevnice, a postaju i dio Interneta stvari (IoT), novog evolucijskog koraka u razvoju Interneta. IoT povezuje uređaje i fizičke stvari iz okoline u globalnu mrežu temeljenu na protokolu IP, a čini infrastrukturu za razvoj novih mobilnih i web usluga. Danas, konvergencija Internet stvari (IoT) umrežavanje i mobilnih aplikacija favorizira implementaciju novih i naprednih sustava kroz koji korisnici mogu biti obaviješteni u realnom vremenu o raznim stvarima koje utječu na njihovo kretanje, osjećaj i jednostavnost pri rješavanju životnih potreba [46].

Prema najnovijim izvještajima Ujedinjenih naroda (UN), 54 % stanovništva u svijetu živi u urbanim sredinama, a taj postotak se očekuje da će se podići na 66 % do 2050. godine. Izravna implikacija je povećanje od prometnih gužvi, koja donosi i druge probleme s njim, kao što su zagađenje zraka i parking problema. Već sada smo u potrazi za dostupnim parkirng mjestom u gradu, a što predstavlja više od 30 % prometnih gužvi u gradskim područjima. Najnovija rješenja parkirnog problema predviđaju korištenje informacijskih i komunikacijskih tehnologija (ICT), a naročito bežičnih komunikacija i mobilnih uređaja, kako bi se povećala svijest vozača automobila o dostupnosti parkirnih mjesta u blizini njihove lokacije. Predloženi sustav uzima prednosti ugrađenih senzora i komunikacijskim sposobnostima kratkog dometa, obično na raspolaganju na tekućim smartphone uređajima. Parking mjesta se automatski mogu prepoznati na mobilnom uređaju, analizom stanja senzora (tj akcelerometar, žiroskop) te utvrđivanjem realnog stanja i prijelaza koji nastaju između različitih načina prijevoza (iz automobila u šetnju i obratno) [47].

Novi europski istraživački program Horizon 2020 navodi informacijsku i komunikacijsku tehnologiju kao glavni temelj za razvoj novih usluga i platformi. Glavni izazovi programa Horizon 2020 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 te razvoj novih metoda liječenja i dijagnostike pacijenata [48].

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. Pametna okolina ili okoliš (engl. *Smart Cities*) je izraz koji se upotrebljava za mjesta koja težiju prema pametnoj ekonomiji, mobilnosti, okoliša, ljudi (intelektualni ili socijalni kapital), stanovanje (pametni domovi) i upravljanje. Ruralna i gradska područja se susreću s izazovom kako investirati u inovacije mreže IoT-a da bi se s tim poboljšala kvaliteta i učinkovitost svojih usluga i infrastrukture koja bi vodila prema nastanku pametne okoline [49].

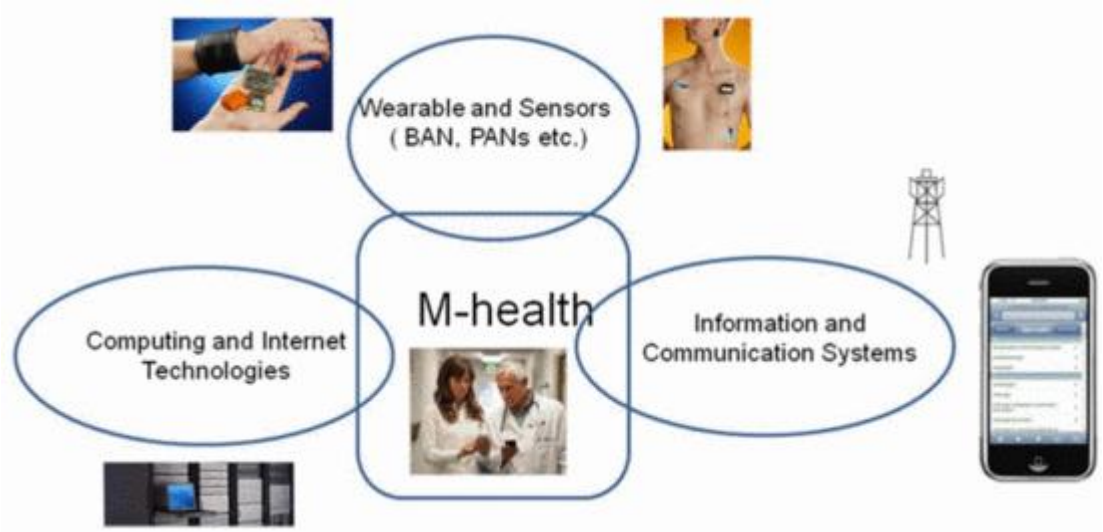
Za povezivanje objekata iz različitih okolina u jedinstvenu mrežu temeljenu na Internet Protokolu (IP), a što čini osnovu za razvoj tzv. pametnih okolina, npr. pametnih kuća, tvornica ili gradova (engl. *Smart City*) koriste se bežične tehnologije kratkog dometa poput Bluetootha, NFC-a, ZigBee i dr. Na slici 12. nalazi se primjer pametne kuće čiji su uređaji povezani u cloud i njima je moguće upravljati na daljinu zahvaljujući konceptu IoT. Ove izazove nije moguće riješiti bez upotrebe senzora iz okoline [51].



Slika 12. Pametna kuća [50]

Pametna kuća se može kontrolirati putem računala, pametnim telefonom, tabletom ili namjenskim upravljačem za taj sustav povezanih u cloud i njima je moguće upravljati na daljinu zahvaljujući konceptu IoT. Tehnologija pametnih kuća je

bazirana na korištenju modula koji mogu da komuniciraju međusobno i kontroliraju kućne uređaje i sustave. Komunikacija između njih može biti bežična, putem postojeće strujne instalacije u objektu ili putem posebno sprovedene instalacije baš za tu namjenu. Sa razvojem internet tehnologija (ADSL, kablovski DSL, satelitski i mobilni internet itd.) otvaraju se sasvim nove mogućnosti povezivanja pametne kuće na globalnu mrežu (internet) i daljinskog pristupa uređajima u sustavu. To zapravo znači da uz samo par pritisaka na određeni gumb, gdje god da se nalazite, možete pristupiti sigurnosnim kamerama u vašem domu, dobiti informaciju o trenutnom stanju svih uređaja u vašem domu i kontrolirati bilo koji od tih uređaja. Nove metode liječenja i dijagnostike pokrivaju područje zdravstvene primjene. Izazov sigurnosti interneta i vjerodostojnosti podataka koji je u domeni usluga orijentiranih na korisnika i njegovih vlastitih interesa. Jedna od prekretnica u tom razvoju je uvođenje četvrte generacije (4G) mobilnih komunikacijskih sustava. Uvođenje 4G tehnologija i mreža u ovom desetljeću donijeti će nove usluge i modele korištenja potrošača novom mobilnom mrežnom arhitekturom [51].



Slika 13. Opći koncept 4-G zdravlje [51]

Taj novi koncept koji odgovara funkcionalnosti m-zdravstva i IoT za nove i inovativne aplikacije budućnosti (4G zdravlja) kako je prikazano na slici 13., zajedno s drugim low-power kratkog dometa komunikacijskih sustavima će biti savršen u omogućavanju povezivanja platforme koja će povezivati buduće personalizirane i

nosive senzore na različite 4G pristupne mreže. Sveprisutno zdravstvo je želja u posljednja dva desetljeća, a IoT pruža savršenu platformu za ostvarenje te vizije pomoću senzora tjelesnih područja i IoT pozadine za postavljanje podataka na poslužitelje. Na primjer, pametni telefon se može koristiti za komunikaciju zajedno s nekoliko sučelja kao što je Bluetooth za povezivanje senzora za mjerenje fizioloških parametara [51].

5.1. Tehnologija kao nužnost suvremenog svijeta

Internet je povezao gotovo sve ljude na svijetu. Vizija za IoT je povezivanje gotovo svih "stvari" na svijetu. Trebalo bi povezati uređaje sa svih raznih platformi. Umjesto usvajanja standarda određene organizacije ili tvrtke, potrebno je promicati širenje ekosustava unutar branše. Mora se poticati ulaganja u nove tvrtke i razvojne timove s inovativnim idejama. Kako bi se ostvarila pružanja raznih usluga koje nam u velikoj mjeri određuju život, potrebno je ostvariti aktivnu suradnju između raznih sektora. Na taj način mogu se izgraditi pametni domovi, pametno zdravstvo, pametne zgrade i još mnogo toga. U eri IoT ne može se dovoljno naglasiti važnost sigurnosti, a što se suočavamo s kritičnim izazovima u zaštiti osobnih podataka. Moraju se utvrditi tehnička rješenja, istovremeno promičući pravila koja će osigurati sigurnost i privatnost. Broj povezanih uređaja nastavit će rasti. Tržište predviđa kako će broj povezanih stvari do 2020. godine doseći nekoliko milijardi. Nakon povezivanja raznih predmeta unutar doma, broj povezanih uređaja rast će brže no što možemo zamisliti. To će rezultirati i promjenom u načinu mrežne komunikacije. Dok mrežni promet koji generiraju pametni telefoni ovisi o broju korisnika, IoT promet rezultat je međusobne komunikacije između raznih uređaja. To može dovesti do eksponencijalnog rasta mrežnog prometa. Osim toga, bit će teško predvidjeti obrasce IoT podataka, jer se očekuje kako će prirodne katastrofe kao što su požari uzrokovati nagli porast u prometu IoT podataka, što nije slučaj kod pametnih telefona, kod kojih je kretanje mrežnog prometa predvidivo i ovisi o vremenu te lokaciji. Osim toga, era IoT uzrokovati će drastične promjene u mobilnoj tehnologiji. Aktualni 4G sustav optimiziran je za povezivanje pametnih telefona, a 5G odražavat će zahtjeve ere IoT i pripadajuće dinamične mrežne komunikacije. Očekuje se kako će u eri IoT sve stvari

biti povezane u svakom trenutku, bilo putem fiksne ili mobilne veze uz Wi-Fi, NFC i ZigBee protokole u zatvorenom, odnosno mobilne mreže na otvorenom. U eri IoT sama će mobilna mreža i pružatelji mobilnih usluga imati još važniju ulogu. SmartThings je platforma u oblaku otvorena za IoT koja korisnicima omogućava kontrolu nad kućanskim uređajima. Platforma SmartThings trenutno nudi usluge u kojima klimatizacijskim uređajima, perilicama i robotskim usisivačima možete upravljati putem daljinskog upravljača [7].

Razvijene su razne modularne senzorske platforme koje se mogu umetnuti u uređaje za nošenje u odjeći, a koja korisnicima mjeri puls, snima EKG i bilježi potrošene kalorije. Također su razvijene razne poslužiteljske platforme u oblaku koja sprema i osigurava podatke koje unose korisnici. Na temelju toga postoje sveobuhvatne razvojne IoT platforme koje obuhvaćaju komplet za hardverski, ali i za softverski razvoj, a sastoji se od procesora za aplikacije (AP), memorijskog čipa, komunikacijskog čipa i senzora u sklopu jedinstvenog sustava. Postoje rješenja IoT koje prikazuju razine zagađenja zraka mjerenjem količine mikro čestica prašine u zraku. Postoji i usluga koja korisnicima omogućava sigurno pješačenje analizirajući povijest požara i trenutnu suhoću zraka te na temelju toga predviđa vjerojatnost od novog požara. Razvijaju se i pametne zgrade, koncept koji će omogućiti potpuno bežično umrežavanje ureda kroz implementaciju naprednih mobilnih tehnologija kao što je 5G / LTE-U u same zgrade. U pametnim će zgradama svi uređaji biti međusobno povezani, što će povećati učinkovitost i praktičnost rada. Sljedeći veliki preokret, era IoT, već je u zamahu. Stvorit će nove mogućnosti i vrijednost za sve ljude. Izazovi vezani uz promet su problemi određivanja optimalnog puta između dvije točke ovisno o trenutnom stanju prometnica, odnosno korisničkim željama (npr. turisti radije koriste rutu koja sadrži turističke znamenitosti nego najkraći put između dvije točke). Svi objekti koji sudjeluju u rješenjima pametnog prometa također se koriste i kao izvor podataka za druge primjene (npr. senzori za mjerenje klimatskih parametara). Posebni primjer primjene za pametni promet je praćenje dobara u procesu transporta. IoT omogućava stvarno-vremensko praćenje dobara u tijeku transporta čime je moguće bolje odrediti vrijeme potrebno do dolaska na odredište (posebno je to važno kod dobara koji imaju ograničen rok trajanja, npr. hrana). Razvojem prometa i njegovim upravljanjem, u suradnji s upravljanjem poljoprivredne proizvodnje, proizvodnja se može prilagoditi potrebama korisnika, maksimizirajući proizvedenu količinu uz minimiziranje uloženih resursa. U budućnosti, nastavkom

razvoja pametnog prometa može se očekivati i razvoj usluge koja će biti zadužena za transport dobara i ljudi bez ljudske intervencije, temeljem podataka dobivenih iz senzora [8].

5.2. IoT baziran na „oblacima“

IoT vizija se može promatrati iz dvije perspektive – internetski bazirane i objektno bazirane. Internetski bazirana arhitektura uključuje internetske usluge kao glavni fokus dok se podaci prikupljaju s objekata. U objektno baziranoj arhitekturi, pametni objekti su u središtu pozornosti. U ovom poglavlju analizirat će se internetski bazirani pristup. Konceptualna razvojna cjelina koja integrira sveprisutne senzorske uređaja i aplikacije prikazana je na slici 14. Za ostvarenje punog potencijala računalstva u oblacima, kao i sveprisutnih očitavanja, najboljom se čini kombinacija razvojne cjeline s oblakom u središtu. To ne daje samo fleksibilnost dijeljenja povezanih troškova na najlogičniji način, već je također vrlo prilagodljivo. Pružatelji usluga očitavanja mogu pridružiti mrežu i ponuditi svoje podatke pomoću oblaka za pohranu; programeri analitičkih alata mogu pružiti svoje softverske alate; stručnjaci umjetne inteligencije mogu dati svoje podatke i alate strojnog učenja korisnih za pretvorbu podataka u znanje, a računalni grafički dizajneri mogu ponuditi razne vizualizacijske alate. Računalstvo u oblacima može ponuditi te usluge kao infrastrukture, platforme ili softver, gdje se puni potencijal ljudske kreativnosti može iskoristiti upotrebom navedenih usluga. Generirani podaci, korišteni alati i stvorena vizualizacija nestaju u pozadini, čime se ostvaruje puni potencijal IoT-a u raznim područjima primjene [11].



Slika 14. Konceptualna IoT razvojna cjelina s računalstvom u oblacima u središtu [11]

Kao što se može vidjeti na slici 14., oblak integrira sve krajeve sveprisutnog računalstva pružajući skalabilnu pohranu, računanja vremena i druge alate za izgradnju novih poduzeća. Ova interakcija je kritična programerima aplikacija kako bi donijeli informacije koje se očitavaju, algoritme za analizu i vizualizaciju u jednoj razvojnoj cjelini [11].

5.3. Predviđeni slučajevi uporabe

Postoji nekoliko aplikacijskih domena na koje će utjecati razvoj IoT-a. Primjena se može klasificirati na temelju vrste dostupnosti mreže, pokrivenosti, razmjera, heterogenosti, uključenosti korisnika i utjecaju. Aplikacije se najčešće kategoriziraju u četiri područja primjene: osobna i dom, poduzeće, komunalne usluge i mobilne. Na primjer osobni i kućni IoT iznosi podatke o korištenju električne energije u kući i čini ga dostupnim dobavljaču električne energije (komunalno poduzeće) koje može optimizirati ponudu i potražnju na IoT-u komunalnih usluga. Internet omogućuje razmjenu podataka između različitih pružatelja usluga što stvara višestruke poslovne mogućnosti [55].

5.3.1. Osobna, kućna i uredska primjena

Podatke prikupljene sa senzora koriste samo pojedinci koji izravno posjeduju mrežu. Obično se Wi-Fi koristi kao okosnica koja omogućuje veću propusnost podataka (video prijenos), kao i veće stope uzorkovanja (zvuk). Do sada, postoji

nekoliko aplikacija dostupnih za Apple iOS, Google Android i Windows Phone operativni sustav koji mjere razne parametre. Međutim, to se tek treba centralizirati u oblaku da bi liječnici opće prakse pristupili podacima. Produljenje osobne tjelesne mreže je stvaranje sustava kućnog praćenja za skrb starijih osoba, koji omogućuje liječniku praćenje bolesnika i starijih osoba u njihovim domovima i time smanjivanje troškova hospitalizacije kroz rane intervencije i liječenja. Kontrola kućne opreme kao što su klima uređaji, hladnjaci, perilice rublja, itd., omogućit će bolje upravljanje energijom. Socijalno umrežavanje će proći kroz još jednu transformaciju s milijardama međusobno povezanih objekata. „Mreža objekata“ se odnosi na radno okruženje koje funkcionira kao poduzeće bazirano na aplikaciji. Podatke prikupljene od takvih mreža koriste samo vlasnici i podaci se mogu objaviti selektivno. Praćenje stanja okoliša je prvi zajednički program koji se provodi za vođenje evidencije o broju putnika i upravljanju u zgradi (npr. grijanje, ventilacija, klima,rasvjeta itd.). Senzori su uvijek bili sastavni dio tvorničkih postavki za sigurnost, automatizaciju, kontrolu klime, itd. Taj sustav će se s vremenom zamijeniti sa bežičnim sustavom koji daje fleksibilnost u promjeni postavki kada je potrebno. To bi bila IoT podmreža posvećena održavanju tvornice [55].

5.3.2. Primjena u komunalnim i mobilnim uslugama

Podaci iz mreža u ovoj aplikacijskoj domeni su obično za optimizaciju usluga, a ne za usluge potrošača. Već se koriste od strane komunalnih poduzeća (pametna brojila u elektroprivredama) za upravljanje resursima kako bi se optimizirali troškovi u odnosu na dobit. To su vrlo opsežne mreže (najčešće propisane od strane velikih organizacija na regionalnoj i nacionalnoj razini) za praćenje kritičnih komunalnih usluga i učinkovito upravljanje resursima. Pametna mreža i pametna mjerenja su potencijalni IoT programi koji se provode diljem svijeta. Učinkovita potrošnja energije može se postići kroz kontinuirano praćenje svake električne točke unutar kuće i korištenje ove informacije za promjenu načina upotrebe električne energije. Ova informacija na gradskoj skali se koristi za održavanje ravnoteže opterećenja unutar mreže za osiguravanje visoke kvalitete usluge. Video bazirani IoT koji integrira obradu slike, računalnu viziju i umrežavanje razvojnih cjelina pomoći će u razvoju

novog znanstveno-istraživačkog prostora na raskrižju video, infracrvenih, mikrofonskih i mrežnih tehnologija. Nadzor, najčešće korištena mrežna aplikacija kamera, pomaže pratiti mete, identifikaciju sumnjivih aktivnosti, otkrivanje prtljage i praćenje neovlaštenog pristupa. Automatska analiza ponašanja i otkrivanje događaja (kao dio sofisticirane video analize) je u povojima i otkrića se očekuju u sljedećim godinama. Mreža za nadgledanje kvalitete vode i osiguranje pitke vode je još jedan kritični program koji bi se realizirao pomoću IoT-a. Senzori za mjerenje kritičnih parametara vode su instalirani na važnim mjestima kako bi se osigurala visoka kvaliteta opskrbe. Time se izbjegava slučajna kontaminacija između oborinske vode, pitke vode i otpadnih voda. Ista mreža se može koristiti za praćenje navodnjavanja u poljoprivrednim zemljištima. Mreža je također proširena za praćenje parametara tla što omogućava informirano donošenje odluka o poljoprivredi. Pametni transport i pametna logistika se nalaze u zasebnoj domeni, zbog prirode dijeljenja podataka i potrebne provedbe glavne mreže. Urbani promet je glavni čimbenik u degradaciji kvalitete zraka i emisiji stakleničkih plinova. Prometna zagušenja izravno nameću značajne troškove gospodarskih i društvenih aktivnosti u većini gradova. Učinkovitost i produktivnost opskrbnog lanca 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 velikih WSN-ova za trenutno praćenje trajanja putovanja, izbor rute od polazišta do odredišta, duljine redova, zagađenje zraka i emisije buke. IoT će vjerojatno zamijeniti informacije o stanju u prometu koje se nalaze u postojećim senzorskim mrežama induktivne petlje detektora vozila 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. Rasprostranjenost uređaja Bluetooth tehnologije (BT) odražava trenutno IoT prodiranje u niz digitalnih proizvoda, kao što su mobilni telefoni, automobilski uređaji slobodnih ruku (handsfree), navigacijski sustavi, itd. BT uređaji emitiraju signale s jedinstvenim identifikacijskim brojem pristupa mediju (MAC-ID) koji može očitati BT 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 (engl. *Global Positioning System* – GPS), istraživački problemi koji se mogu riješiti uključuju vrijeme putovanja vozila na autocestama i arterijskim ulicama, dinamičke (vremenski ovisne) matrice na mreži. Postoji mnogo problema privatnosti i digitalno zaboravljanje je domena u nastajanju gdje se rješava pitanje privatnosti. Druga važna primjena u mobilnoj IoT domeni je 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 [55].

5.3.3. Budućnost primjene

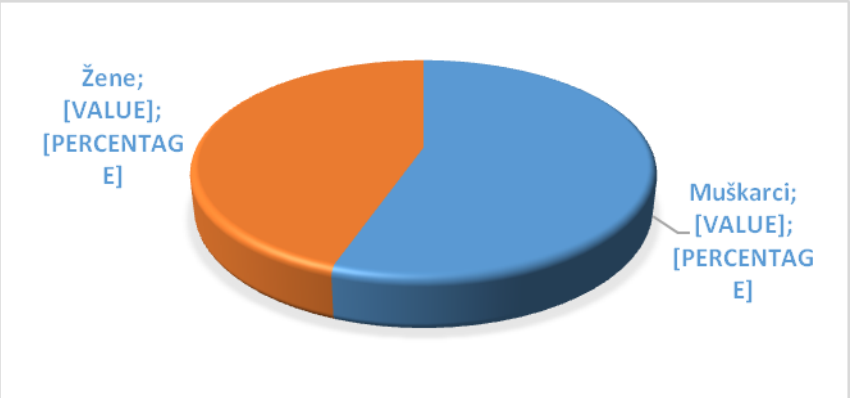
Olimpijske igre 2020. godine održat će se u Tokiju. Predviđanja su kako će Olimpijske igre biti značajna prekretnica i da će se na njima koristiti IoT usluge kakve danas možemo samo zamišljati. Baš kao što vidimo u SF filmovima od prije nekoliko desetaka godina, mnoge stvari koje smo mogli samo zamišljati danas su dio naše stvarnosti. Na određeni način živimo u budućnosti kakvu smo zamislili u prošlosti. I ono što zamislimo danas, u 2016., jednog će dana također postati stvarnost [53].

6. ISTRAŽIVANJE PRIMJENE TEHNOLOGIJA KRATKOG DOMETA U KONTEKSTU IoT UMREŽAVANJA

Za potrebe ovog diplomskog rada provedena je anketa koja se sastoji od dvadeset i dva (22) pitanja vezanih za primjenu tehnologija kratkog dometa u kontekstu IoT. Pitanja koja sadrži anketa daju odgovore iz kojih se mogu dobiti relevantni podaci koji su potrebni kako bi se izveo zaključak o tome koliko je ljudi u Hrvatskoj upoznato s bežičnim tehnologijama kratkog dometa i konceptom IoT, koje su prednosti i nedostaci takovih tehnologija te postoji li interes za nove tehnologije kod uporabe u svakodnevnim životnim aktivnostima.

Ciljana skupina ove ankete su osobe koje su u svojim svakodnevnim potrebama spremne koristiti tehnologije kratkog dometa u mreži IoT-a, jer isti žele prihvatiti nove ideje i razvijene modele. U anketi su ukratko opisane bežične tehnologije, potom tehnologije kratkog dometa te koncept IoT te su pitanja i odgovori pojedinačno objašnjeni dok su rezultati radi lakšeg uočavanja i zaključivanja prikazani priklanim grafikonima. Anketu je ispunilo 317 osoba, od kojih 269 osoba predstavlja ciljanu skupinu ispitanika što za ovakvu vrstu „pilot“ istraživanja zadovoljava kriterij relevantnosti.

Prvo pitanje koje je bilo postavljeno u anketi se odnosilo na spol osobe koja je ispunila anketu. Odgovor na to pitanje nam daje podatak koliki je interes po spolu, odnosno muškaraca ili žena prema razvoju i uporabi budućih tehnologija za prijenos informacija (grafikon 1.).

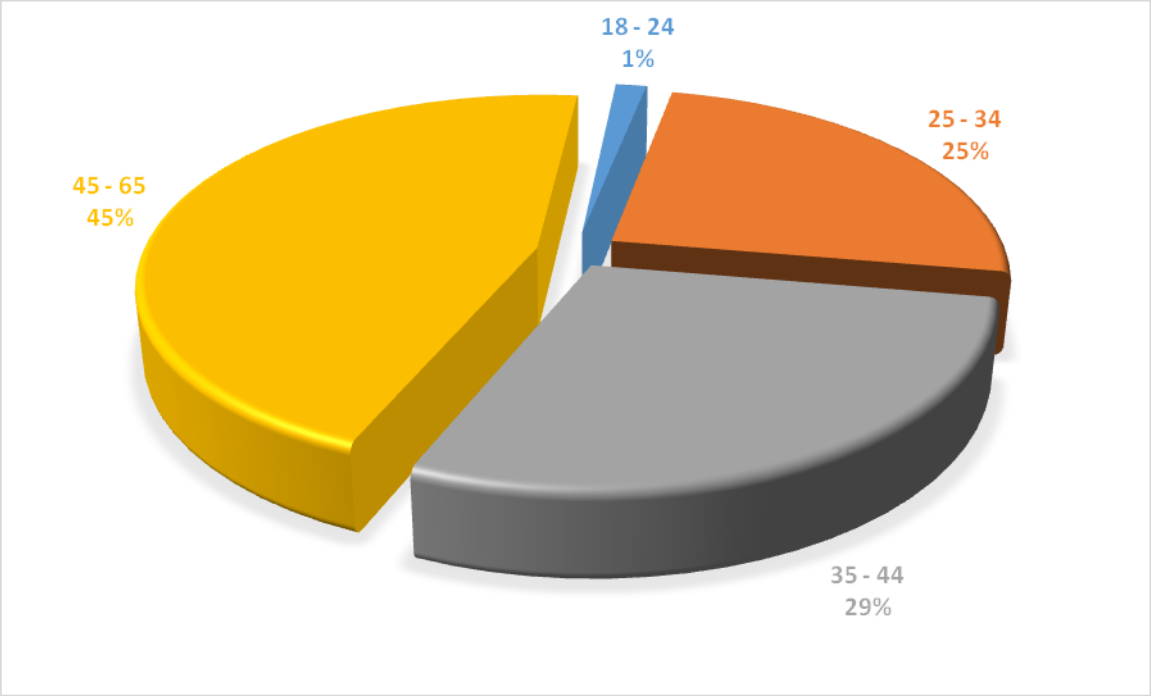


Grafikon 1. Omjer prema spolu ispitanika

Izvor: vlastito istraživanje

Iz grafikona 1. vidljivo je da je anketu ispunilo 45 % osoba ženskog spola i 55 % osoba muškog spola, a što nam daje informaciju da su osobe muškog spola više zainteresirane za primjenu i korištenje novih tehnologija u odnosu na osobe ženskog spola, ali navedena razlika je vrlo mala iz čega se može konačno zaključiti da su oba spola podjednako zainteresirana za nove tehnologije.

Drugo pitanje u anketnom upitniku odnosilo se na dobnu skupinu ispitanika. Dobiveni podatci nam daju sliku o tome koliko ispitanika prema dobnoj skupini je zainteresirano za korištenje novih tehnologija.

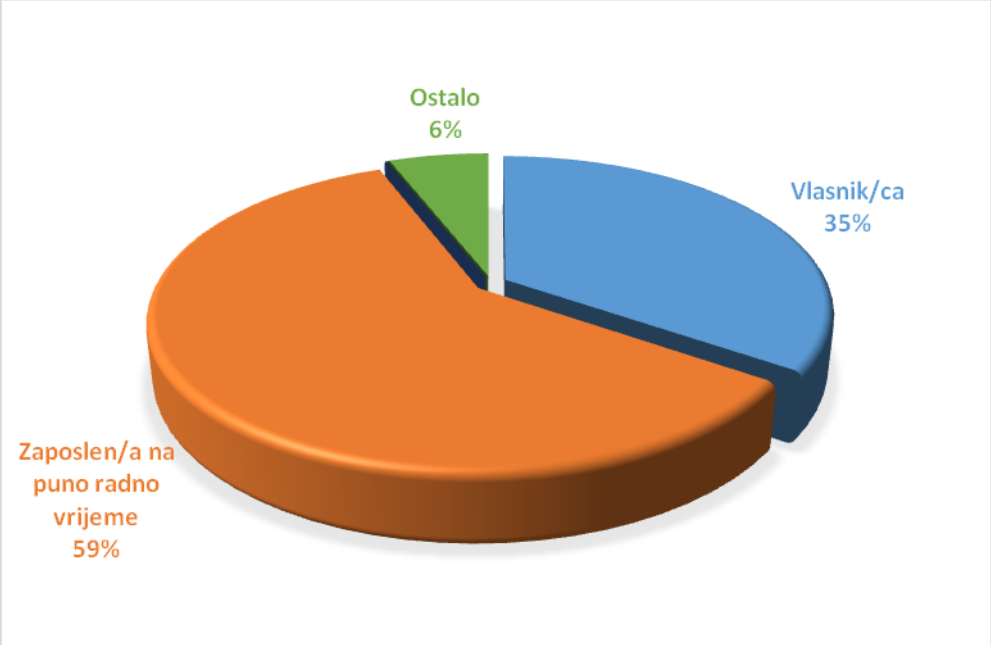


Grafikon 2. Starost anketiranih osoba

Izvor: vlastito istraživanje

Prema dobivenim rezultatima iz grafikona br. 2. vidljivo je da je anketu u intervalu od 18 do 24 godine ispunilo 1 % ispitanika, u intervalu od 25 do 34 godine 25 % ispitanika, u intervalu od 35 do 44 godine 29 % ispitanika i u intervalu od 45 do 65 godina starosti 45 % ispitanika. Iz navedenih podataka može se zaključiti da mlađa populacija ispitanika do 24 godine je slabo zainteresirana za nove tehnologije, dok je skoro polovica ispitanika starija od 45 godina, što dovodi do zaključka da starije osobe imaju sve više interesa za korištenje novih tehnologija koje bi im bile od pomoći pri rješavanju problema u svakodnevnim životnim aktivnostima.

Grafikon 3. prikazuje status zaposlenosti ispitanika koje nam u postotcima daje podatak o radnom odnosu ispitanika, a koji nam govori o tome koliko zaposlenost utječe na interes korištenja novih tehnologija u ICT sektoru.

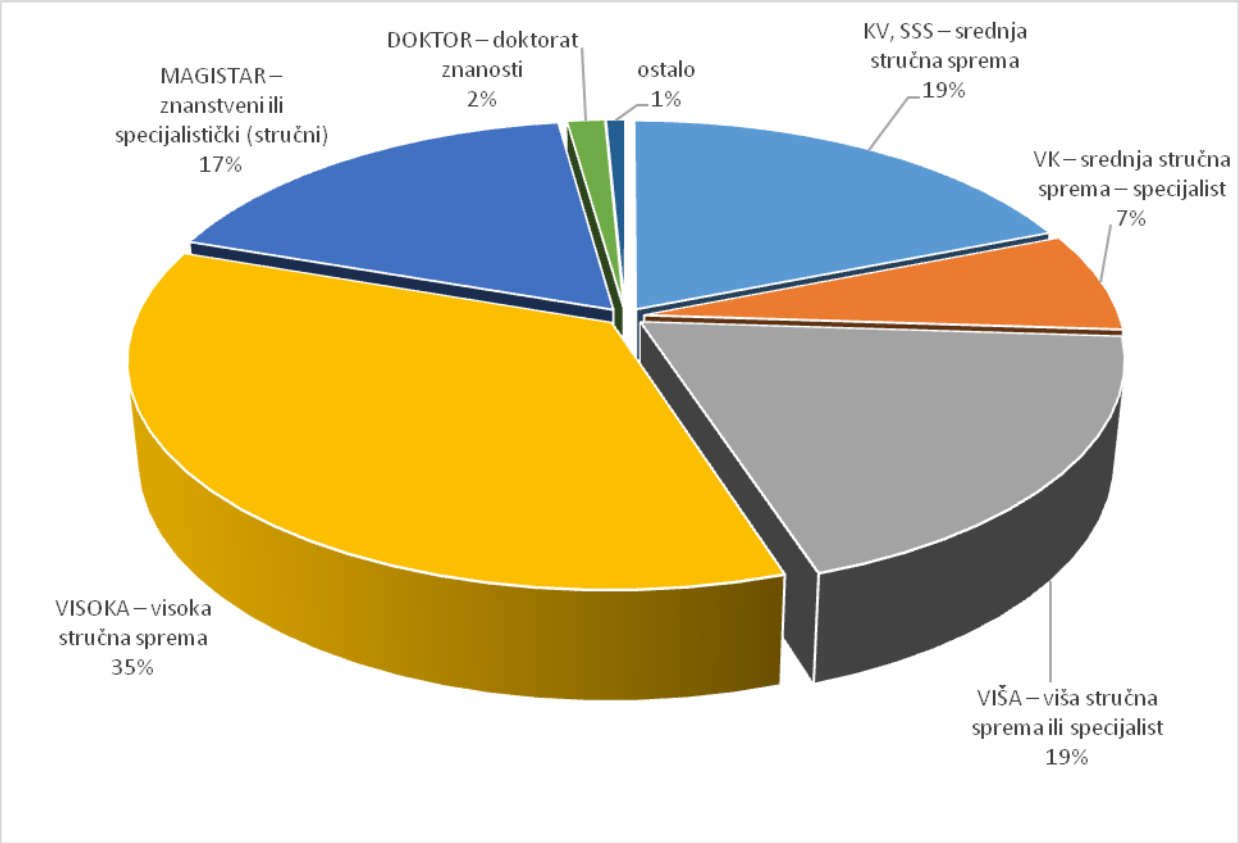


Grafikon 3. Status zaposlenosti

Izvor: vlastito istraživanje

Najveći broj ispitanika prema dobivenim podacima dolazi iz sektora zaposlenih i to na puno radno vrijeme (59 %) i onih koji su vlasnici poduzeća u kojim su zaposleni (35 %) dok vrlo mali udio (6 %) pripada ostalim od kojih nisu honorarno zaposleni, nezaposleni ili studenti. Dobiveni podatak nam govori o tome da zaposlenost uvelike utječe na korištenje novih tehnologija te da zaposleni upravo na poslu dolaze do informacija o novih tehnologijama, s istima se susreću i koriste ih.

Grafikon 4. daje grafički prikaz odgovora na pitanje kojoj grupi obrazovnog sektora pripadaju ispitanici.



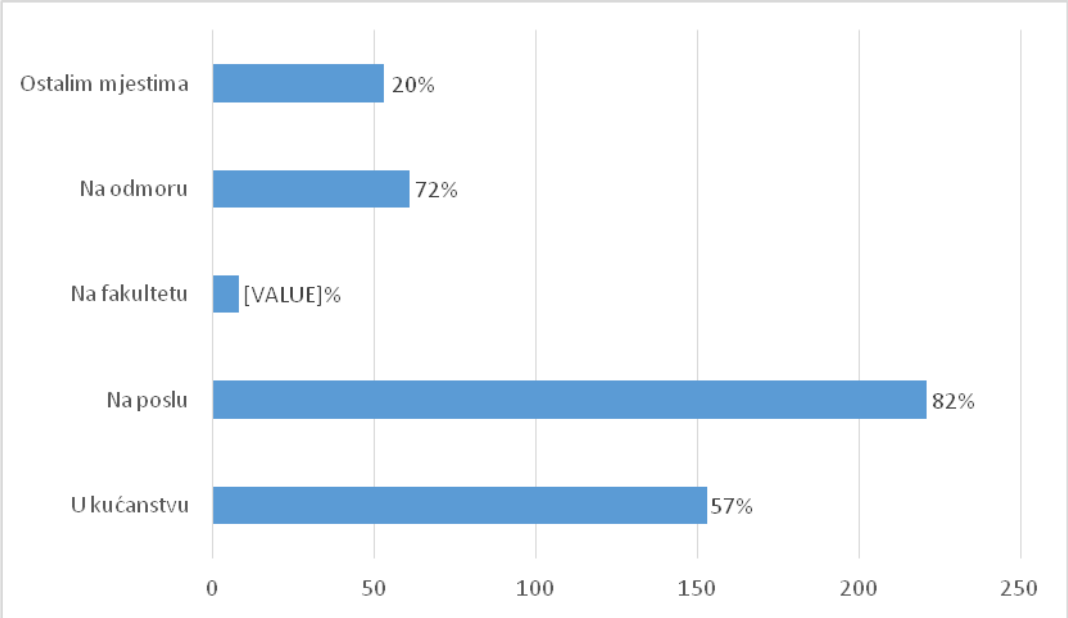
Grafikon 4. Trenutačni stupanj obrazovanja

Izvor: vlastito istraživanje

Prema grafičkom prikazu prema grafikonu 4. 35% ciljane skupine ispitanika ima visoki stupanj obrazovanja, potom slijedi viši stupanj obrazovanja sa 19 % kojih ima kao i onih sa srednjom (KV) stručnom spremom (19 %) te nešto manji broj otpada na znanstveni ili specijalistički stupanj obrazovanja (17 %). Na ispitanike stupnja obrazovanja doktorat znanosti otpada 2 %, na KV kadar sa srednjom stručnom spremom 7 % ispitanika dok je ostalih 1 %. Slijedom navedenih rezultata vidljivo je da 80% ispitanika je više ili visoko obrazovano, a što nam govore podatci da su obrazovaniji ispitanici voljni prihvatiti nove tehnologije.

Sljedeće pitanje u anketi se odnosilo na korištenje bežičnih uređaja u svakodnevnim potrebama, na što je svih od 269 ispitanika ciljane skupine odgovorila da u svojim svakodnevnim potrebama koriste bežične uređaje. Taj podatak nam govori da će isti i dalje s uvođenjem novih tehnologija bežičnog prijenosa nastaviti koristiti bežične tehnologije i s njim popratne nove tehnologije koje će nadograditi postojeće mogućnosti ili osvariti nove načine komuniciranja i razmjene informacija korištenjem odgovarajućih aplikacija.

Grafikon br. 5. daje grafički prikaz na pitanje gdje ispitanici najviše koriste bežične uređaje, a za što su imali mogućnost odabira na više ponuđenih mjesta.

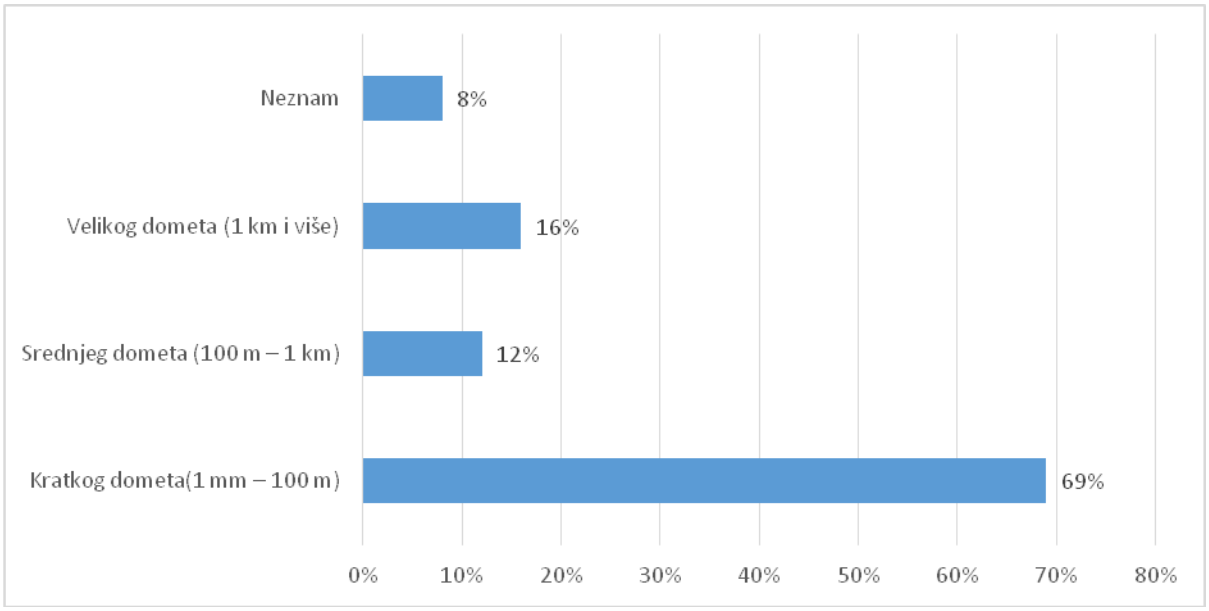


Grafikon 5. Najčešća mjesta korištenja bežičnih uređaja

Izvor: vlastito istraživanje

Najveći broj ispitanika je odgovorilo da bežične uređaje najviše koristi na poslu (82 %) i u domaćinstvu (57 %), manji broj ispitanika bežične uređaje koristi na odmoru (23 %) i na fakultetu (8 %) dok njih 20 % bežične uređaje koriste na ostalim mjestima. Iz navedenih podataka može se zaključiti da ispitanici bežične uređaje najviše koriste za poslovne svrhe, jer s istima najčešće dolaze u kontakt pi obavljanju nekih poslovnih zadataka.

Grafikon 6. prikazuje vrijednosti u postotcima odgovora na pitanje od kojeg dometa korištenih bežičnih uređaja ispitanici koriste u svakodnevnim životnim potrebama.

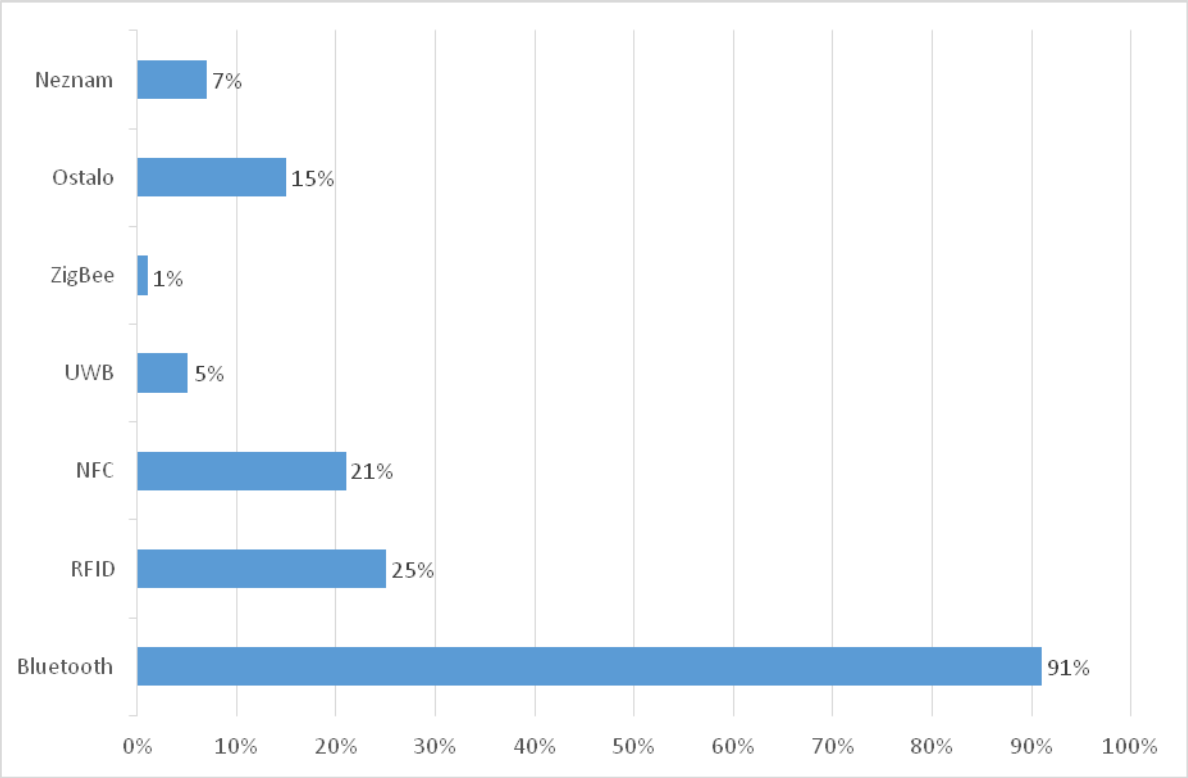


Grafikon 6. Domet korištenih bežičnih uređaja

Izvor: vlastito istraživanje

Iz grafikona 6. je vidljivo da 69 % ispitanika koriste bežične uređaje kratkog dometa (interval 1 mm do 100 m), 12 % ispitanika bežične uređaje srednjeg dometa (100 m do 1 km), 16 % ispitanika bežične uređaje velikog dometa (1 km i više), dok je 8 % ispitanika odgovorilo da ne zna o kojim dometima bežičnih uređaja se radi. Upoznatost s dometom bežičnih uređaja ponajprije ovisi o mogućnostima koje imaju uređaji koje koriste ispitanici u praksi, dok je vjerojatno mali broj onih ispitanika koji su direktno upoznati s tehničkim karakteristikama pojedinih uređaja.

Grafikon 7. daje grafički prikaz odgovora na pitanje s kojim tehnologijama su se ispitanici susreli ukoliko koriste bežične tehnologije kratkog dometa.

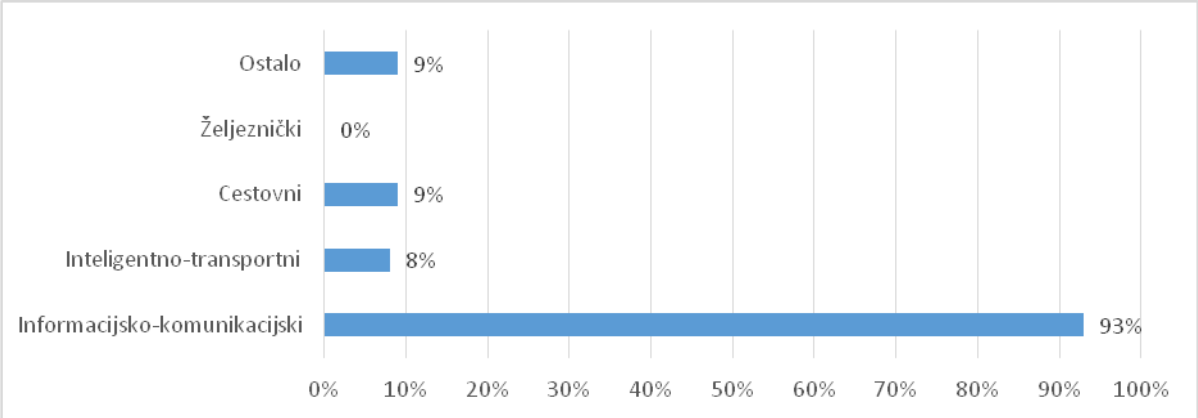


Grafikon 7. Korištenje tehnologije kratkog dometa

Izvor: vlastito istraživanje

Najveći broj ispitanika je odgovorio da se je najviše susreo s Bluetooth tehnologijom kratkog dometa (91 %) iz čega se može zaključiti da su ispitanici koristili ili se interesiraju za istu tehnologiju. Za predloženu tehnologiju RFID izjasnilo se 25 % ispitanika, za NFC 21 % ispitanika, za UWB 5 % ispitanika, za ZigBee 1 % ispitanika, ostale tehnologije koristi 15 % ispitanika, dok 7 % ispitanika ne zna koje tehnologije koriste. Iz navedenih rezultata se može zaključiti da je Bluetooth tehnologija opće poznata te prihvatljiva ispitanicima koji se manje susreću s ostalim tehnologijama.

Grafikon 8. daje grafički prikaz vrijednosti u postotcima odgovora na pitanje u kojem dijelu tehnologije prometa i transporta ispitanici koriste tehnologije kratkog dometa.

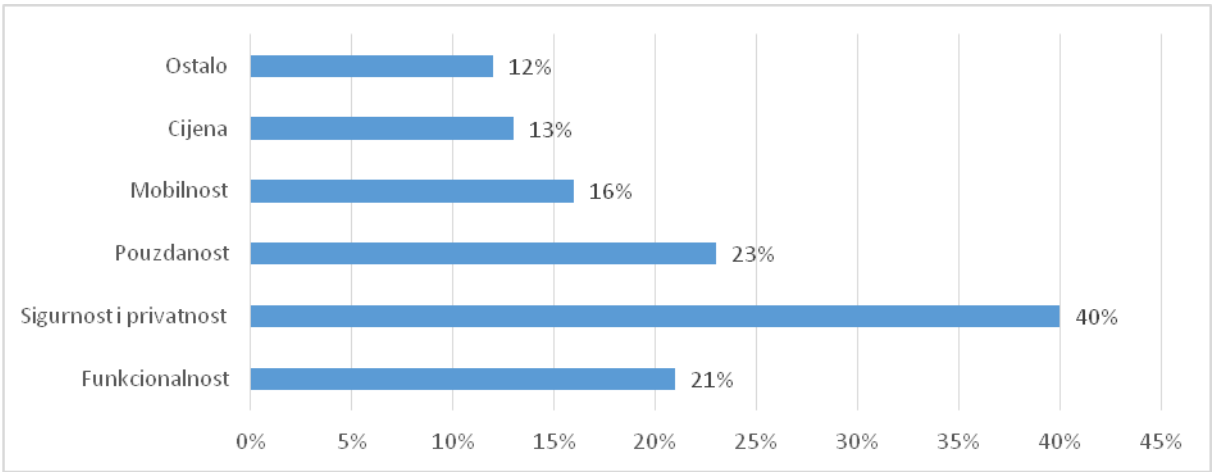


Grafikon 8. Područje korištenja tehnologija u prometu i transportu

Izvor: vlastito istraživanje

Najveći postotak ispitanika smatra da tehnologije kratkog dometa najviše koriste u informacijsko-komunikacijskom prometu (93 %), njih 8 % se izjasnilo za inteligentno-transportni promet te njih 9 % za cestovni promet i 9 % za ostale vrste prometa. Iz navedenih rezultata može se zaključiti kako je upotreba tehnologija kratkog dometa u području prometa i transporta najviše prisutna za potrebe informacijsko-komunikacijskog prometa kod kojeg su prisutni sami počeci upotrebe.

Grafikon 9. nam daje grafički prikaz predloženih nedostataka koje ispitanici navode kao najveći nedostaci kod tehnologija kratkog dometa bežičnih mreža.

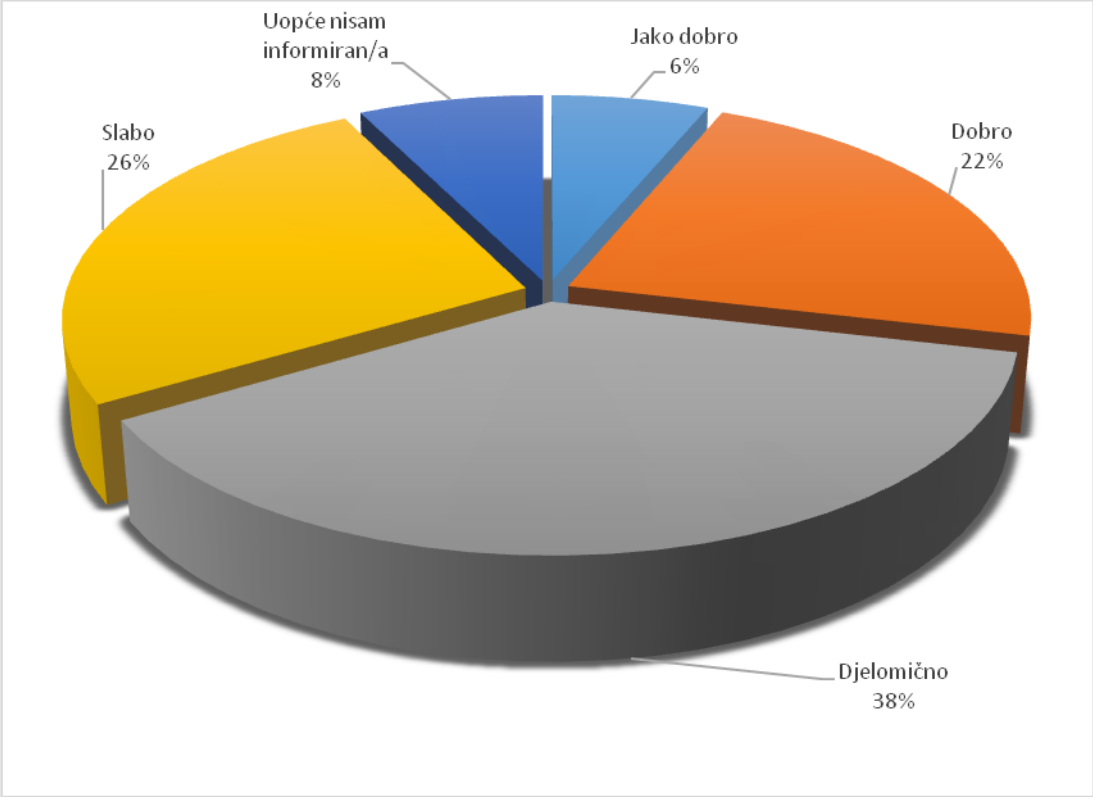


Grafikon 9. Nedostaci tehnologija kratkog dometa

Izvor: vlastito istraživanje

Dobiveni rezultati prikazini grafikonom br. 9. govore koji su od strane ciljane skupine ispitanika najveći nedostaci u korištenju tehnologija kratkog dometa bežičnih mreža. Kao najveći nedostatak navedenih tehnologija ispitanici navode kao sigurnost i privatnost (40 %), zatim pouzdanost sustava (23 %), funkcionalnost (21 %), mobilnost 16 %, cijena 13 %, dok je 12 % ispitanika kao mogući odgovor navelo ostale kriterije kao nedostatak tehnologija kratkog dometa. Iz navedenih rezultata može se zaključili da je najveći problem kod korištenja tehnologija kratkog dometa u sigurnosti sustava te zaštiti privatnosti ispitanika, a što proizvođačima često predstavlja najveći problem kroz razvoj pojedine tehnologije u prijenosu informacija. Tedencija razvoja novih tehnologija se očituje u poboljšanju svih performansi prijenosa informacije kako bi ista bila dostupna i vidljiva samo početnom i krajnjem ispitaniku ili stroju odnosno samom pošiljatelju i primatelju informacije.

Grafikon 10. daje grafički prikaz u postotcima kako su ispitanici dobro informirani o tehnologijama kratkog dometa.

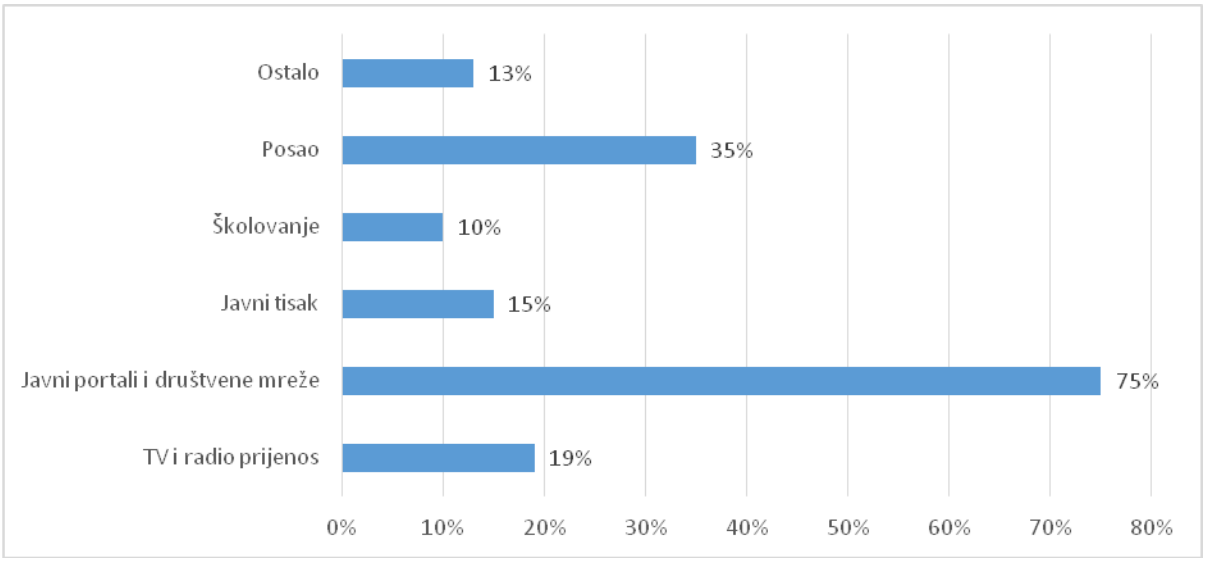


Grafikon 10. Informiranost o tehnologijama kratkog dometa

Izvor: vlastito istraživanje

Prema grafikonu br.10 vidljivo je da 6 % ispitanika jako dobro informirano tehnologijama kratkog dometa bežičnih mreža, njih 22 % je dobro informirano, 38 % je djelomično, 26 % posto se izjasnilo da slabo informirano dok 8 % je odgovorilo da uopće nije informirano. Iz dobivenih rezultata može se zaključiti da je većina ispitanika nedovoljno informirana o tehnologijama kratkog dometa. Dobiveni podaci nam govore da će se u budućnosti morati voditi više brige oko upoznavanja svih novih komunikacijskih mogućnosti, a kako bi kao rezultat bili zadovoljni svi aktori komunikacijskog puta od izvora do odredišta.

Grafikon 11 grafički prikazuje gdje ispitanici dobivaju informacije o novim tehnologijama koje se koriste u bežičnim mrežama.

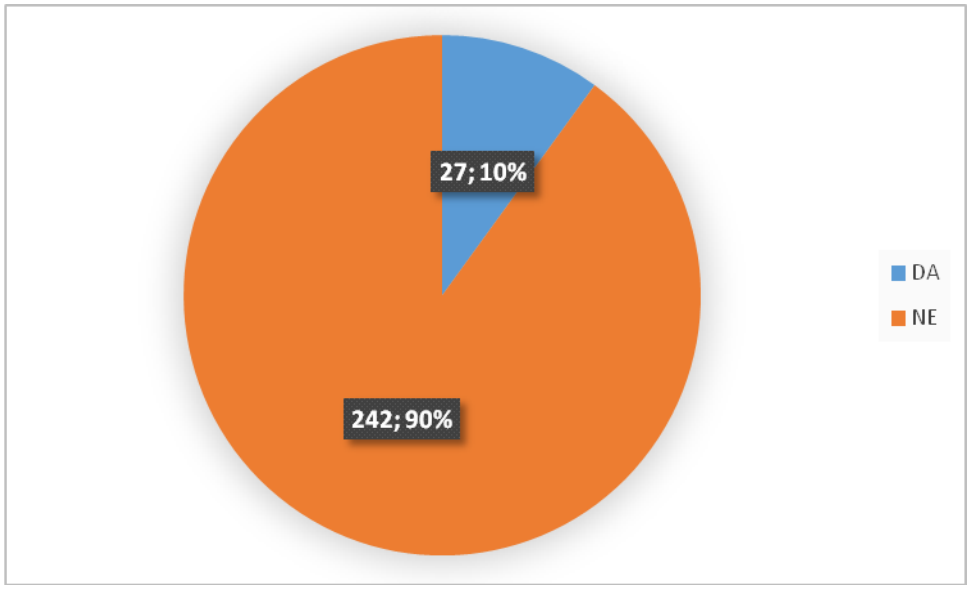


Grafikon 11. Izvor informiranosti o tehnologijama kratkog dometa

Izvor: vlastito istraživanje

Prema rezultatima iz grafikona 11 vidljivo je da 75 % ispitanika dobiva informacije o novim tehnologijama koje se koriste u bežičnim mrežama putem javnih portala i društvenih mreža, njih 35 %, na poslu, putem televizije i radio prijenosa njih 19 %, dok skoro ujednačen izvor informacija ispitanici dobivaju putem javnog tiska (15 %), školovanja (13 %) i ostalih izvora (13 %). Iz dobivenih rezultata može se zaključiti da ispitanici najviše informacija o novim tehnologijama dobivaju putem javih portala i društvenih mreža koji su sastavni dio interneta, a što znači da su korisnicima informacije o novim tehnologijama najviše dostupne u tim izvorima.

Grafikon 12. nam grafički prikazuje i daje odgovor na pitanje da li je društvo dovoljno informirano o tehnologijama bežičnih mreža.

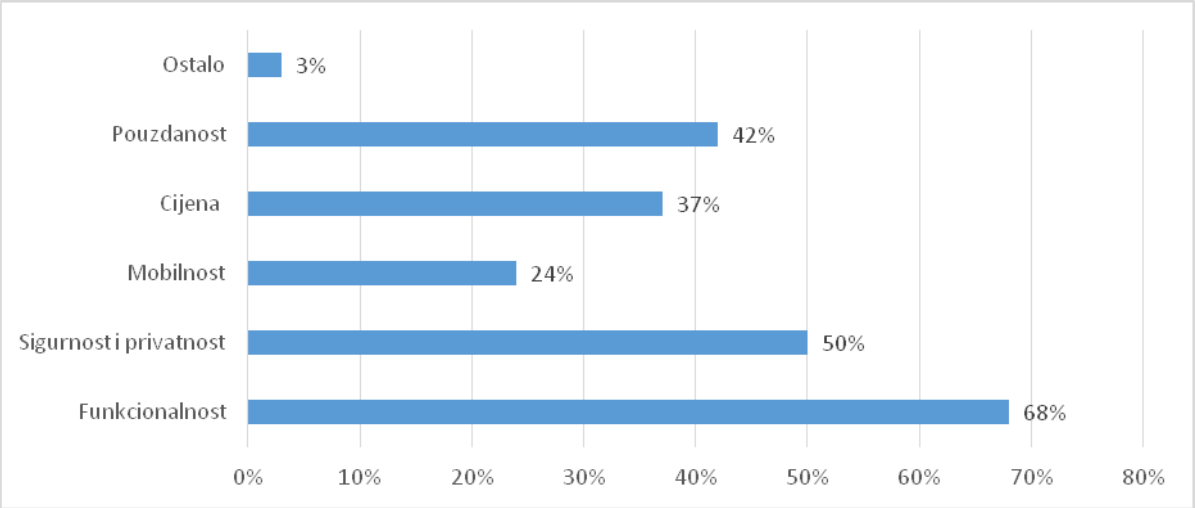


Grafikon 12. Stupanj informiranosti o bežičnim tehnologijama

Izvor: vlastito istraživanje

Od 269 ispitanika ciljane skupine ispitanika njih 242 odnosno 90 % je dalo odgovor da društvo nije dovoljno informirano o tehnologijama bežičnih mreža. Budući da ciljana skupna korisnika u svojim svakodnevnim potrebama koristi bežične uređaje može se zaključiti da su ipak isti ili se njihova mišljenja odnose na druge, nedovoljno upoznati s tehnologijama bežičnih mreža, a za što mogu biti i razlozi subjektivnog stajališta. Informiranost krajnjeg korisnika je najvažnija u trenutku kada se svijet sve više informatizira i automatizira kako bi bili u mogućnosti u svakodnevnim životnim aktivnostima koristiti nove tehnologije.

Grafikon 13 grafički prikazuje kriterije koji su neophodni za odabir željene tehnologije bežične mreže.

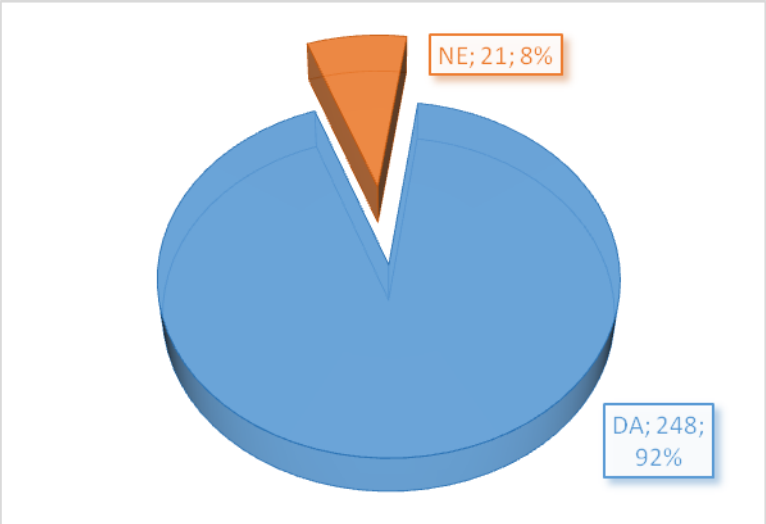


Grafikon 13. Kriteriji za odabir tehnologije bežične mreže

Izvor: vlastito istraživanje

Prema dobivenim rezultatima prikazanim grafički na grafikonu br. 13 jedan od najvažnijih kriterija za odabir željene tehnologije bežične mreže koji su ispitanici naveli je funkcionalnost, a što je odgovorilo 68 % ispitanika. Polovica ispitanika njih 50 % kao bitni kriterij odabralo je sigurnost i privatnost željene tehnologije bežične mreže, 42 % ispitanika kao bitni kriterij odabralo je pouzdanost kao vjerojatnost da će neki uređaj zadovoljavajuće raditi unutar određenog vremenskog razmaka. 37 % ispitanika za odabir željene tehnologije bitna je cijena tehnologije, a dok kao mobilnost kao bitni kriterij navodi 24 % ispitanika. Iz dobivenih rezultata može se zaključiti da je najbitniji kriterij za odabir željene tehnologije bežične mreže funkcionalnost kao želja ispitanika da će izabrana tehnologija služiti svrsi poradi koje je izabrana, dok od ostalih kriterija koji su neophodni za rad bežičnih mreža su sigurnost i privatnost te pouzdanost sustava.

Grafikon 14. grafički prikazuje odgovor na pitanje koliko bi se ispitanika iz ciljane skupine da su im dostupne koristilo najnovijim tehnologijama kratkog dometa u svakodnevnim životnim aktivnostima.

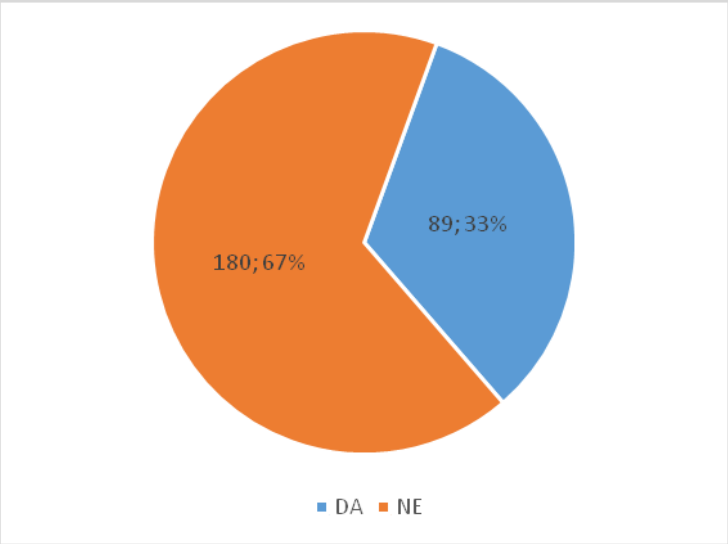


Grafikon 14. Korištenje tehnologija kratkog dometa

Izvor: vlastito istraživanje

Iz priloženog grafikona 14. vidljivo je da 92 % ili 248 ciljane skupine ispitanika bi se koristila najnovijim tehnologijama, dok 8 % ili 21 ispitanik ne bi se koristio najnovijim tehnologijama kratkog dometa u svakodnevnim životnim aktivnostima. Dobiveni rezultat nam govori da bi se ispitanici vrlo brzo prilagodili novim tehnologijama prilagođenih životnim potrebama.

Grafikon 15. grafički prikazuje rezultate ankete kao odgovor na pitanje da li bi ispitanici koristili tehnologiju u svakom trenutku životnih aktivnosti na način da je ista povezana internetom ukoliko bi im bila narušena privatnost.

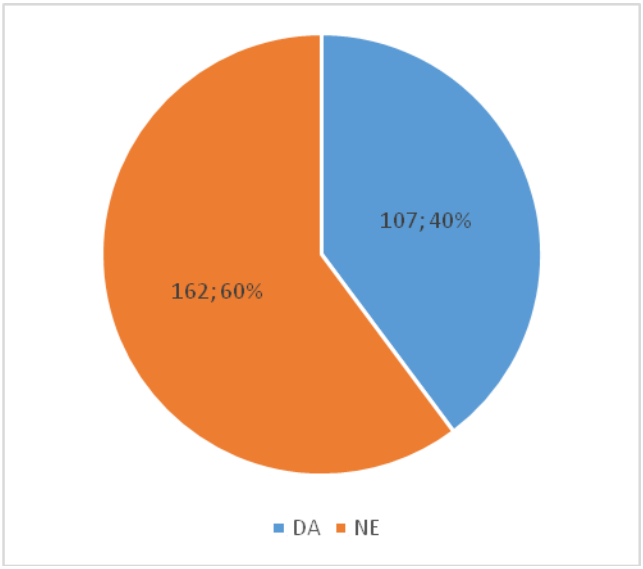


Grafikon 15. Korištenje novih tehnologija

Izvor: vlastito istraživanje

Prema dobivenim rezultatima, 33 % ili 89 ispitanika bi u navedenom slučaju koristilo tehnologiju koja je povezana internetom ukoliko bi im bila narušena privatnost, dok 67 % ili 180 ispitanika istu ne bi koristilo. Iz dobivenog rezultata može se zaključiti da je za oko trećinu ciljane skupine ispitanika bitna privatnost odnosno zaštita privatnih interesa te da ispitanici sa određenm dijelom sigurnosti gledaju na upotrebu tehnologija kratkog dometa.

Grafikon 16. prikazuje koliko je ispitanika upoznato s pojmom Internet of Things (IoT).

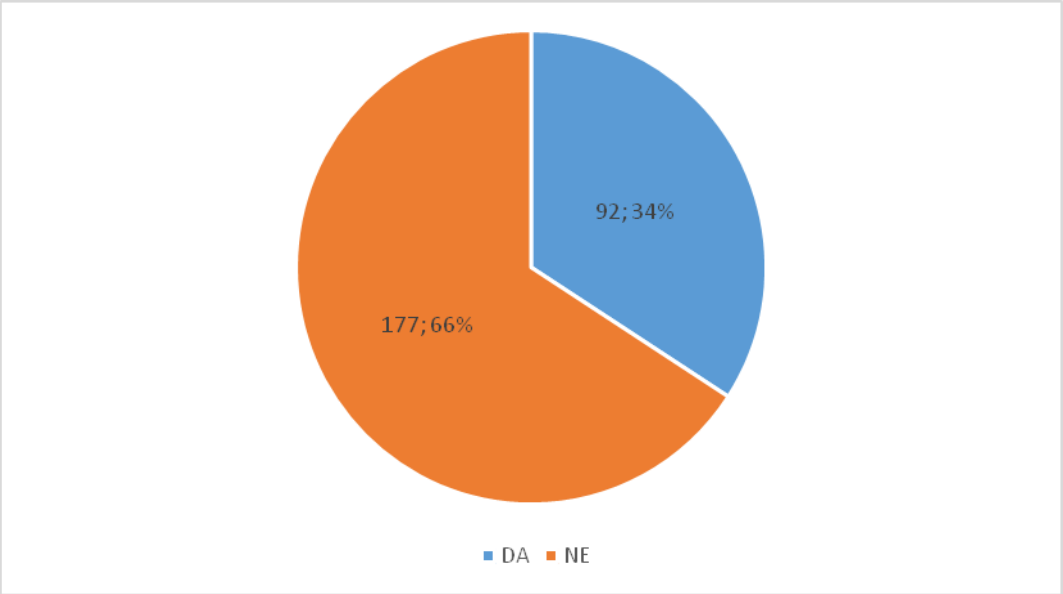


Grafikon 16. Upoznatost s pojmom IoT

Izvor: vlastito istraživanje

Prema rezultatima prikazanim u grafikonu 16. vidljivo je da 40 % ili 107 ciljane skupine ispitanika se susrelo s pojmom IoT-a, dok 60 % ili 162 ispitanika nije čulo za taj pojam. Prema dobivenim pokazateljima može se zaključiti da je IoT srednje poznat ispitanicima.

Grafikon 17. daje grafički prikaz odgovora na pitanje da li ispitanici znaju da se tehnologija kratkog dometa koristi u funkciji Internet of Things.

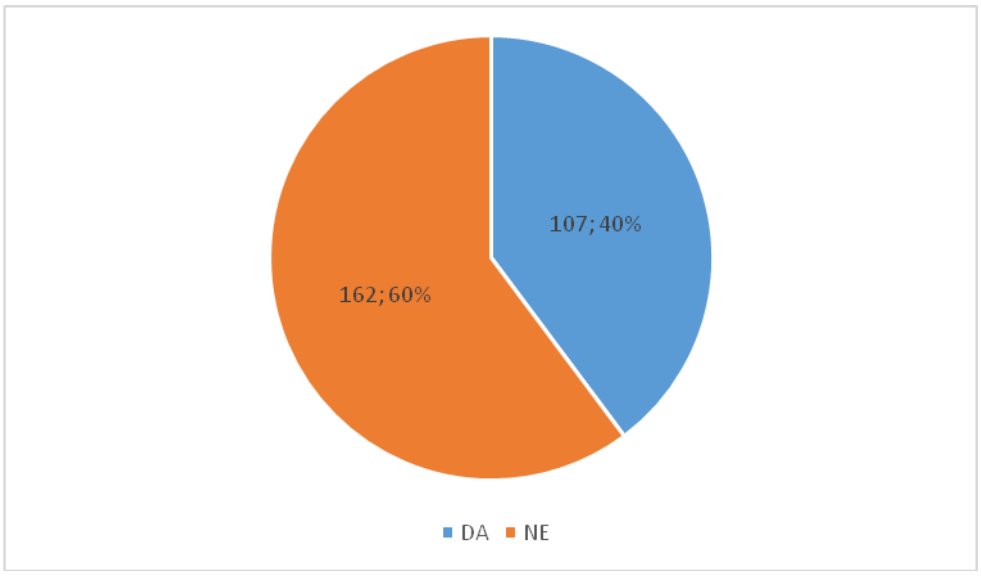


Grafikon 17. Korištenje tehnologija kratkog dometa u IoT

Izvor: vlastito istraživanje

Dobiveni rezultati prema grafikonu 17. prikazuju da 66 % ili 177 ispitanika ciljane grupe nije upoznat da se tehnologija kratkog dometa koji se koristi u funkciji IoT-a, dok je ostatak od 34 % ili 92 ispitanika naveo da je upoznat. Dobiveni rezultat govori da tek trećina ispitanika prepoznaje tehnologije kratkog dometa u konceptu IoT te da je ista još uvijek nepoznata većem broju ipitanika.

Grafikon 18. prikazuje koliko su ispitanici upoznati s definicijom IoT.

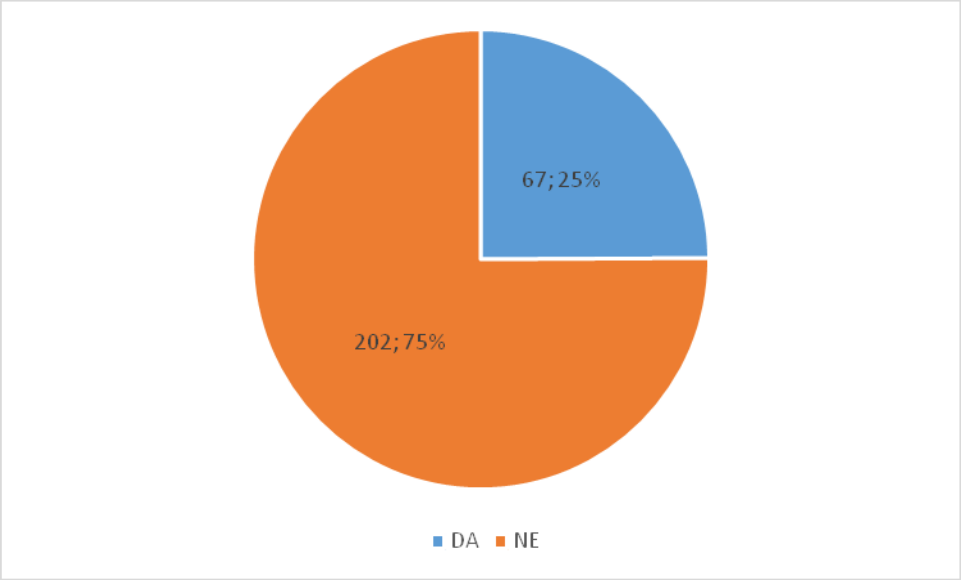


Grafikon 18. Upoznatost s definicijom IoT

Izvor: vlastito istraživanje

Prema rezultatima prikazanim u grafikonu 19. vidljivo je da 40 % ili 107 ispitanika zna što je *Internet of Things*, dok 60 % ili 162 ispitanika ne zna o čemu se točno radi. Prema dobivenim pokazateljima može se zaključiti da je IoT još uvijek nepoznat mnogim ispitanicima, a da će se daljnjim razvojem IoT sektora značajno povećati dostupnost informacijama.

Grafikon 19 prikazuje rezultate ankete na pitanje da li ispitanici koriste tehnologiju kratkog dometa u funkciji Internet of Things.

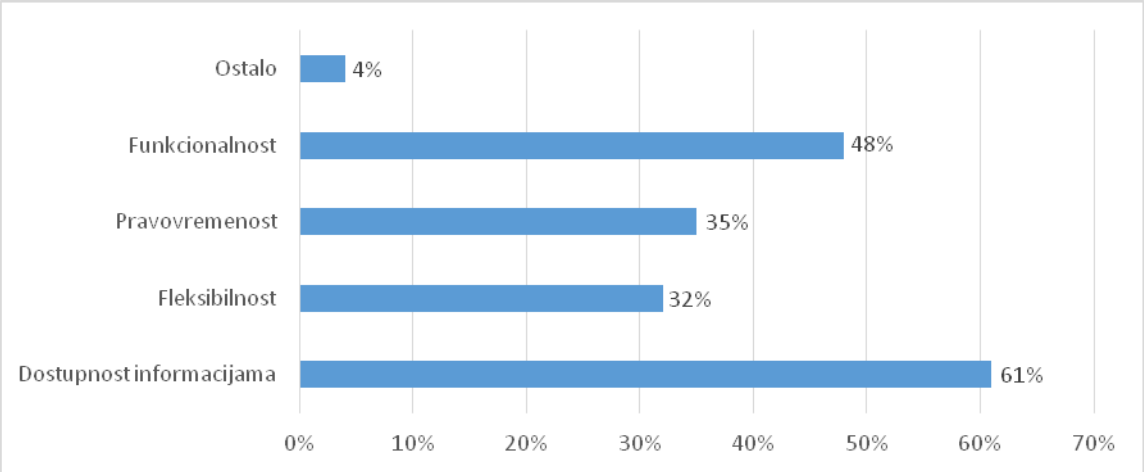


Grafikon 19. Korištenje tehnologije IoT

Izvor: vlastito istraživanje

Dobiveni rezultati prikazani grafikonom 19. pokazuju da 25 % ili 67 ispitanika ciljane skupine koriste tehnologiju kratkog dometa u funkciji IoT, dok ostalih 75 % ili 202 ispitanika ne koriste navedene tehnologije. Za pretpostaviti je da je to tek početak u korišteniju takovih tehnologija te približavanju nove ere pristupa i upravljanju informacijama.

Grafikon 20. prikazuje koje bi prednosti u povezivanju s internetom imali ispitanici u obavljanju svakodnevnih životnih aktivnosti.

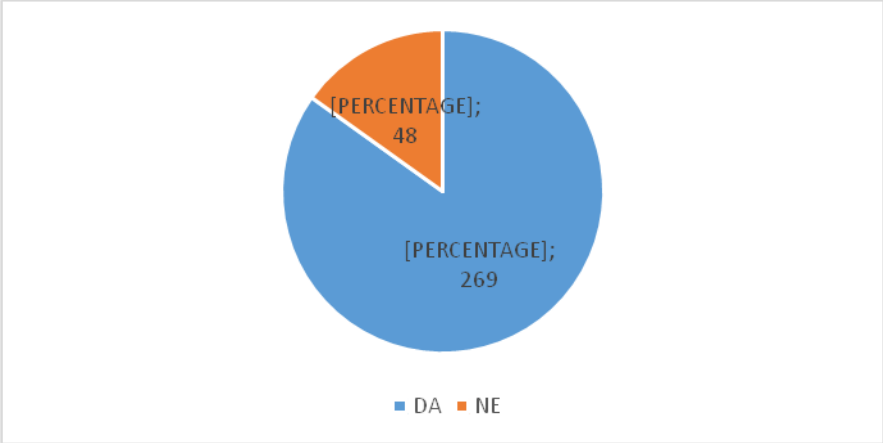


Grafikon 20. Prednosti u povezivanju s internetom

Izvor: vlastito istraživanje

Prema dobivenim postotcima iz gornjeg grafikona 20 vidljivo je da je ispitanicima u povezivanju s internetom prilikom obavljanja svakodnevnih životnih aktivnosti najbitnija dostupnost informacijama za što je dalo odgovor 61 % ispitanika, za funkcionalnost je 48 % ispitanika, za pravovremenost je 35 % ispitanika, za fleksibilnost je 32 % ispitanika, dok je za 4% ispitanika bitne ostale prednosti. Iz navedenog se može zaključiti da su za oko polovicu ispitanika bitne sve navedene karakteristike koje čine IoT.

Grafikon 21 prikazuje odnos između ispitanika koji su ispunili ovaj upitnik te onih koje su u svim životnim aktivnostima kako bi bili u mogućnosti u svakom trenutku imati dostupne podatke o svim stvarima koristiti se tehnologijom kratkog dometa, a što je omogućeno konceptom IoT.



Grafikon 21. Spremnost na korištenje tehnologija

Izvor: vlastito istraživanje

Prema rezultatima iz grafikona 21. vidljivo je da od 100 % ili 317 anketiranih ispitanika njih 85 % ili 269 je spremno koristiti navedene tehnologije, dok 15 % ili 48 ispitanika nisu spremni koristiti tehnologije, te iz tog razloga ne predstavljaju ciljanu skupinu ispitanika.

Budući da je tema ovog diplomskog rada korištenje tehnologija kratkog dometa u funkciji IoT umrežavanja, ključno pitanje je sadržano u ovom pitanju koje nam daje podatak o onim korisnicima koji su spremni koristiti tehnologije kratkog dometa u konceptu IoT-a te predstavljaju ciljanu skupinu ispitanika.

7. ZAKLJUČAK

Glavni razlog uvođenja IoT je povezati različite senzore koji opažaju jednostavne stvari na Internetu kako bi se ostvarila komunikacija između ljudi i strojeva i njih međusobno.

IoT se razvio na način da je umjesto jednog senzora koji će prepoznati to što želi mjeriti upotrijebljeno više malih senzora koji će mjeriti više različitih procesa, a nakon što se isti podaci objedine iz svih senzora da se dobije slika trenutnog stanja, a to znači te male podatke koje prepoznaju senzori da se proslijedit na internet gdje će se moći obraditi i korisnik izvijesti o traženom podatku ili uputiti na traženo mjesto.

IoT je područje od kojeg se očekuje da različite uređaje povežemo na internetsku mrežu od npr. hladnjak, televizora, kućanskih uređaja, električnog brojila za potrebe pametne kuće ili za potrebe pametnog grada gdje imamo niz akcija od praćenja odvoza smeća, praćenje stanja okoliša, upravljanje osvjetljenjem u gradu ili primjena u prometu od praćenja gustoće prometnica, praćenje javnog prijevoza, praćenje slobodnih parkirnih mjesta, a kada dobijemo pregled svih stanja na traženim mjestima da razvijemo mobilnu aplikaciju koja bi bila korisna građanima kako bi u traženom trenutku bili upoznati s stanjem na terenu.

IoT omogućuje umrežavanje uređaja tj. senzora da bi nam dali bolju kvalitetu života i pomogli u riješavanju problema u svakodnevnim životnim aktivnostima

Takvim umrežavanjem različitih uređaja dobijemo različite platforme na kojima posjedujemo neke podatke, a koje potom treba povezati da iste međusobno komuniciraju koristeći neko sofisticirano rješenje određenog standarda, kako bi platforme mogle razmjenjivati prikupljene podatke koji će biti na usluzi korisniku čekajući u internet Claudu.

Cilj je da svi senzori i uređaji koji sudjeluju u prikupljanju podataka mogu međusobno komunicirati kroz određeni protokol i da on bude jedinstven.

Jedna od najvećih problema je komunikacija u mreži između različitih senzora, uređaja i tzv. platformi koji koriste različite protokole.

Kako bi u potpunosti iskoristili raspoloživu internet tehnologiju, potreba je za implementacijom velike, platformno neovisne infrastrukture mreža bežičnih senzora koja uključuje obradu i upravljanje podacima, aktivaciju i analitiku.

Bitni problem IoT-a je zaštititi privatnost korisnika korištenjem određene regulative. IoT nije još reguliran zakonom te treba čekati zakonsku regulativu koja će odrediti što se može činiti, a što ne.

Bitni ekvivalenti u odabiru i potrebi za željenom tehnologijom kratkog dometa bežičnih mreža se očituju u raznim tehničkim karakteristikama kojima se može zadovoljiti fizičko smještanje i funkcija dostave željene informacije, a na što utječe veličina uređaja, potreba za napajanjem, brzina, domet, kvaliteta signala i druge značajke koje su potrebne da informacija stigne do korisnika tj. od vremena kada se informacija određenim senzorima prikupi, prenese i obradi mrežom te dostavi krajnjem korisniku.

Provedenim istraživanjem nad ciljanom skupinom korisnika, koji su spremni u budućnosti koristiti tehnologije kratkog dometa u funkciji IoT umrežavanja došlo se do relevantnih podataka da građani Republike Hrvatske koriste bežične uređaje, koriste tehnologije kratkog dometa i zainteresirani su za korištenje novih tehnologija u konceptu IoT s ciljem poboljšanja kvalitete života.

Kao jedan od bitnih nedostataka bežičnih mreža istraživanjem se utvrdilo da privatnost i sigurnost su važan kriterij za korištenje bežičnih mreža, te će iz istih razloga trebati vremena da se korisnici maksimalno koriste takvim mrežama u konceptu IoT, a što će u početku od strane korisnika biti korišteno s određenim stupnjem opreza. Kao ostale značajnije nedostatke bežičnih mreža ispitanici su naveli funkcionalnost i pouzdanost.

Ispitanici kroz provedeno istraživanje naveli su da su od bežičnih tehnologija kratkog dometa su se najčešće susreli s Bluetooth tehnologijom koju s ostalim tehnologijama kratkog dometa najčešće koriste u informacijsko komunikacijskom prometu.

Zabrinjavajući je podatak dobiven istraživanjem da ciljana skupina ispitanika od kojih su sudjelovali ispitanici s višim ili visokim stupnjem obrazovanja je lošije upoznata s bežičnim tehnologijama kratkog dometa od ostlih anketiranih, a o kojim tehnologijama isti najviše informacija prikupe putem društvenih mreža ili portala Internet mreže.

Kao najbitniji kriterij pri odabiru željene tehnologije bežične mreže ispitanici su naveli da je funkcionalnost (68 %) s ciljem da nova tehnologija služi svrsi, dok su kao dva ostala važna kriterija odabrali sigurnost i privatnost (50 %).

Također se došlo do saznanja da su ispitanici slabo upoznati s konceptom IoT te tehnologijama kratkog dometa, a što je najvjerojatnije razlog loše informiranosti o novim tehnologijama koje su u razvoju.

Najvažniji je i ključni podatak dobiven anketnim istraživanjem da su ispitanici zainteresirani za tehnologije kratkog dometa kako bi u svim životnim aktivnostima bili u mogućnosti u svakom trenutku imati dostupne podatke o svim stvarima, a što u konačnici predstavlja koncept IoT. U budućnosti će se razvijati nove tehnologije koje će svijet učiniti jednostavnijim i praktičnijim mjestom za život. Vjerujem kako će u eri IoT-a sve stvari postati inteligentnije, povezane i automatizirane, s ciljem postizanja većih pogodnosti za ljude.

LITERATURA

[1]. Atzoria, L., Ierab, A., Morabito, G.: „The Internet of Things: A survey“, Computer Networks, Vol. 54, str. 2787–2805, 2010.

[2]. Internet stranica: http://www.unizd.hr/ (pristupljeno: lipanj 2016.)

[3]. Internet stranica: https://www.scribd.com/ (pristupljeno: lipanj 2016.)

[4]. Internet stranica: http://www.informatika.buzdo.com/s930-intranet-bezicna-komunikacija.html (pristupljeno: lipanj 2016.)

[5]. Kasumović, B.: Operativni sistemi i računarske mreže, Univerzitet u Tuzli, Fakultet elektrotehnike, seminarski rad, 2013.

[6]. Internet stranica: http://www.informatika.buzdo.com/s930.html (pristupljeno: lipanj 2016.)

[7]. Internet stranica: http://www.konides.ag.rs/mreze/12-OSI/arhitektura_slojeva.html. (pristupljeno: lipanj 2016.)

[8]. Internet stranica: http://www.scribd.com/doc/52234411/Seminarski-Rad-Informatika-Umrezavanje-lokalne-mreze (pristupljeno: lipanj 2016.)

[9]. Internet stranica: https://sh.wikipedia.org/wiki/Be%C5%BEi%C4%8Dnemre%C5%BEe (pristupljeno: lipanj 2016.)

[10]. Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., Palaniswamia, M.: „Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions, Future Generation Computer Systems, Vol. 29, str. 1645–1660, 2013.

[11]. Jia, X., Feng, Q, Fan, T., Lei, Q.: RFID Technology and Its Applications in Internet of Things (IOT), in Proc. 2012 2nd International Conference on Consumer Electronics,Communications and Networks(CECNet), str. 1282–1285, April 2012.

[12]. Internet stranca: http://arhiva.ericsson.hr/etk/revija/Br_1_2012/index.html (pristupljeno: lipanj 2016.)

[13]. Internet stranica: http://machinaresearch.com/research-note-the-future-of-m2m-is-3g-and4g/ (pristupljeno: lipanj 2016.)

[14]. Internet stranica: http://www.ericsson.com/thecompany/press/mediakits/lte (pristupljeno: lipanj 2016.)

[15]. Internet stranica: http://www.internet-of-things- research.eu/pdf (pristupljeno: lipanj 2016.)
[16]. Landt, J.: The history of RFID, IEEE, Vol. 24, str. 8-11, 2005.
[17]. Daniel Hunt, V., Puglia, A., Puglia, M.: RFID A Guide To Radio Frequency Identification, Wiley-Interscience, A John Wiley & Sons, Inc., Publication, New Yersey, USA, 2007.
[18]. Internet stranica: http://www.tagnology.com/hr/rfid/sto-je-rfid.html (pristupljeno: lipanj 2016.)
[19]. Chunli, L., Donghui, L.: Application and development of RFID technique, IEEE, Internacional Conference, China, April 2012.
[20]. Hoang Minh, N., Seong Hoon, K., Dinh Tuan, L., Sehyeon, H., Janggwan, I., Daeyoung, K.: EPCloudFlow: Load Prediction and Migration Optimizations for EPC Network on Cloud, IEEE Cloud 2015, New York, USA, Jun. 2015.
[21]. Xiaolin, J., Quanyuan, F., Taihua, F., Quanshui, L.,:“RFID Technology and Its Applications in Internet of Things (IOT)”, in Proc. 2012 2nd International Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet), str. 1282–1285, April 2012.
[22]. Internet stranica: https://hr.wikipedia.org/wiki/Bluetooth (pristupljeno: lipanj 2016.)
[23]. Internet stranica: http://www.eckey.unis.hr/uvod.html (pristupljeno: lipanj 2016.)
[24]. Aihou, C., Aurora G.C., Emilio, J. P.G., José, M. F., Francisco, J.B.:“In-Home Data Acquisition and Control System Based on BLE”, IEEE International Symposium on Consumer Electronics (ISCE), str. 1-2., June 2015
[25]. Internet stranica: http://www.automatika.rs/baza-znanja/obrada-signala/zigbee-wireless-standard.html (pristupljeno: lipanj 2016.)
[26]. Internet stranica: http://www.rfwireless-world.com/Terminology/what-is-zigbee.html (pristupljeno: lipanj 2016.)
[27]. Internet stranica: http://nearfieldcommunication.org/technology.html (pristupljeno: lipanj 2016.)
[28]. Ghavami, M., Michael, L.B., Kohno, R.:“Ultra Wideband Signals And Systems In Communication Engineering", second edition, Wiley, ISBN 978-0-470-02763-9, 2007.

[29]. Internet stranica: http://spvp.zesoi.fer.hr/seminari/2004/UWB-mklobucaric.pdf (pristupljeno: lipanj 2016.)
[30]. Internet stranica: www.rs-online.com (pristupljeno: srpanj 2016.)
[31]. Ngangue, E.D., Cherkaoui, S.: „On Enhancing Technology Coexistence in the IoT Era: ZigBee and 802.11Case“, IEEE Internacional Conference, Vol. 4, str.1835-1844, 2016.
[32]. Kamio, M., Yashiro, T., Sakamura, K.: „6LoWPAN framework for efficient integration of embedded devices to the Internet of Things“, 2014 IEEE Internacional Conference, str. 80-86, 2014.
[33]. Le-Phuoc, D., Quoc, H. N. M., Parreira, J.X., Hauswirth, M.: “The linked sensor middleware–connecting the real world and the semantic web,” Proceedings of the Semantic Web Challenge, IEEE Internacional Conference, str.17-24, 2011.
[34]. Internet stranica: http://new.zwave.eu/index.php?id=21&L=0 (pristupljeno: srpanj 2016.)
[35]. Internet stranica: https://www.researchgate.net/publication/259009830_Home_Automation_with_6LoWPAN (pristupljeno: srpanj 2016.)
[36]. Internet stranica: https://bs.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi (pristupljeno: srpanj 2016.)
[37]. Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., Palaniswami, M.:“Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions“, Future Generation Computer Systems, Vol. 29, str. 1645-1660, 2013.
[38]. Sundmaeker, H., Guillemin, P., Friess, P., Woelfflé, S.:“Vision and challenges for realising the Internet of Things“, Cluster of European Research Projects on the Internet of Things—CERP IoT, str. 32-34, 2010.
[39]. Joachim, W., Walewski and Authors: „Inital Architectural Reference Model for IoT“, lipanj 2016.
[40]. Internet stranica: http://ftc.gov/bcp/workshops/internet-of-things/ (pristupljeno: srpanj 2016.)
[41]. ETSI TR 102 725 V1.1.1 (2013-06), Machine-to-Machine Communications (M2M); Definitions, 2013.
[42]. Ekanayake, J., Liyanage, K., Wu, J., Yokohama, A., Jenkins, N.: „Smart Grid: Technology and Applications“, 2012 John Wiley & Sons, 2012.

[43]. ETSI TR 102 732 V0.4.1 (2011-03), Machine to Machine Communications (M2M); Use cases of M2M applications for eHealth, Tehnical Report, European Telecommunication Standards Institute, 2010

[44]. ETSI TR 102 898 V0.4.0 (2010-09), Machine to Machine Communications (M2M); Use cases of Automotive Applications in M2M capable networks, Tehnical Report, European Telecommunication Standards Institute, 2010

[45]. Internet stranica: http://www.infotrend.hr/clanak/2014/10/m2m-izazovi,81,1092.html (pristupljeno: lipanj 2016.)

[46]. Internet stranica: https://www.fer.unizg.hr/ztel/studenti/podrucja_studentskih_seminara-preddiplomski_studij/internet_stvari_internet_of_things_iot (pristupljeno: srpanj 2016.)

[47]. Salpietro, R.; L. Bedogni; M. Di Felice; L. Bononi: „Park Here! A smart parking system based on smartphones, embedded sensors and short range Communication Tehnologies“, IEEE Intrnacional Conference, str.18-23, 2015

[48]. Sadoghi, M., Jacobsen, H.-A.: “Be-tree: an index structure to efficiently match boolean expressions over high-dimensional discrete space,in Proceedingsn of the 2011 ACM SIGMOD International Conference on Management of dana, ser. SIGMOD 2011, New York, NY, USA: ACM, str. 637-648, 2011.

[49]. Internet stranica: www.jhl.si/holding/urbana (pristupljeno: srpanj 2016)

[50]. Internet stranica: http://www.novaenergija.net/sledeca-stanica-pametni-dom/ (pristupljeno lipanj 2016)

[51]. Internet stranica: http://www.hyperion.rs/koncep (pristupljeno: srpanj 2016)

[52]. Istepanian,R. S. H.; Jovanov, E.; Zhang, Y. T.: „Guest editorial introduction to the special section on m-health: Beyond seamless mobility for global wireless healthcare connectivity“, IEEE Transactions on information technology in biomedicine, Vol. 8, str. 405-412,2014.

[53]. Internet stranica: http://www.global.samsungtomorrow.com (pristupljeno: srpanj 2016.)

[54]. Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., Palaniswami, M.: „Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions,“ Future Generation Computer Systems, Vol. 29, str. 1645–1660, 2011.

[55]. Zarghami, S.: „Middleware for Internet of Things“, University of Twente, str.17-35, 2014.

[56]. Babar, S., Prasad, N.: „Proposed Security Model and Threat Taxonomy for the Internet of Things," Vol. 10, str. 196-211, 2014.

[57]. Internet stranica: http://www.rfwireless-world.com/Terminology/what-is-zigbee.html (pristupljeno; srpanj 2016.)

[58]. Internet stranica: http://mob.hr/sto-je-i-kako-radi-nfc/ (pristupljeno: lipanj 2016.)

[59]. Internet stranica: http://old.riteh.hr/nast/obrane/strucni_el/Radovi_072015/00690512351080_Draginic_Marino.pdf (pristupljeno: lipanj 2016.)

POPIS KRATICA I AKRONIMA

Kratice	Značenje kartica
3GPP	- *(3rd Generation Partnership Project)* suradnja između telekomunikacijskih poduzeća na projektu mobilnih telefona treće generacije (3G)
ADSL	- *(Asymmetric Digital Subscriber Line)* asimetrična digitalna pretplatnička linija
AMR	- *(Adaptive Multi-Rate)* kompresija optimizirana za kodiranje govora
AP	- *(Acces Point)* pristupna točka u bežičnoj komunikaciji
BLE	- *(Bluetooth low energy)* bežične osobne mreže tehnologija za nove primjene uz smanjenju potrošnju energije
CDMA	- *(Code Division Multiple Access)* višestruki pristup tehnologijom proširenog spektra
CMOS	- *(Complementary Metal Oxide Semiconductor)* tehnologija izrade komplementarnih mikroelektroničkih sklopova
ETSI	- *(European Telecommunications Standards Institute)* Europski institut za standarde u telekomunikaciji
FCC	- *(Federal Communications Commission)* državna komisija za komunikacije
FDDI	- *(Fiber Distributed Data Interface)* protokol za slanje digitalnih podataka preko optičkog kabla
FDMA	- *(Frequency Division Multiple Access)* višestruki pristup s frekvencijskom raspodjelom
FTP	- *(File Transfer Protocol)* standardni mrežni protokol za premještanje datoteka
GSM	- *(Global System for Mobile Communications)* najraširenij standard za mobilnu telefoniju
HSPA	- *(High Speed Packet Access)* brzi pristup paketa podataka
HTTP	- *(Hyper Text Transfer Protocol)* glavna i najčešća metoda prijenosa informacija na Webu
ICT	- *(Information and Communications Technology)* informacijsko-komunikacijsko tehnologije
IEEE	- *(Institute of Electrical and Electronics Engineers)* Institut elektro i elektroničnih inženjera
IERC	- *(European Research Cluster on the Internet of Things*) Europski klaster istraživanja interneta stvari
IETF	- *(The Internet Engineering Task Force)* Udruženje razvija i promovira internetske standarde
IPX	- *(Internetwork Packet Exchange)* mrežni protokol u IPX/SPX grupi protokola

IrDA - *(The Infrared Data Association)* je protokol za kratkometražne prijenose podataka čiji se prenos vrši preko infracrvene svjetlosti

ISO - *(International Organization for Standardization)* Međunarodna organizacija za standardizaciju

ITU - *(International Telecommunication Union)* Međunarodno telekomunikacijsko udruženje, specijalizirana agencija Ujedinjenih naroda odgovorna za pitanja koja se odnose na informacijske i komunikacijske tehnologije

LAN - *(Local Area Network)* lokalna računalna mreža odnosno područna mreža

LMDS - *(Local Multipoint Distribution Service)* širokopojasni bežični pristup tehnologiji izvorno dizajniran za digitalni televizijski prijenos (DTV)

LTE - *(Long Term Evolution)* dugoročna evolucija

M2M - *(Machine to Machine)* automatski prijenos i razmjena podataka između uređaja, strojeva ili aplikacija

Mac OS - *(Macintosh Operating System)* operativni sistem za Apple Macintosh računare

MBMS - *(Multimedia Broadcast Multicast Services)* neusmjereno odašiljanje od jedne točke prema više točaka

MMDS - *(Multichannel Multipoint Distribution Service)* više kanalni servis distribucije u više točaka

NCR - *(National Cash Register)* Poduzeće u USA

NNTP - *(Network News Transfer Protocol)* protokol koji služi za prenošenje Usenet članaka

OFDM - *(Orthogonal Frequency-Division Multiplexing)* multipleksiranje signala frekvencijskim multipleksiranjem ortogonalnih podnositelja

OSI - *(Open Systems Interconnection)* otvoreno povezivanje sustava

PDA - *(Personal Digital Assistant)* osobni digitalni pomoćnik

PIN - *(Personal Identification Number)* osobni identifikacijski broj

PLC - *(Programmable Logic Controller)* programabilni logički kontroler

QoS - *Quality of Services)* kvaliteta usluga

RFID - *(Radio-Frequency IDentification)* radio frekvencijska identifikacija

RPM - *(Revolutions Per Minute)* mjera učestalosti o rotaciji, posebno broj okretaja oko nepomične osi u jednom minutu

SMS - *(Short Message Service)* slanje kratkih tekstualnih poruka

SMTP - *(Simple Mail Transfer Protocol)* standard za prijenos elektroničke pošte na internetu

SRWT - *(Short-Reach Wireless Technology)* bežična tehnologija kratkog dometa

TCP - *(Transmission Control Protocol)* isporuka podataka u kontroliranom redoslijedu

TDMA - *(Time Division Multiple Access)* višestruki pristup s vremenskom raspodjelom

Telnet - *(TELephone NETwork)* pristup udaljenom računalu

UDPUDP - *(User Datagram Protocol)* bespojni protokol prijenosne razine

UHF - *(Ultra High Frequency)* radijskih frekvencija u rasponu između 300 MHz i 3 GHz

USB - *(Universal Serial Bus)* univerzalna serijska sabirnica

WAN - *(Wide Area Network)* mreža širokog područja

Wi-Fi - *(Wireless-Fidelity)* bežični internet

WiMAX - *(Worldwide Interoperability for Microwave Access)* Svjetska interoperabilnost za mikrovalni pristup

WLAN - *(Wireless Local Area Network)* bežična lokalna mreža

WMAN - *(Wireless Metropolitan Area Networking)* omogućuje komunikaciju između dva ili više priključaka (čvorova) koristeći samo jednu pristupnu točku

WPAN - *(Wireless Personal Area Network)* bežične osobne mreže

WSAN - (*Wireless Sensor And Actuator Network)* bežične mreže osjetila i aktuatora

WSN - *(Wireless Sensor Network)* bežične mreže osjetila

WWAN - *(Wireless Wide Area Network)* bežično široko područno umrežavanje

POPIS SLIKA I GRAFIKONA

Popis slika

Slika 1. Klasifikacija bežičnih komunikacija [3]……..……...12
Slika 2. Bežična pristupna točka [4] ……..……....15
Slika 3. Veze između prijenosnog računala i lokalne računalne mreže [4] ……....15
Slika 4. Prikaz TCP/IP [9] ……..……...….20
Slika 5: Internet stvari [10] ……..……....….22
Slika 6. Transponder ili tag [18] ……..……..…….27
Slika 7. Šematski prikaz mesh topologije [26] ……..……..….33
Slika 8. Shematski prikaz ZigBee strukture [57] ……...……34
Slika 9. Pojednostavljeni prikaz arhitekture IoT-a [2] ……...….43
Slika 10. Referentni model arhitekture Interneta stvari IoT-a [40] ……...….44
Slika 11. Tehnologije za komunikaciju M2M [45] ……...….46
Slika 12. Pametna kuća [50] ……..……48
Slika 13. Opći koncept 4-G zdravlje [51] ……...49
Slika 14. Konceptualna IoT razvojna cjelina s računalstvom u oblacima u središtu [11]…….....……..53

Popis grafikona

Grafikon 1. Omjer prema spolu spitanika…...……..…….57
Grafikon 2. Starost anketiranih osoba……..…….58
Grafikon 3. Status zaposlenosti……..……59
Grafikon 4. Trenutačni stupanj obrazovanja……..……60
Grafikon 5. Najčešća mjesta korištenja bežičnih uređaja……..….61
Grafikon 6. Domet korištenih bežičnih uređaja……...….62
Grafikon 7. Korištenje tehnologije kratkog dometa……..….63
Grafikon 8. Područje korištenja tehnologija u prometu i transportu……..….64
Grafikon 9. Nedostaci tehnologija kratkog dometa……...…….64
Grafikon 10. Informiranost o tehnologijama kratkog dometa……..….65

Grafikon 11. Izvor informiranosti o tehnologijama kratkog dometa……...66
Grafikon 12. Stupanj informiranosti o bežičnim tehnologijama……...…….67
Grafikon 13. Kriteriji za odabir tehnologije bežične mreže……...68
Grafikon 14. Korištenje tehnologija kratkog dometa…….……..….69
Grafikon 15. Korištenje novih tehnologija…….……..……..….69
Grafikon 16. Upoznatost s pojmom IoT……..……..….70
Grafikon 17. Korištenje tehnologija kratkog dometa u IoT…….....……..….71
Grafikon 18. Upoznatost s definicijom IoT……..……..….71
Grafikon 19. Korištenje tehnologije IoT…….……72
Grafikon 20. Prednosti u povezivanju s internetom……..…...73
Grafikon 21. Spremnost na korištenje tehnologija……...73

PRILOG – ANKETNI UPITNIK

Analiza tehnologija kratkog dometa u funkciji IoT umrežavanja

Poštovana/Poštovani, ja sam student Siniša Draganić i provodim istraživanje vezano za primjenu tehnologija kratkog dometa u funkciji IoT umrežavanja. Anketa je anonimna i dio je istraživanja za potrebe diplomskog rada na Fakultetu prometnih znanosti, Sveučilišta u Zagrebu, pod temom: „Analiza tehnologija kratkog dometa u funkciji IoT umrežavanja“.

U ovom istraživanju, prvo će se razmotriti tehnologije kratkog dometa koje se koriste u funkciji IoT-a s naglaskom na njihovu primjenu. Zatim se razmatra informacijsko-komunikacijska infrastruktura potrebna za IoT te nastajanje IoT-a. Naposljetku će se analizirati mogućnosti primjene tehnologija kratkog dometa u kontekstu IoT umrežavanja.

Istraživanje primjene tehnologija kratkog dometa za potrebe IoT-a uključuje mišljenja i stavove građana na korištene tehnologije kako bi rezultati istraživanja bili prihvatljivi i primjenjivi budućim korisnicima. Tehnologije kratkog dometa predstavljaju način komunikacije između pojedinih dijelova mreže IoT-a. Vjerujemo da će komunikacija posredstvom tehnologija kratkog dometa igrati važnu ulogu u budućem razvoju IoT-a koja potencijalno može smanjiti količinu električnih instalacija, pojednostaviti dizajn i smanjiti troškove uporabe.

Internet of Things (kratica IoT), odnosno Internet stvari predstavlja pojam koji se odnosi na komunikaciju raznih vrsta uređaja koji mogu dijeliti podatke između sebe i čovjeka, a omogućuju brojne dinamične i prilagodljive konfiguracijske mogućnosti. Koncept *Internet of Things* pronalazi svoje mjesto u sve više područja primjene, pa je tako njegovo mjesto osigurano i u tehnologiji prometa.

Ciljana skupina ove ankete su osobe koje su u svojim svakodnevnim potrebama spremne koristiti tehnologije kratkog dometa u mreži IoT-a.

Srdačan pozdrav,

Student Siniša Draganić

ANKETNI OBRAZAC

1. Spol
   a) Muški
   b) Ženski

2. Kojoj dobnoj skupini pripadate?
   a) 18-24
   b) 25-34
   c) 35-44
   d) 45-65

3. Status zaposlenosti:
   a) Vlasnik/ca
   b) Zaposlen/a na puno radno vrijeme
   c) Honorarno zaposlen/a
   d) Nezaposlen/a
   e) Student/ca
   f) Ostalo

4. Trenutačni stupanj obrazovanja:
   a) KV, SSS – srednja stručna sprema,
   b) VK – srednja stručna sprema – specijalist,
   c) VIŠA – viša stručna sprema ili specijalist,
   d) VISOKA – visoka stručna sprema,
   e) MAGISTAR – znanstveni ili specijalistički (stručni),
   f) DOKTOR – doktorat znanosti
   g) ostalo

5. Koristite li se u svojim svakodnevnim potrebama bežičnim uređajima?
   a) Da
   b) Ne

6. Gdje najčešće koristite bežične uređaje?
   a) U kućanstvu
   b) Na poslu
   c) Na fakultetu
   d) Na odmoru
   e) Ostalim mjestima

7. Od korištenih bežičnih uređaja kojeg dometa koristite?
   a) Kratkog dometa (1 mm – 100 m)
   b) Srednjeg dometa (100 m – 1 km)
   c) Velikog dometa (1 km i više)
   d) Ne znam

8. Ukoliko koristite bežične tehnologije kratkog dometa s kojim tehnologijama ste se do sada susreli?
    a) Bluetooth
    b) RFID
    c) NFC
    d) UWB
    e) ZigBee
    f) Ostalo
    g) Ne znam

9. U kojem dijelu prometa koristite tehnologije kratkog dometa?
    a) Informacijsko-komunikacijski
    b) Inteligentno-transportni
    c) Cestovni
    d) Željeznički
    e) Ostalo

10. Koji su po Vama najveći nedostaci tehnologija kratkog dometa?
    a) Funkcionalnost
    b) Sigurnost i privatnost
    c) Pouzdanost
    d) Mobilnost
    e) Cijena
    f) Ostalo

11. Koliko ste dobro informirani o tehnologijama kratkog dometa?
    a) Jako dobro
    b) Dobro
    c) Djelomično
    d) Slabo
    e) Uopće nisam informiran/a

12. Putem kojih izvora dobivate informacije o novim tehnologijama koje se koriste u bežičnim mrežama?
    a) TV i radio prijenos
    b) Javni portali i društvene mreže
    c) Javni tisak
    d) Školovanje
    e) Posao
    f) Ostalo

13. Da li smatrate da je društvo dovoljno informirano o tehnologijama bežičnih mreža?
    a) Da
    b) Ne

14. Koji su od navedenih kriterija neophodni za odabir željene tehnologije bežične mreže?
    a) Funkcionalnost
    b) Sigurnost i privatnost
    c) Mobilnost
    d) Cijena
    e) Pouzdanost
    f) Ostalo

15. Da su Vam dostupne biste li se koristili najnovijim tehnologijama kratkog dometa u svakodnevnim životnim aktivnostima?
    a) Da
    b) Ne

16. Ukoliko bi u svakom trenutku vaših životnih aktivnosti bili povezani putem Internet mreže te bi vam bila narušena vaša privatnost, biste li se koristili takvom tehnologijom?
    a) Da
    b) Ne

17. Da li ste se susreli s pojmom Internet of Things?
    a) Da
    b) Ne

18. Da li znate da se tehnologija kratkog dometa koristi u funkciji Internet of Things?
    a) Da
    b) Ne

19. Jeste li znali da je IoT kolekcija ili skup stvari (objekata ili uređaja) koji su dizajnirani da bi bili upravljani te da bi pružali informacije bežičnom vezom preko interneta koristeći najčešće mobilnu aplikaciju za nadzor ili upravljanje?
    a) Da
    b) Ne

20. Da li koristite tehnologiju kratkog dometa u funkciji Internet of Things?
    a) Da
    b) Ne

21. Koje bi po vama bile prednosti u povezivanju s Internet mrežom u obavljanju svakodnevnih životnih aktivnosti?
    a) Dostupnost informacijama
    b) Fleksibilnost
    c) Pravovremenost
    d) Funkcionalnost
    e) Ostalo

22. Ukoliko bi bili u mogućnosti u svakom trenutku imati dostupne podatke o svim stvarima koje koristite u životnim aktivnostima biste li se koristili tehnologijom kratkog dometa?
    a) Da
    b) Ne

Ispunjen upitnik vratite na mail: sinisa.gorjani@gmail.com

Najljepše zahvaljujem na Vašim odgovorima!