

Primjena Interneta objekata u logistici

Dujmenović, Irena

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:470997>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-20**

Repository / Repozitorij:

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH
TEHNOLOGIJA, OSIJEK

Sveučilišni studij Komunikacije i informatika

PRIMJENA INTERNETA OBJEKATA U LOGISTICI

Završni rad

Irena Dujmenović

Osijek, 2020.

SADRŽAJ

| | |
|--|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 1.1. Zadatak završnoga rada | 2 |
| 2. INTERNET OBJEKATA..... | 3 |
| 2.1. Pojam Internet objekata..... | 3 |
| 2.2. Internet objekata kroz povijest | 4 |
| 2.3. Tehničke karakteristike | 7 |
| 2.4. Arhitektura | 9 |
| 3. POVEZANOST INTERNETA OBJEKATA S LOGISTIKOM | 11 |
| 3.1. Pojam logistike..... | 11 |
| 3.1.1. Lanac snabdijevanja | 12 |
| 3.1.2. Razvoj i budućnost logistike | 13 |
| 3.1.3. Veza logistike s Internetom objekata | 14 |
| 3.2. Primjena tehnologija Interneta objekata u logističkim procesima | 16 |
| 3.2.1. Transport i Internet objekata | 16 |
| 3.2.2. Skladištenje i Internet objekata | 18 |
| 3.2.3. Pametna energija | 19 |
| 3.3. Primjeri projekata u svijetu | 19 |
| 3.4. Prednosti i nedostaci Interneta objekata..... | 21 |
| 3.4.1. Prednosti koje daje Internet objekata | 21 |
| 3.4.2. Problemi koji nastaju uz Internet objekata | 22 |
| 3.5. Internet objekata u usporedbi s tradicionalnom mrežom | 23 |
| 3.6. Sigurnost Interneta objekata..... | 24 |
| 4. ULTRA-USKOPOJASNA MODULACIJA I IoT..... | 29 |
| 4.1. Pojam ultra-uskopojasne tehnologije | 29 |

| | |
|--|----|
| 4.2. Primjer rješenja koje daje ultra-uskopojasna modulacija..... | 29 |
| 4.3. Pregled ostalih rješenja i usporedba s ultra-uskopojasnom modulacijom..... | 30 |
| 5. PRIMJENA INTERNETA OBJEKATA U REPUBLICI HRVATKOJ..... | 31 |
| 5.1. Primjeri primijenjenih tehnologija | 31 |
| 5.2. Osijek kao informacijsko-tehnološko središte i prvi 5G grad u Republici Hrvatskoj | 32 |
| 6. ZAKLJUČAK | 33 |
| Popis kratica | 34 |
| Literatura | 36 |
| Sažetak.. | 42 |
| Abstract..... | 42 |
| Životopis..... | 43 |

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Obrazac Z1P - Obrazac za ocjenu završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju

Osijek, 07.09.2020.

Odboru za završne i diplomske ispite

**Prijedlog ocjene završnog rada na
preddiplomskom sveučilišnom studiju**

| | |
|---|---|
| Ime i prezime studenta: | Irena Dujmenović |
| Studij, smjer: | Prediplomski sveučilišni studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija |
| Mat. br. studenta, godina upisa: | 4198, 18.09.2019. |
| OIB studenta: | 43676161011 |
| Mentor: | Prof. dr. sc. Dominika Crnjac Milić |
| Sumentor: | izv. prof. dr.sc. Josip Job |
| Sumentor iz tvrtke: | |
| Naslov završnog rada: | Primjena Interneta objekata u logistici |
| Znanstvena grana rada: | Informacijski sustavi (zn. polje računarstvo) |
| Predložena ocjena završnog rada: | Izvrstan (5) |
| Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova: | Primjena znanja stečenih na fakultetu: 3 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 3 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 3 bod/boda Razina samostalnosti: 3 razina |
| Datum prijedloga ocjene mentora: | 07.09.2020. |
| Datum potvrde ocjene Odbora: | 09.09.2020. |
| Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija: | Potpis: |
| | Datum: |

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA**

Osijek, 16.09.2020.

Ime i prezime studenta:

Irena Dujmenović

Studij:

Preddiplomski sveučilišni studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija

Mat. br. studenta, godina upisa:

4198, 18.09.2019.

Turnitin podudaranje [%]:

8%

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Primjena Interneta objekata u logistici**

izrađen pod vodstvom mentora Prof. dr. sc. Dominika Crnjac Milić

i sumentora izv. prof. dr.sc. Josip Job

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija. Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

1. UVOD

Internet objekata jedna je od najsuvremenijih tehnologija današnjice čiji procvat tek dolazi u narednim godinama. Predstavlja jako široko područje rada i može naći primjenu u gotovo svim aspektima našega života. Donosi velike promjene u komunikaciji i povezivanju modernoga društva. Poduzeća kao značajan dio tog društva nastoje se okrenuti takvoj tehnologiji jer će ona imati jako važnu ulogu u budućnosti gradova i gospodarstava. Internet objekata postaje tema mnogih istraživanja te će se poduzeća diljem svijeta okrenuti realizaciji korisnih projekata. Internet objekata veliku primjenu nalazi u logistici koja je ključna djelatnost svakog poduzeća. Praćenjem i kontrolom lanca snabdijevanja u stvarnome vremenu logistički procesi postaju sve efikasniji. Također je i u Republici Hrvatskoj zadnjih godina poraslo zanimanje za Internet objekata te se polako u njegov razvoj uključuju i domaće tvrtke. Internet objekata kao integracija raznih hardvera i softvera sa sobom donosi i potrebu za novim standardima i mrežama. Jedna od pogodnih tehnika je ultra-uskopojasna modulacija. Kako je cilj prenositi veliki broj podataka u kratkome vremenu na velike udaljenosti, nastala je i ideja o petoj generaciji mobilne mreže koja je izvrstan izbor za uređaje temeljene na Internetu objekata. Takve tehnologije i standardi će proširiti mogućnosti Interneta objekata, a njihova implementacija se počela provoditi i u Republici Hrvatskoj. Prvi grad koji će uskoro biti pokriven 5G mrežnom jest upravo Osijek.

Rad se sastoji od šest poglavlja. U drugom poglavlju rada definiran je Internet objekata i njegove tehničke karakteristike kao i pregled arhitekture mreže. Trećim poglavljem je razložen pojam logistike te povezanost logistike s Internetom objekata. Ukazano je na doprinos implementacije Interneta objekata u logističke procese različitih gospodarskih djelatnosti te daje primjere njegove uporabe. Iznesena je usporedba Interneta objekata s tradicionalnom mrežom te je proučena sigurnost korištenja Interneta objekata te su opisane njegove prednosti i nedostaci. Četvrto poglavlje nudi osvrt na rješenja koja koriste ultra-uskopojasnu modulaciju te usporedbu te modulacije s ostalim tehnologijama koje se koriste pri implementaciji Interneta objekata. Peto poglavlje daje prikaz primjenjivanja Interneta objekata u Republici Hrvatskoj te govori u uvođenju pete generacije mobilne mreže.

1.1. Zadatak završnoga rada

Napraviti analizu korištenja Interneta objekata (engl. *Internet of Things - IoT*) u području logistike. Istaknuti prednosti i nedostatke korištenja. Navesti tehničke karakteristike i usporediti korištene tehnologije te proučiti sigurnost IoT mreža. Napraviti osvrt na rješenja koja koriste ultra-uskopojasnu modulaciju (engl. Ultra Narrowband - UNB) te mogućnost integracije i interakcije s ostalim IoT rješenjima.

2. INTERNET OBJEKATA

2.1. Pojam Internet objekata

Prema [1, 2] u današnjem svijetu je informacija postala najvažniji element u životnom i poslovnom okruženju čovjeka. Njihovo prikupljanje i obrada utječu na okruženje svakog pojedinca te na stalni razvoj računalne opreme, tj. hardvera (engl. *hardware*), programske podrške, tj. softvera (engl. *software*), baza podataka, telekomunikacijskih sustava i brojnih procesa za manipuliranje i obradu podataka te njihovo integriranje. Tako se s vremenom razvila mogućnost komuniciranja uređaja jednih s drugima i/ili s ljudima koja se naziva Internet objekata ili Internet stvari (engl. *Internet of Things*, skraćeno IoT). IERC (*IoT European Research Cluster*) opisuje IoT kao globalnu mrežu međusobno povezanih pametnih uređaja kojima se ostvaruje njihova međusobna komunikacija kao i komunikacija s okolinom. Nakon razmjene prikupljenih podataka reakcije na stanje u okolini ostvaruju se uz direktnu vezu s ljudima ili bez nje.

Prema [3] Internet objekata se najlakše definira kao mreža fizičkih objekata. Naravno, to nije samo mreža računala, nego raznih uređaja različitih tipova i dimenzija uključujući vozila, kućne uređaje, kamere, igračke, medicinske instrumente uz komunikaciju životinja i ljudi. Predstavlja koncept koji razmatra prisutnost različitih objekata u velikom okruženju koji komuniciraju i međusobno surađuju na jedinstven način radi postizanja određenih usluga i zajedničkih ciljeva. Internet objekata je nova revolucija Interneta. Predmeti se međusobno prepoznaju i donose odluke u odnosu na detektiranu situaciju s ciljem da se povežu u svakom vremenu i na svakom mjestu koristeći bilo koju mrežu ili uslugu.

2.2. Internet objekata kroz povijest

„Kada se bežičnost savršeno primjeni, cijeli svijet će biti pretvoren u 'ogroman mozak', što u stvari i jest, s obzirom na to da su sve stvari čestice jedne stvarne i ritmične cjeline... i instrumenti kroz koje ćemo biti u stanju činiti to, bit će zadivljujuće jednostavni u usporedbi s našim današnjim telefonima. Čovjek će moći nositi jedan u svome džepu.“ – Nikola Tesla¹

Još u davnoj 1926. godini Nikola Tesla predviđa koncept bežične komunikacije i globalno povezivanje svijeta što je dovelo do razmišljanja o sustavu koji je danas poznat pod nazivom Internet objekata. Ipak, za to je vrijeme sve jedino moglo ostati samo na ideji. Prema [4] godine 1950. Alan Turing u članku „*Computing Machinery and Intelligence*“ piše o učenju strojeva da govore, poput učenja male djece. O komunikaciji među strojevima i takvom načinu prijenosa informacije se nastavlja raspravljati i u narednim godinama, a znanstvenici utvrđuju da će informacijska tehnologija nastaviti razvoj i proširiti svoj utjecaj diljem svijeta. Tijekom 70-ih i 80-ih godina prošlog stoljeća razvijaju se TCP/IP (engl. *Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) protokoli, predstavljen je sustav domena te predložen *World Wide Web*. Uz njihov razvoj pojavljuje se prvi IoT uređaj 1990. godine. To je bio toster povezan s računalom pomoću TCP/IP protokola koji se mogao uključiti i isključiti, a kreirao ga je John Romkey. Devedesete su bile veoma značajne godine za tehnološki razvoj; nastaju prve web stranice, pojavljuje se internet prodaja na Amazonu i eBayu, razvija se Google. Godina 1999. ima posebnu važnost jer je tada skovan termin *Internet of Things* (IoT). Naziv je izmislio Kevin Ashton, izvršni direktor Auto-ID centra koji je i danas vodeća globalna istraživačka mreža u području IoT-a. Tada se razvija sustav radio-frekvencijske identifikacije (engl. *Radio-frequency identification*, skraćeno RFID) koji koristi senzore za primanje/slanje signala. Tijekom 2003. i 2004. godine pojam „Internet objekata“ se pojavljuje u medijima i u knjiškim naslovima, a prvo izvješće donosi ITU (*International Telecommunications Union*) 2005. godine, dok se narednih godina održava i prva konferencija o IoT-u u Europskoj uniji. Prema IBSG-u (*Cisco Internet Business Solutions Group*), IoT je „rođen“ između 2008. i 2009. godine kada je broj objekata povezanih na Internet postao skoro duplo veći od broja ljudi u populaciji. Do danas su se razvile brojne platforme,

¹Izvor: L. Bošković, „Internet stvari' stoji na Teslinim patentima“, [online], RTS, Beograd, srpanj 2019., dostupno na: <https://www.rts.rs/page/stories/sr/story/711/merila-vremena/3584940/tesline-zasluge-za-internet-stvari.html>, [16.4.2020.]

standardi i programi koji omogućuju razvoj Interneta stvari. IoT privlači pažnju svih velikih tvrtki poput IBM-a, Ericssona, Ciscoa, Intela, Googlea i drugih. Od Tesline velike ideje i nezamislive realizacije bežične komunikacije za to vrijeme, neprestanim razvojem informacijske tehnologije, IoT postepeno postaje naša sadašnjost i budućnost čovječanstva. Pregled napredovanja IoT tehnologija kroz određene vremenske intervale prikazan je u tablici 2.1.

Tablica 2.1.: IoT tehnologije kroz vrijeme

Izvor: tablica izrađena i modificirana prema: V. Vujović, M. Maksimović, „Internet stvari – tehnički i ekonomski aspekti primjene“, Infoteh-Jahorina, Vol. 14, str. 660., Sarajevo, ožujak 2015., (<https://infoteh.etf.ues.rs.ba/zbornik/2015/radovi/RSS-4/RSS-4-3.pdf>)

| | <2010 | 2010-2015 | >2015 |
|--|--|---|---|
| Tehnologije arhitekture Interneta stvari | <ul style="list-style-type: none"> - Specifikacija arhitekture Interneta objekata - Kontekstualni <i>middleware</i> - Platforme | <ul style="list-style-type: none"> - Razvoj arhitekture Interneta objekata - Mreža mrežnih arhitektura - Interoperabilnost platformi | <ul style="list-style-type: none"> - Adaptivne, na kontekstu bazirane arhitekture - Kognitivne arhitekture - Eksperimentalne arhitekture |
| Komunikacijske tehnologije | <ul style="list-style-type: none"> - RFID, Wi-Fi, UWB, WiMax, Bluetooth, ZigBee, 6LoWPAN | <ul style="list-style-type: none"> - Čip veoma male snage, sustav na čipu - Antene na čipu - Mobilnost - Heterogenost | <ul style="list-style-type: none"> - Širok spektar i protokol svjestan spektra - Jedinstveni protokol u širokom spektru |
| Mrežne tehnologije | <ul style="list-style-type: none"> - Senzorske mreže | <ul style="list-style-type: none"> - Samosvjesne i samoorganizirajuće mreže - Mreže tolerantne na kašnjenje - Hibridne mrežne tehnologije - Transparentnost senzorske mreže | <ul style="list-style-type: none"> - Samoučeća, samoobnavljajuća mreža - Mreže spoznaje |
| Tehnologije identifikacije | <ul style="list-style-type: none"> - Različite sheme - Domen specifični identifikatori - ISO, GS1, <i>u-code</i>, IPv6 | <ul style="list-style-type: none"> - Jedinstveno okvir za jedinstvene identifikatore - Dostupni okvir za Internet objekata - Jedinstveni identifikator resursa (URI) | <ul style="list-style-type: none"> - Upravljanje identitetima - Semantika - Svijest o privatnosti - Identifikator DNK stvari |

2.3. Tehničke karakteristike

Prema [3, 5] Internet objekata ne predstavlja jedinstvenu tehnologiju nego se odnosi na spoj različitih hardvera i softvera, odnosno predstavlja integraciju informacijskih tehnologija. Primjeri tehnologija koje omogućavaju rad Interneta objekata su: bežični i mrežni senzori, 2G/3G/4G, GSM (engl. *Global System for Mobile Communications*), GPRS (engl. *General Packet Radio Service*), RFID, Wi-Fi (engl. *Wireless Fidelity*), GPS (engl. *Global Positioning System*), mikrokontroleri, mikroprocesori itd. Osim toga, razvijaju se nove tehnologije poput 5G čija će primjena biti osobito važna za razvoj Interneta objekata. Glavne karakteristike IoT-a su:

1. Međusobna povezanost: sve može biti povezano globalnom informacijskom i komunikacijskom infrastrukturom
2. Usluge povezane stvarima: IoT pruža usluge poput zaštite privatnosti i semantičke dosljednosti između fizičkih i pridruženih virtualnih stvari
3. Heterogenost: uređaji koji koriste IoT su heterogeni jer se temelje na različitim hardverskim platformama i mrežama komunicirajući s drugim uređajima ili platformama kroz različite mreže
4. Dinamičke promjene: stanje uređaja se dinamički mijenja, kao i lokacija i brzina ili broj uređaja
5. Veliki razmjer: broj uređaja koji će komunicirati međusobno će biti veći od broja uređaja koji su trenutno spojeni na Internet
6. Sigurnost: uključena je sigurnost osobnih podataka i fizička sigurnost
7. Povezivanje: omogućena je pristupačnost i kompatibilnost mreže što pruža zajedničko procesiranje podataka.

Internet objekata koristi različite protokole i standarde ovisno o vrsti povezivanja (žične i bežične mreže), dometu tehnologija i vrsti operativnoga sustava. TCP/IP i UDP (engl. *User Datagram Protocol*) standardni su mrežni protokoli koje koristi IoT tehnologija. Međutim, kako su IoT uređaji mali, niske energije i napona s minimalnom memorijom, nastala je potreba za razvojem novih protokola, poput protokola ZigBee koji je dio standarda IEEE 802.15.4 kojim se definira rad bežičnih sustava niske brzine. IoT može povezivati velik broj uređaja koji se temelje na IPv6 adresnom

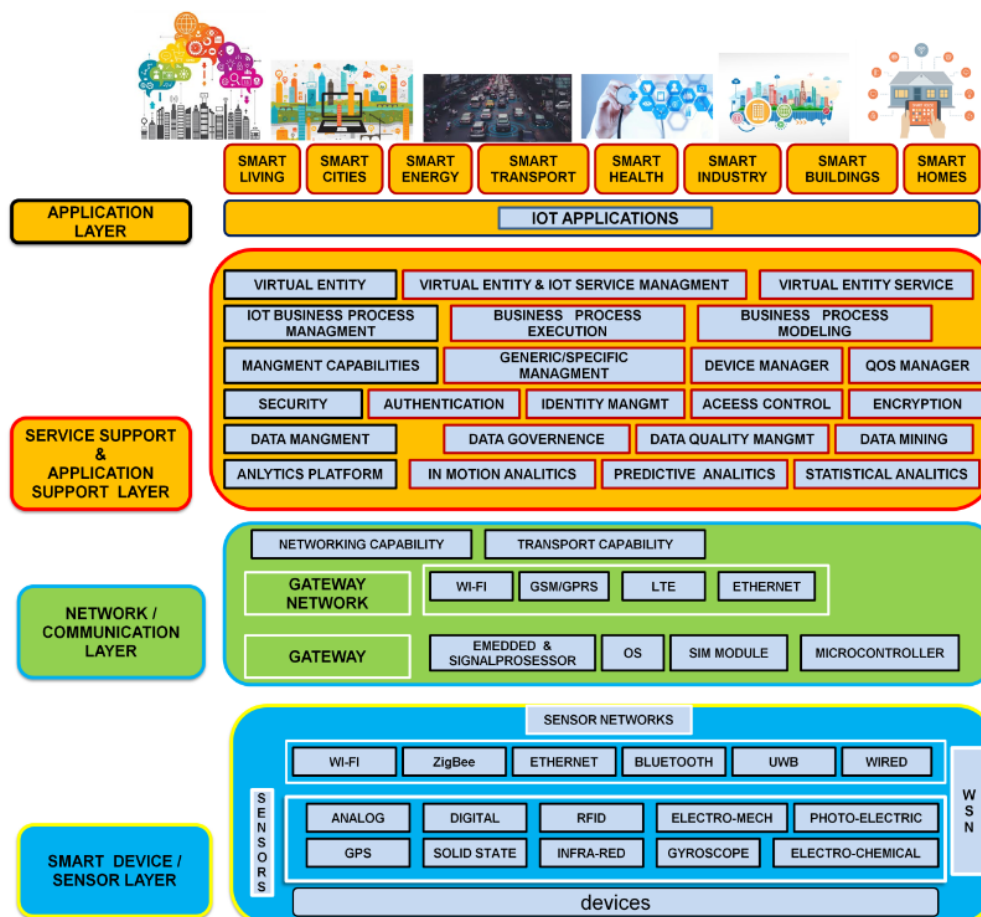
prostoru. No, neki uređaji nemaju svoju IP adresu i tada je potrebno koristiti propagator. Propagator predstavlja uređaj koji ima povezanost sa sensorima te je povezan IP protokolom s ostatkom mreže. Podatke prikupljene od senzora može slati u bazu podataka. Takav model prikupljanja podataka pomoću propagatora se naziva senzornom bežičnom mrežnom (engl. *Wireless Sensor Network*).

Najčešće korišteni IoT protokoli i tehnologije su:

- 6LoWPAN (engl. *IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks*): omogućuje komunikaciju uređaja male snage s Internetom.
- ZigBee koji je već spomenut, a koristi se u industriji
- LiteOS: operativni sustav za bežične senzorske mreže koji služi kao platforma za razvoj pametnih uređaja
- OneM2M (engl. *One Machine to Machine*): model je usluge stroj-stroj za povezivanje uređaja i komunikaciju aplikacija kroz različite slojeve
- DDS (engl. *Data Distribution Service*): standard za komunikaciju između uređaja u stvarnom vremenu
- CoAP (engl. *Constrained Application Protocol*): protokol koji određuje rad uređaja s niskom energijom
- LoRaWAN (eng. *Long Range Wide Area Network*): protokol za širokopojasne mreže, npr. za pametne gradove
- 5G: mreža koja može pružiti i do 5000 puta više kapaciteta od 3G mreže te postiže brzinu prijenosa podataka od 100 Mb/s do 1-2 Gb/s uz minimalna kašnjenja.

2.4. Arhitektura

Prema [6, 7, 8] arhitektura IoT mreže se sastoji od više različitih slojeva. Na slici 2.1 je prikazana podjela tih slojeva i koje sve tehnologije pripadaju kojemu sloju Interneta objekata.



Slika 2.1.: Arhitektura Interneta objekata

Izvor: K. S. Patel, S. M. Patel, „Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges“, Vol. 6, No. 5, str. 6126., International Journal od Engineering Science and Computing, svibanj 2016., (<http://tarjomefa.com/wp-content/uploads/2018/07/9256-English-TarjomeFa.pdf>)

U prvoj grupi tehnologija nalaze se uređaji i senzori. Oni služe za primanje podataka i upravljanje drugim uređajima. To su primjerice kamere, mikrokontroleri, mikroprocesori, senzori svjetlosti, senzori požara, senzori za detekciju vlage, temperature, udaljenosti i sličnih parametara. Sensorni sloj je odgovoran za prikupljanje i percepciju temeljnih logističkih informacija pomoću RFID sustava,

bežične senzorne mreže, GPS-a i ostalih inteligentnih terminala. Tu se, dakle, vrši prikupljanje podataka, uključujući parametre resursa, poziciju i druge informacije.

Sljedeća grupa tehnologija predstavlja mrežni i komunikacijski sloj sustava. Tu se ostvaruje interoperabilnost različitih uređaja te savladavanje razlika u protokolima. Ovaj sloj pruža metode važne za povezivanje i komunikaciju uređaja koji pri tome koriste različite protokole. Mrežni sloj realizira širok raspon međusobno povezanih funkcija. Čine ga Internet, mobilna komunikacijska mreža i privatna logistička mreža. Mrežni sloj može označiti i ispraviti puno osnovnih logističkih informacija, promijeniti različite oblike informacija i na posljetku prenositi informacije aplikacijskom sloju kroz prijenosnu mrežu bez barijera i visoke sigurnosti.

U trećoj grupi, odnosno u sloju usluge i podrške aplikacije, nalaze se podaci o korištenim uslugama. Pritom, taj sloj obrađuje informacije i šalje obavijesti uslugama i aplikacijama vezanim za resurse i objekte u upotrebi. Osigurava zaštitu privatnih podataka te je odgovoran za slaganje, nadzor i praćenje akcija.

Aplikacijski sloj vrši interpretaciju informacija. Primjena Interneta objekata je široka tako da razlikujemo aplikacije ovisno o potrebama tržišta. Softverske aplikacije nadziru, kontroliraju i pružaju izvješća na osnovu analize podataka. Aplikacijski sloj sadrži sloj koji podržava aplikaciju i napravljen je od centra za upravljanje logističkom mrežom i informacijskog logističkog mrežnog centra, realizirajući vođenje podataka i procesiranje. Tu se realizira funkcija Interneta objekata, regulira svaka veza s Internetom objekata i obavljaju se naredbe i efikasne operacije. Informacijski logistički centri koriste skladišta podataka, tj. računalstvo u oblaku (engl. *Cloud computing*) za analizu logističkih informacija i krajnje korištenje aplikacija. Automatizirana skladišta, dinamička distribucija, pametni transport postižu se pravovremenim nadzorom, kontrolom i automatskim izvođenjem operacija u logistici.

3. POVEZANOST INTERNETA OBJEKATA S LOGISTIKOM

3.1. Pojam logistike

Danas se može naći puno različitih formulacija pojma logistike te ne postoji univerzalna definicija samoga pojma. „Sedam pravila“ (engl. *Seven Rights*) daje laički opis logistike [9]: “Osigurati dostupnost pravoga proizvoda, u pravim količinama, u pravom stanju, na pravom mjestu, u pravo vrijeme, za pravoga kupca i po pravoj cijeni“.

Iz [10] Nacionalno vijeće za upravljanje logistikom (*The Council of Logistics management*) je 90-ih godina prošloga stoljeća na sljedeći način definiralo logistiku: „Logistika je proces planiranja, primjene i kontrole efikasnoga i efektivnoga toka (i skladištenja) sirovina i dobara u procesu proizvodnje, gotovih proizvoda, usluga i s njima povezanih informacija, od mjesta podrijetla do mjesta potrošnje, i pri tome obuhvaćaju i ulazna (engl. *inbound*), izlazna (engl. *outbound*), interna i eksterna kretanja, u cilju prilagođavanja zahtjevima potrošača“. Ova definicija daje dvije osnovne logističke aktivnosti, a to su transport i skladištenje. Transport govori da se sirovine ili proizvodi moraju kretati od dobavljača pa do skladišta, a potom do potrošača, a skladištenje se odnosi na veličinu, izgled i lokaciju skladišta. Logistika, dakle, podrazumijeva planiranje, implementaciju i kontrolu nad proizvodom.

Prema [11] logistika se odnosi na upotrebu suvremenih informatičkih tehnologija i opreme, preuzima robu od dobavljača radi točne, pravovremene, sigurne, kvalitetne i kvantitativne racionalizacije, načina servisiranja od vrata do vrata i servisnih procesa. To je upravljanje protokom resursa, između mjesta podrijetla i odredišta kako bi se ispunili neki zahtjevi. Resursi kojima se upravlja u logistici mogu obuhvaćati fizičke predmete kao hranu, materijale, opremu, tekućine i osoblje, kao i apstraktne predmete poput informacija, čestica i energije. Logistika fizičkih predmeta obično uključuje integraciju protoka informacija, manipulaciju materijalom, proizvodnju, pakiranje, zalihe, prijenos, skladištenje i često sigurnost. Nadalje, složenost logistike može se modelirati, analizirati, vizualizirati i optimirati posebnim softverom za simulaciju. Smanjivanje vremena i upotrebe resursa uobičajeni su ciljevi. Logistika se pojavljuje s razvojem robnih proizvoda te je logistika drevna tradicionalna gospodarska djelatnost. Logistika proučava tokove dobara i informacija od dobavljača preko proizvođača do kupca ili potrošača, uključujući i njihov povratni tok. Ona integrira rukovanje

materijalima, pružanje usluge potrošačima, logističke komunikacije, upravljanje zalihama, skladištenjem, prijevozom, lokacijama poduzeća i skladišta.

3.1.1. Lanac snabdijevanja

Prema [12] lanac snabdijevanja ili opskrbe se može definirati kao bilo koja kombinacija procesa, funkcija, usluga, informacija i kretanja financijskih transakcija u poduzeću i između poduzeća.

Prema [10] CLM (*Contract Lifecycle Management*) lanac snabdijevanja (engl. *supply chain*) odnosi se na kompletan proces proizvodnje i prodaje proizvoda počevši s radom na neobrađenim sirovinama i završavajući upotrebom gotovih proizvoda od strane krajnjega korisnika. Tako lanac opskrbe povezuje različita poduzeća radi razmjene materijala i informacija, a poslodavci i korisnici predstavljaju veze u lancu. *Supply Chain Management* (SCM), odnosno upravljanje lancem snabdijevanja, podrazumijeva planiranje logističkih aktivnosti kao i upravljanje njima, koordinaciju marketinških procesa, prodaju i razvoj samog proizvoda. Na taj način nastaje integrirana logistika koja održava proces proizvodnje ili davanja usluga. Integracijom se postižu sljedeći efekti:

- bolja informacijska povezanost među skladištima
- jasniji pogled svih čimbenika koje menadžment treba razmatrati
- brža i pouzdanija realizacija prijevoza
- kraće vrijeme realizacije aktivnosti koje rade na ispunjavanju zahtjeva korisnika
- veća kvaliteta usluge, a manji ukupni troškovi
- moguće izvođenje složenih analiza važnih za optimiranje poduzeća.

Lanac opskrbe uključuje strateške, taktičke i operativne aktivnosti. Razvojem tehnologije poboljšava se funkcija lanca snabdijevanja. Komunikacija je naprednija, posebice uz Internet i pojavu elektronske trgovine i plaćanja.

Prema [13] kvaliteta lanca opskrbe se prepoznaje kroz dobru povezanost svih subjekata toga lanca i izvršitelje akcija što znači da je potrebno razviti koordinaciju svih informacija između dobavljača, industrije i korisnika.

Dizajn lanca snabdijevanja je početak logističkih procesa, a njegova kvaliteta utječe na kvalitetu pružene logističke usluge kao i same reputacije Interneta objekata. Olakšana komunikacija među proizvođačima i korisnicima, mogućnost brzih inovacija i napredno donošenje rješenja, aspekti su na koje IoT utječe. Inteligentne analize lanca snabdijevanja i izrade logističkih planova uz IoT mogu biti puno efikasnije.

Prema [14] može se reći da je IoT-om postignuta intelektualizacija lanca snabdijevanja. Primjenom pametnih uređaja i tehnologija poput računala, čipova i senzora, tradicionalne operacije koje obično vrši čovjek, preuzimaju uređaji koji funkcioniraju preko Interneta. IoT omogućava i vizualizaciju lanca snabdijevanja, primjerice senzornom mrežom koja prati čitave procese u lancu i daje nadzor nad njima.

Iz [15] sljedivost roba je jedna od najznačajnijih komponenti logistike. Osobito je važna kada se radi o proizvodnji i skladištenju prehrambenih proizvoda. Uzgoj, proizvodnja i slanje robe trebaju biti pod kontrolom kako bi se izbjegle pogreške u lancu opskrbe. IoT osigurava praćenje robe od proizvođača do potrošača te time omogućuje brže rješavanje problema koji se mogu pojaviti u lancu snabdijevanja.

U usporedbi s tradicionalnim lancem snabdijevanja, oni koji koriste Internet objekata puno brže prenose informacije i postižu željenu automatizaciju. Isto tako, prijenos informacija se nekada širio linearno, no uz IoT su svi primatelji i pošiljatelji informacija umreženi, odnosno svi članovi lanca opskrbe puno brže mogu dobiti potrebne informacije kako bi mogli provoditi daljnje akcije.

Prema [14] tri najvažnija aspekta kojima upravlja lanac snabdijevanja jesu protok materijala, informacija i kapitala. Interakcija ova tri aspekta gradi poduzeće i određuje njegovo djelovanje. Korištenje Interneta objekata poboljšava efektivnost njihove integracije.

3.1.2. Razvoj i budućnost logistike

Prema [10] na razvoj logistike poduzeća utječu globalizacija i koncentracija privrednih aktivnosti, internacionalizacija proizvodnje i trgovine, ubrzani razvoj u raznim znanstvenim disciplinama, jačanje konkurencije, modernizacija prometa i infrastrukture, razvoj logističkih centara itd.

Prema [16] logistika će u budućnosti nastavljati s razvojem uz poboljšanje upravljanja lancem snabdijevanja, strateškim planiranjem i implementacijom JIT strategije (*Just in time*) koja se zasniva

na smanjenju troškova proizvodnje i skladištenja uz najbolje moguće iskorištavanje sirovina u najkraćem mogućem roku.

Primjermom IoT tehnologija logistika će doživjeti naročit napredak kao djelatnost. Nove mogućnosti, smanjenje troškova, poboljšana kontrola robe i prijevoza samo su neke od pogodnosti koje Internet objekata može pružiti logistici.

3.1.3. Veza logistike s Internetom objekata

Prema [11] logistika kao djelatnost je ovisna o kvaliteti distribucijskih mreža i kvaliteti organizacije. Lanac snabdijevanja može biti izrazito bolje kontroliran uz IoT tehnologiju. Prikupljanje informacija pomoću senzora omogućava uvid u bitne podatke koje će djelatnici koristiti za daljnje obavljanje poslova. Internet objekata pruža mogućnost povezivanja logističke infrastrukture kroz sve dijelove lanca snabdijevanja stvarajući funkcionalnu cjelinu. Time se povećava učinkovitost i kvaliteta usluge proizvodnje. Povezanost sredstava, robe i uređaja uvelike pomaže stvaranju jedinstvenog okruženja s automatiziranim funkcijama. Uz IoT se problemi otkrivaju pravovremeno te se mogu pratiti sve aktivnosti proizvodnje. Kontrola prijevoza, praćenje zaliha i pošiljaka, optimiranje ruta vozila, automatizirano servisiranje infrastrukturnih elemenata neke su od primjena IoT tehnologije na području logistike. Osim poboljšanoga proizvodnog procesa, Internet objekata donosi i povećanu zaradu uslijed različitih optimiranja logističkih operacija.

Tablica 3.1.: Primjeri primjene Interneta objekata u logistici

Izvor: preuzeto i modificirano prema A. Giannopoulos, M. Lacey, H. Lisachuk, A. Ogura, „Shipping Smarter: IoT Opportunities in Transport and Logistics“, Deloitte University Press, str. 5., 2015., (https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/iot-in-shipping-industry/DUP1271_IoT_Transportation-and-Logistics_MASTER.pdf)

| Očitavanje kapaciteta | Planiranje i izvještavanje | Optimiranje ruta | Upravljanje energetskom potrošnjom | Detektiranje i rješavanje neispravnosti |
|--|--|---|--|---|
| Sustavi koji detektiraju slobodna mjesta u skladištima, lukama, parkirališnim mjestima i sl. | Sustavi koji detektiraju i analiziraju događaje poput prometnih nesreća unutar distribucijske mreže omogućavajući preciznija vremena dostave | Alati za izradu mape najkraće ili energetski učinkovite rute za dostavna vozila | Alati za nadgledanje i donošenje odluka o potrošnji goriva, osvjetljenju, grijanju ili hlađenju voznih parkova i postrojenja | Sustavi koji nadgledaju flotu kopnenih vozila, aviona ili brodova radi mogućih nepravilnosti ili potrebe održavanja produžujući operativno vrijeme vozila |

Danas se u logistici nastoje primjenjivati sve moderniji modeli poslovanja što znači pratiti suvremenu tehnologiju i koristiti njene prednosti. *Cloud* tehnologija uz naprednu analizu podataka i njihovu razmjenu te pohranu jako je korisna IoT tehnologija koja ubrzava logističke procese. RFID, QR kodovi, GPS i mobilna komunikacija, primjeri su IoT sustava koji nalaze široku primjenu u logistici.

Prema [14] jedan od najvažnijih ciljeva logistike je integracija. Upravo to je moguće ostvariti pomoću Interneta objekata. Kretanje materijala, informacija, roba i novca glavni su elementi opskrbnoga lanca koje treba kontrolirati.

Iz [1] optimalno poslovanje podrazumijeva traženje rješenja koja daju što manje troškove. Primjenom Interneta objekata moguće je pratiti sve resurse nekoga poduzeća te tako dovesti do uštede istih. Važan aspekt poslovanja je i interakcija poduzeća s korisnicima, odnosno potrošačima. Brzo i lako prikupljanje informacija pomaže i jednoj i drugoj strani kako bi došle to najefikasnijih rješenja.

3.2. Primjena tehnologija Interneta objekata u logističkim procesima

Internet objekata ima velik potencijal za razvoj usluga i aplikacija. Broj mogućnosti raste konstantno te mnoge tek treba istražiti. Najveći broj projekata razvija se u Americi i Europi te su najčešće vezani za industriju i pametne gradove. U nastavku potpoglavlja prikazane su neke od primjena Interneta objekata u logistici.

3.2.1. Transport i Internet objekata

Prema [17] Internet objekata pruža razne mogućnosti za transport koji je važan logistički proces. Vozila s IoT tehnologijom je moguće locirati i pratiti. Kada se govori o prijevozu u logističke svrhe, važno je pratiti parametre poput temperature vozila, vlage u vozilu, svjetlosnih uvjeta i slično. Osim toga, praćenje kretanja vozila olakšava i plaćanje cestarine ili parkirališta koje postaje automatizirano. Prednosti uključenja Interneta objekata u transportne sustave su optimirana putanja vozila, što donosi smanjenu potrošnju goriva, optimirane rute, efektivno održavanje resursa, nabavke i elemenata dostave, poboljšanje prihoda logističkih poduzeća.

Prema [18] tehnologija transporta robe i ljudi može se razvijati unutar projekata poput pametnoga grada. Pametni grad (engl. *Smart city*) predstavlja razvijeno područje koje pokriva velik broj senzora u svrhu očitavanja podataka kojima će se kasnije upravljati kako bi kvaliteta života u gradu bila što bolja.

Iz [19] samo shvaćanje i izrada ovakvih projekata je složena jer uključuje mnogo čimbenika i zadataka koje grad mora ispuniti. Pametni gradovi se razvijaju kako bi se postigla bolja kvaliteta života i veća povezanost među građanima. Osim pametnoga javnog prijevoza, pametni gradovi razvijaju i usluge pametnoga parkiranja, pametnih zgrada, pametne energije i pametnoga planiranja.

Prema [20] pametni gradovi omogućuju smanjenje ukupnih troškova pruženih usluga građanima te pružaju fleksibilnost i ekonomične reakcije na promjene. Logistika pametnih gradova i transporta u

njima se razvija na modelu računalstva u oblaku. Mobilni uređaji i senzori u gradovima se povezuju i šalju podatke na *cloud*. Podaci se tako mogu analizirati što pospješuje upravljanje gradom.

Prema [6, 21] tehnologija pametnoga grada se nastoji uvesti i u Republiku Hrvatsku. Prvi grad koji je poprimio značajke takvoga grada jest Dubrovnik, a voditelj projekta je tvrtka Hrvatski Telekom. Projekt pametnoga parkinga je uključivao nadzor parkirnih mjesta uz pomoć senzora koji su ugrađivani u tlo. Time se mogu izbrojati vozila na parkiralištu, rampama, u garažama te voditi evidenciju ulazaka u parkirališta.

Iz [6] kontrola transporta se vrši pomoću *Cloud* nadzora vozila. To je tehnologija koja upravlja voznim parkovima nadzirući vozila određenoga poduzeća i aktivnost zaposlenika. Tehnologija se ugrađuje u vozilo, a nadzor je moguće vršiti s bilo kojega uređaja povezanog na Internet. Pomoću GPS-a se određuje lokacija vozila, a putem GPRS veze se uspostavlja veza s internet aplikacijom. Korisnici *cloud* nadzora vozila mogu dobiti izvještaje o vožnji i troškovima, izrađivati putne naloge i pratiti vozila kad god su povezani s internetom.

Prema [22] najvažnija prednost koju IoT donosi za transport je praćenje informacija u stvarnom vremenu (engl. *real-time tracking*). Poduzeća u svakom trenutku mogu nadzirati svoja vozila što dozvoljava brze reakcije u slučaju potrebe za promjenom rute ili izbjegavanja kašnjenja. Analizom primljenih podataka logistički procesi mogu biti pravovremeno obavljani.

Prema [23] IoT tehnologije koje se danas primjenjuju za praćenje transporta jesu RFID, GPS i OBD (engl. *Onboard diagnostics*). RFID kontrolira i prati proizvode, dok GPS omogućuje praćenje ruta u stvarnom vremenu. OBD prikuplja informacije vezane za održavanje vozila i uvjete tijekom vožnje. Podaci se prikupljaju sensorima koji se nalaze na vozilima i pohranjuju na *cloud*. Na vozačev mobilni telefon se šalju povratne informacije i upute preko određene IoT aplikacije. Takav način rada pomaže poduzećima automatizirati tijek logističkih procesa i planiranje transporta.

Prema [24] budućnost lanca snabdijevanja leži u IoT-u jer njegovim se korištenjem nadzire cijela proizvodnja i transport proizvoda. Osim pozitivnog utjecaja na logistiku, IoT donosi i dobiti ekološkom sustavu. Optimirani transport i pohrana resursa omogućuju efikasno iskorištavanje i reduciranje štetnih posljedica, na primjer velike emisije ugljičnoga dioksida koja nastaje pri nepotrebnom korištenju većeg broja transportnih vozila.

3.2.2. Skladištenje i Internet objekata

Prema [19] Internet objekata je sve važniji za razvoj industrije koja postaje povezana (engl. *Connected Industry*). Povezana industrija obuhvaća najveći dio primjene Interneta objekata te se naziva i četvrtom industrijskom revolucijom. Povezivanje stvarnoga i virtualnoga svijeta proizvodnje omogućava povezivanje strojeva i proizvoda uključenih u poslovni proces te povećava sigurnost i produktivnost radnika.

Prema [25] za industriju je važan proces skladištenja koje igra veliku ulogu u logistici. Primjena Interneta objekata je pronašla mjesto u skladištima koristeći RFID tehnologiju. Umrežene fizičke komponente olakšavaju vođenje skladišta. Tradicionalni sustavi zahtijevaju ljudske resurse za izvođene različitih akcija, dok pametna skladišta trebaju radnike jedino za kontrolu procesa. IoT osim razvrstavanja zaliha nudi praćenje narudžbi, izdržljivosti proizvoda, temperature, vlažnosti zraka i mnogih drugih parametara koji mogu utjecati na stanje proizvoda.

Prema [26] moderni sustavi upravljanja skladištima (engl. *Warehouse Management System*, skraćeno WMS) zahtijevaju automatsku identifikaciju. Upravljanje skladištima pomoću IoT tehnologije dozvoljava praćenje promjene podataka i skladišne aktivnosti te identifikaciju određenih objekata.

Prema [27] RFID nudi bolji nadzor nad zalihama tako da se točno zna koliko koje robe ima i u kojem mjestu. Kontrola pošiljke i nadopunjavanja robe smanjuje mogućnost ljudske pogreške. Optimiranjem logistike skladišta osigurava se da potrebna roba dođe do pravih korisnika u pravo vrijeme.

Iz [28] prednosti koje IoT tehnologija donosi za skladištenje jesu pametno upravljanje robom i precizna kontrola robe u realnom vremenu, detekcija problema i nepravilnosti, vidljivost svih procesa, radnika i imovine, veća učinkovitost i sigurnost radnika, praćenje stanja robe poput temperature ili vlage. Podaci prikupljeni sensorima mogu se iskoristiti za analizu stanja u skladištu te tako pravovremeno utjecati na održavanje opreme i njeno optimalno korištenje. IoT omogućuje digitalno zapisivanje podataka o oštećenosti robe ili o njejoj lokaciji. Time se smanjuje mogućnost ljudske pogreške što smanjuje troškove skladištenja.

Implementacijom IoT-a moguće je ostvariti komunikaciju s proizvodima na zalihama. Sensori uz odgovarajući softver prikupljaju bitne informacije o proizvodima i šalju signale WMS sustavima u kojima se prati stanje zaliha.

Osim povezivanja uređaja, IoT pruža i povezivanje radne snage. Tako se povećava sigurnost zaposlenika. Ugrađeni senzori i kamere na viličarima mogu pomoći vozačima u ostvarivanju međusobne komunikacije i skeniranja prostora čime se smanjuje mogućnost sudaranja. Problem može biti i nepravilno rukovanje paletama ukoliko njihova težina nije dobro raspoređena. IoT omogućava detekciju takvih problema i obavještava zaposlenike putem aplikacije kako bi sigurno mogli obaviti određeni posao. Također je moguće pratiti zdravlje zaposlenika mjerenjem potrošnje kalorija, pulsa i aktivnosti. Uređaji poput pametnih satova ili pametnih narukvica obavještavaju radnike o njihovim tjelesnim promjenama te tako sprječavaju moguće ozlijede.

3.2.3. Pametna energija

Prema [29] pametna energija (engl. *Smart energy*) obrađuje projekte vezano za obnovljive izvore energije i potrošnju energije. Kako svako poduzeće koristi nekakav oblik energije, tako napredovanjem ove tehnologije dolazi i do napretka u svim gospodarskim granama. Uz praćenje potrošnje i pronalazak novih izvora energije omogućena je ušteda resursa i veća učinkovitost uporabe istih. [19] Sve su veći zahtjevi za električnom energijom dok infrastrukturna mreža zastarijeva. Raste potreba za snažnom, ali i jeftinom komunikacijskom infrastrukturom koja će pravovremeno razmjenjivati informacije i podržavati arhitekturu koja omogućava efektivnu uporabu energije. Internet objekta omogućuje izgradnju takve infrastrukture jer može pružiti kontrolu nad velikim brojem uređaja i stvoriti pametne mreže (engl. *Smart grid*). Kako IoT tehnologija prima podatke o potrošnji energije, tako je moguće napraviti pretpostavke o ekonomičnom modelu potrošnje.

3.3. Primjeri projekata u svijetu

Prema [30] u svijetu postoji puno poduzeća koja rade na IoT tehnologijama. Jedna od takvih je Vates čiji su projekti vezani za definiranje kompatibilnoga hardvera i prototipe esencijalne za prevenciju grešaka. Uključuje različite timove za razvoj kao što su IoT inženjeri, inženjeri robotike i strojnoga učenja (engl. *Machine learning*), *Big Data* i *real-time analytic* inženjere.

ScienceSoft je jedna od vodećih IoT tvrtki koja pomaže razvoju industrije, zdravstva, transporta, telekomunikacije i raznih domena pomoću IoT aplikacija. Analiza podataka i *cloud* platforme primjeri su njihovih projekata.

Tvrtka Oxagile bavi se tehnologijom umjetne inteligencije, tehnologijom kibernetičke sigurnosti (engl. *cybersecurity technology*) i ostalima na području automobilske industrije, zdravstva, proizvodnje, javne sigurnosti i trgovine.

Prema [28] Swisslog je švicarska tvrtka koja nudi proizvode za pametno praćenje transporta i skladištenja. Proizvod SmartLIFT se temelji da praćenju lokacije u stvarnom vremenu. Koristi *Big Dana* tehnologiju za pohranu velike količine podataka. Senzor i GPS tehnologija pružaju informacije o točnim lokacijama roba ili viličara. Radnici koji upravljaju skladištem na računima ili mobilnim telefonima mogu pratiti kretanja svih viličara u skladištu. Praćenjem njihove brzine, smjera i lokacije detektiraju se nepravilnosti i pravovremeno otklanjaju problemi. Rezultat implementacije SmartLIFT-a jesu smanjeni troškovi skladištenja, veća produktivnost i učinkovitost te povećana sigurnost zaliha i zaposlenika.

Poduzeće OHL (Ozburn Hessey Logistics) u SAD-u okrenulo se ugradnji pametnih sustava u energetske potrošnje skladišta. Postavljanjem senzora u samu infrastrukturu skladišta i njihovim povezivanjem moguće je regulirati razinu osvjetljenja, ventilacije i grijanja. Analizom prikupljenih podataka omogućena je kontrola potrošnje energije.

Još jedan primjer primjene IoT tehnologije u logističkim procesima je projekt smartPORT koji je u nadležnosti Lučke uprave Hamburg. Partneri projekta su njemačka IT tvrtka SAP, Deutsche Telekom i autoklub ADAC (njem. *Allgemeiner Deutscher Automobil-Club*). Cilj projekta je povećati propusnost luke, povezati sve sudionike u prometu i logistici, smanjiti emisiju ugljičnoga dioksida te izgraditi pametnu rasvjetu prometnica. Implementacijom Interneta objekata moguće je mjeriti aktivnosti unutar i u okolini luke te pratiti parametre kao što su temperatura, vlaga, smjer vjetrova, zagađenost zraka, razina vode i slično. Upravljanje tokovima robe, eliminacija zagađenja, nadgledanje svih lučkih aktivnosti pospješiti će produktivnost luke i unaprijediti transport. Umreženi brodovi, osoblje, mostovi i drugi lučki elementi komuniciraju pomoću *cloud-a* i aplikacije za mobilne uređaje u realnom vremenu. Zahvaljujući IoT tehnologiji vozači u luci će biti bolje informirani o svim operacijama i parametrima u okolišu. Tako se smanjuju čekanja, poboljšavaju rute, povećava brzina protoka vozila i tereta i digitalizira pregled prometa u luci.

Prema [31] najuspješnija poduzeća u 2020. godini koja rade na implementaciji IoT sustava u logističke svrhe su: Globe Tracker, Sensolus, MOST, KeepTruckin, Traxenes, Scandit, Evertracker, Samsara, Alleantia i Nexxiot. GlobeTracker je dansko poduzeće koje primjenjuje IoT za nadziranje lanaca

opskrbe uključujući praćenje temperature, usklađenosti i vidljivosti lanca. Bežičnim sensorima omogućuju nadzor robe i paleta u skladištima u stvarnom vremenu. Na sličnoj tehnologiji radi i belgijska tvrtka Sensolus, dok primjerice švedska tvrtka MOST razvija rješenja vezana za nadzor i kontrolu transporta. I ostala navedena poduzeća nude proizvode temeljene na IoT tehnologiji koji će pružiti bolju kontrolu lanca opskrbe i poboljšati akcije unutar logističkih procesa, a nalaze se diljem svijeta, u Švicarskoj, Italiji, Njemačkoj, Francuskoj i SAD-u,

3.4. Prednosti i nedostaci Interneta objekata

Prema [32] Internet objekata, kao jedna od najnaprednijih tehnologija današnjice, donosi veliki napredak u raznim aspektima života. Ideje koje su do prije nekoliko godina izgledale samo kao bujna mašta, radom i zalaganjem stručnjaka postaju dio stvarnosti. Ipak, svaka nova tehnologija izaziva skeptičnost te je važno sagledati sve strane priče koju donosi IoT.

3.4.1. Prednosti koje daje Internet objekata

Iz [32] Internet objekata se sve više razvija i nastoji uvesti u što više poduzeća, odnosno pružiti što većem broju korisnika. Jedna od najvažnijih prednosti IoT tehnologije jesu mali troškovi. IoT sustavi rade tako da štede energiju uz male troškove što je jako korisno ljudima u njihovoj svakodnevnoj rutini. Komunikacija među uređajima i prijenos podataka su vrlo efikasni i čine IoT sustave isplativima.

Važna prednost je i poboljšano upravljanje informacijama. Danas su informacije najvažniji resurs kojim ljudi mogu raspolagati. S većim brojem informacija se može očekivati donošenje boljih odluka. Prijenos velikog broja podataka je jedna od najbitnijih karakteristika Interneta objekata.

Prijenosom informacija dolazi do razvoja komunikacije koja je još jedna od prednosti korištenja IoT tehnologije. IoT omogućava komunikaciju među strojevima i zahvaljujući tome mogu ostati povezani uz totalnu transparentnost i odličnu kvalitetu.

Nadalje, bitne prednosti su automatizacija i kontrola. Bežična infrastruktura i način kontrole uređaja donosi veliku količinu automatizacije posla. Komunikacija uređaja bez ljudske intervencije vodi do brzih i pogodnih rješenja.

Ključ uspjeha bilo kakvoga oblika poslovanja jest upravo produktivnost te je zato povećana produktivnost veoma važna prednost koja nastaje primjenom Interneta objekata. IoT pospješuje učinkovitost i otklanja probleme dok organizirano povećava produktivnost rada.

3.4.2. Problemi koji nastaju uz Internet objekata

Prema [32] IoT sustavi ne rade uvijek idealno. Sa svakim projektom dolaze i problemi koje je potrebno savladati. Jedan od njih jest velika tehnološka ovisnost. U današnjem svijetu teško je izbjeći ovisnost o tehnologiji. Ona utječe na veliki dio života svakoga pojedinca, osobito kod mlađih generacija. Uz Internet objekata ta „ovisnost“ može postati samo još veća jer se svaki zahtjev oslanja na rad aplikacija. Potpuno oslanjanje na tehnologiju može dovesti do problema kada dođe do rušenja sustava ili nailaska na infrastrukturne probleme sustava.

Drugi nedostatak Interneta objekata je gubitak sigurnosti na privatnosti. Kako IoT sustavi uključuju puno raznih uređaja i tehnologija, sve više poduzeća može nadzirati njihov rad, a to dovodi u pitanje sigurnost i privatnost podataka. Svaki podatak dostupan na Internetu može biti dostupan i hakerima pa je tako skoro nemoguće održavati potpunu povjerljivost.

Primjenom IoT tehnologije može doći do manjih izgleda za zapošljavanje. Iako je automatizacija rada velika prednost, ona sa sobom nosi manju potrebu rada djelatnika. Time se smanjuju zahtjevi za ljudskim resursima što dovodi do nezaposlenosti u društvu.

Iako se IoT-om nastoji pojednostaviti život njegovih korisnika, problem koji dolazi uz njegovu implementaciju jest kompleksnost. IoT sustavi su veoma složeni i za izvedbu nekoga projekta potrebno je uložiti mnogo znanja i truda. To sa sobom donosi mogućnost pojave velikog broja pogrešaka.

3.5. Internet objekata u usporedbi s tradicionalnom mrežom

Prema [33] tradicionalne mreže nisu dizajnirane za IoT sustave. Najveća razlika između tradicionalnog Interneta i Interneta objekata je identitet stvaranja sadržaja što je prikazano u tablici 3.2.

Tablica 3.2.: Usporedba značajki tradicionalne mreže i IoT-a
Izvor: tablica izrađena i modificirana prema: O. Etzion, „Differences between the IoT and Traditional Internet“, [online], RTInsights, ožujak 2015., dostupno na: <https://www.rtinsights.com/differences-between-the-iot-and-traditional-internet/>, [pristup:12.6.2020.]

| Tema | Tradicionalni Internet | Internet objekata |
|-----------------------------|--|--|
| Tko kreira sadržaj? | Ljudi | Strojevi |
| Kako se sadržaj koristi? | Na zahtjev | Slanjem informacija i okidanjem akcija |
| Kako je sadržaj kombiniran? | Korištenje eksplicitno definiranih veza | Kroz eksplicitno definirane operatore |
| Što predstavlja vrijednost? | Odgovori na pitanja | Akcija i pravovremena informacija |
| Što je do sada napravljeno? | Kreiranje sadržaja (HTML) i njegovo konzumiranje (tražilice) | Većinom kreiranje sadržaja |

Korištenje tradicionalnoga Interneta se bazira na postavljanju zahtjeva ili pitanja, traženja ili slanja zahtjeva za web usluge kako bismo koristili sadržaj. Što se tiče Interneta stvari, sadržaj se obično koristi poput obavijesti i pokretanja akcije kada je detektirana situacija od interesa.

Internetska konekcija prolazi kroz fizičke veze između web stranica. Za IoT postoji kombinacija podataka traženih za detektiranu situaciju. To se manifestira kombiniranjem podataka u obliku uzoraka temeljenog na kontekstu gdje jedna vrsta podataka određuje kontekst, a druga uzorak.

Za IoT je karakteristično da daje pravovremene akcije ili obavijesti temeljene na detektiranim situacijama, dok tradicionalni Internet zahtijeva pretraživanje i postavljanje pitanja.

Tradicionalni Internet koristi standarde u raznim područjima i tražilice koje mogu komunicirati pomoću prirodnih jezika. Dakle, bilo tko može koristiti Internet bez posebnih tehničkih vještina. Za implementaciju IoT sustava, potrebno je imati određena znanja, to jest kvalificirane programere koji će raditi na tome.

3.6. Sigurnost Interneta objekata

Prema [34] Internet objekata pruža brojne pogodnosti i ima potencijala da promijeni osnovne načine interakcije među svojim korisnicima. Velik broj IoT usluga će zadirati u privatna područja korisnika, poput kuća i automobila. Stoga, postavlja se pitanje koliko su IoT sustavi sigurni glede privatnosti korisnika. Više umreženih uređaja znači i više uređaja koje treba zaštititi, odnosno više prilika za napad na sigurnost i zloupotrebu podataka.

Iz [35] istraživanja koja je proveo Avast² su otkrila da su IoT sustavi slabo zaštićeni. Naime, kada je jedan od uređaja ranjive sigurnosti, hakeri mu lako mogu pristupiti, a nakon toga imaju pristup cijeloj mreži i tako svim ostalim uređajima spojenim na Internet. Prema Avastu printeri su najslabije točke u mreži i to uglavnom zbog slabih lozinki koje je lako probiti. Također, česta je pojava uređaja sa slabom enkripcijom te uz jednostavne lozinke, rizik od napada postaje sve veći. Naravno, to ne čini IoT sustave sumnjivima ili lošima. Da bi se izbjegli rizici i prijetnje, potrebno je osvijestiti korisnike o funkcioniranju Interneta objekata. Najbitnija mjera zaštite jest dobra lozinka koja bi se trebala mijenjati u regularnim intervalima radi veće sigurnosti. Drugi problem mogu biti zastarjele verzije programa. Ugrađeni programi nekih uređaja, tj. firmveri (engl. *firmware*) imaju redovna ažuriranja koja pružaju poboljšanu funkcionalnost i veću razinu zaštite. No, za neke uređaje je potrebno ručno

² Avast je češka multinacionalna *cybersecurity* tvrtka koja istražuje i razvija sigurnosne softvere, *strojno učenje* i umjetnu inteligenciju. Osnovani su je Pavel Baudiš i Eduard Kučera 1988. godine.

aktivirati ažuriranje. Dobra je ideja izraditi bazu podataka svih uređaja u određenom IoT sustavu te podsjetnike za provjeru i ažuriranje lozinki.

Prema [36] stručnjaci za sigurnost IoT sustava rade na rješenjima koja će pružiti bolju zaštitu korisnika i njihovih podataka. Postoji nekoliko ideja na kojima je potrebno raditi. Dobra praksa bi bila da uz svaki IoT uređaj dolaze i jasna objašnjenja vezana za stvaranje podataka, njihov prijenos, mjesto i razdoblje pohrane. Osim toga, važno je imati i objašnjenje o kriptiranju podataka, načinu kriptiranja te o tome tko može pristupiti tim podacima i kriptiranim ključevima. Obratiti pažnju treba i na proizvođače IoT uređaja jer bi oni trebali posjedovati dostupnu listu s podacima koji se skupljaju, analiziraju ili preprodaju. Također, treba postojati javno dostupna lista onih kojima su podaci preprodani. Kada se radi o korisnicima, potrebno je omogućiti im uvid u podatke koji se čuvaju te brisanje podataka ukoliko se odluče za to. Dobra ideja je i stvaranje automatske nadogradnje u slučaju pojave grešaka ili ranjivosti kako bi se mogle ispraviti pravovremeno.

Prema [37] primjer napada na IoT uređaj je preuzimanje kontrole nad vozilom tijekom vožnje. Automobilske industrije ulažu puno u sigurnost svojih proizvoda, no testiranja su pokazala postojanje ranjivosti u brojnim sensorima. Aktiviranje kočnice, upravljanje vozilom i druge kontrole su neki od primjera ranjivosti nađenih kod istraživanja na električnom automobilu marke Tesla.

Ranjivost, koja predstavlja slabost u sustavu, dizajnu i implementaciji, može se podijeliti na nekoliko kategorija [5]:

1. Ranjivosti okoline i infrastrukture

Odnosi se na probleme koji nastaju pri nestabilnim sustavima napajanja električnom energijom. Građevine nekada nisu dovoljno zaštićene, a u postrojbama se ne vodi adekvatna kontrola prostorija i pristupa istim.

2. Ranjivosti hardvera

Ukoliko se računalna oprema ne održava redovno, može doći do raznih kvarova. Posebno je potrebno paziti na temperaturne varijacije. Tako dolazi do gubitka kontrole vezane za promjene konfiguracije te neodgovarajućeg održavanja medija za pohranu.

3. Ranjivosti softvera

Jednako kao i hardver, softver može biti ranjiv ukoliko se razvijaju kompleksna korisnička sučelja te ako nedostaju revizija i mehanizmi autorizacije.

4. Ranjivosti komunikacije

Komunikacijski kanali i javne mreže mogu biti nezaštićeni, a time su nezaštićene osjetljive informacije koje se šalju ili primaju.

5. Ranjivosti ljudi

Korisnici mogu biti nedovoljno educirani o sigurnosti. Nekada ne postoje metode provjere rada vanjskoga osoblja te nedostaju mehanizmi nadzora.

Prema [5, 38, 39, 40, 41] američka organizacija OWASP (engl. *Open Web Application Security Project*) bavi se metodologijom, dokumentacijom, alatima i tehnologijama na području sigurnosti web stranica i aplikacija. Svake tri do četiri godine OWASP izdaje top 10 listu najčešćih ranjivosti aplikacija. Zadnja lista je dana 2018. godine te ona sadrži sljedeće podatke:

1. Slabe, lako pogodive ili tvrdo kodirane lozinke

Korištenje lako pogodivih, javno dostupnih i nepromijenjenih lozinki omogućava neovlašteni pristup sustavima. To je moguće metodom sirove snage (engl. *Brute force*) ili instaliranjem virusa „zadnjih vrata“ (engl. *Backdoor*) unutar firmvera.

2. Nesigurne mrežne usluge

Nesigurne mrežne usluge često su nepotrebne te mogu ugroziti povjerljivost, integritet i dostupnost podataka, osobito ako je uređaj izložen internetu. Također, mogu omogućiti neovlašteno daljinsko upravljanje.

3. Nesigurna sučelja ekosustava

Problemi poput manjka provjere autentičnosti, slabe ili nepostojeće enkripcije te nedostatka filtriranja ulaza i izlaza mogu nastati zbog uporabe nesigurnih aplikacijsko programskih sučelja (engl. *Application Programming Interface*, skraćeno *API*), nesigurnog računalstva na oblaku ili nesigurnih web ili mobilnih sučelja koji omogućavaju kompromis uređaja ili njegovih povezanih komponenti.

4. Nedostatak sigurnog mehanizma za ažuriranje

Nedostatak sigurnosnog mehanizma za ažuriranje onemogućava provjeru valjanosti firmvera i provedbu enkripcije u tranzitu. Zbog toga nastaju problemi nedostatka sigurne isporuke i obavijesti o zbivanjima nastalim tijekom ažuriranja.

5. Upotreba nesigurnih ili zastarjelih komponenti

Nesiguran i zastarjeli softver može ugroziti rad uređaja. Primjeri loših navika su nesigurna prilagodba platformi operacijskoga sustava i korištenje softvera ili hardvera treće strane iz nekoga ugroženog lanca snabdijevanja.

6. Nedovoljna zaštita privatnosti

Korisnici često ne obraćaju dovoljno pažnje na zaštitu svoje privatnosti te stoga njihovi osobni podaci mogu biti iskorišteni nepropisno ili korišteni bez odobrenja.

7. Nesigurni prijenos i pohrana podataka

Nesigurni prijenos i pohrana podataka nastaju zbog nedostatka enkripcije i kontrole pristupa podacima, a takvi problemi se mogu javiti tijekom mirovanja, prijenosa i za vrijeme obrade podataka.

8. Nedostatak upravljanja uređajima

Nedostatak upravljanja uređajima može nastati zbog nerazvijene sigurnosne podrške pri proizvodnji uređaja što donosi probleme upravljanja imovinom i ažuriranjima te kontrole sustava i sigurne razgradnje.

9. Nesigurne zadane postavke

Problemi funkcioniranja i sigurnosti uređaja ili sustava nastaju kada isti nemaju sigurno zadane postavke ili mogućnost zaštite ograničavanjem operatora od mijenjanja konfiguracijskih postavki.

10. Nedostatak fizičkog otvrdnjavanja

Pristup osjetljivim informacijama koje se mogu iskoristiti za napad i preuzimanje kontrole na uređaj glavni je problem nedostatka mjera fizičkog otvrdnjavanja.

Prema [42] osim napada od strane čovjeka, IoT sustavi su izloženi i prijetnjama iz okoline i prirodnim nepogodama. Tehnika kojom hakeri dobivaju neovlašteni pristup uređaju ili mreži naziva se vektor napada (engl. *Attack Vector*). U tablici 3.3. navedeni su mogući vektori napada i vrste napada na IoT sustave.

Tablica 3.3.: Vektori napada i vrste napada na IoT sustave

Izvor: tablica izrađena i modificirana prema: Continuousdev, „Napad vektora“, [online], 2020., dostupno na: <https://hr.continuousdev.com/15793-attack-vector-5070>, [pristup: 30.5.2020.]

| Vektori napada | Vrste napada |
|----------------------------------|---|
| Mrežno temeljeni | <ul style="list-style-type: none"> - Uskraćivanje i distribuirano uskraćivanje usluge (DoS i DDoS) - <i>Man-In-The-Middle</i> - Presretanje i krađa zaporki - Lažne bežične pristupne točke |
| Web vektori | <ul style="list-style-type: none"> - <i>Cross-site scripting</i> - <i>SQL Injection</i> - <i>DNS Hijacking</i> - <i>Cross-site request forgery</i> |
| Umetanje malicioznog koda | <ul style="list-style-type: none"> - Virusi - Crvi - <i>Buffer Overflow</i> |
| Socijalni inženjering | <ul style="list-style-type: none"> - <i>Phishing</i> - Prikupljanje informacija - Lažno predstavljanje i obmana |
| Fizički napad | <ul style="list-style-type: none"> - Gubitak ili krađa opreme, računala, medija za pohranu podataka - Instalacija zlonamjernog koda na fizičke uređaje |

4. ULTRA-USKOPOJASNA MODULACIJA I IoT

4.1. Pojam ultra-uskopojasne tehnologije

Prema [44] ultra-uskopojasna (engl. *Ultra Narrow Band*, skraćeno UNB) tehnologija razvijena je 2011. godine u francuskoj tvrtki SigFox. Radi na 868 MHz, a koristi širinu pojasa od 100 Hz (Europa) i 600 Hz (Sjedinjene Američke Države) što je veoma uska širina u usporedbi s ukupnom dostupnim širinom koja iznosi 192 kHz. Raspon UNB-a doseže do 63 km, a brzina podataka je do 100 bita po sekundi. UNB sustavi se koriste za prijenos signala uz izuzetno uski frekvencijski pojas. [43] Koristeći niskopropusne filtre, UNB je uspješan u otklanjanju šumova. Pokrivanjem velikog opsega s malom snagom prijenosa jako je pogodan za IoT sustave. Ima veliku spektralnu gustoću snage što omogućava dobru integraciju UNB-a u zajedničkim frekvencijskim pojasevima.

4.2. Primjer rješenja koje daje ultra-uskopojasna modulacija

Prema [45, 46] IoT mreže karakterizira korištenje dalekometne komunikacije, male snage i niskopropusnih sustava. Prilikom povezivanja stotine čvorova u toj mreži, dolazi do problema s lokalizacijom. GPS prijemnici rješavaju taj problem, ali kada se radi o velikom broju uključenih uređaja, instaliranje takve mreže je veoma skupo. S druge strane, ako se uzima u obzir širok raspon za lociranje, gubi se preciznost. SigFox je razvio sustav u kojemu postoji više baznih stanica koje pomoću pokazatelja jakosti primljenoga signala (engl. *Received Signal Strength Indicator*, skraćeno *RSSI*) primaju podatke o udaljenosti u određenom rasponu bez gubitaka. Tako su zahtjevi za IoT mrežu zadovoljeni. Alternativna metoda temelji na lokalizaciji pomoću otisaka prstiju. U prvoj fazi (offline ili trening faza) RSSI pohranjuje u bazu podataka sva mjerenja koja su skupljena na poznatim lokacijama. U drugoj fazi (online ili faza lokalizacije) čvorovi u mreži mogu biti locirani u stvarnom vremenu uspoređujući podatke s onima koji su uneseni u bazu. Proces uspoređivanja se izvodi pomoću algoritama strojnog učenja (engl. *machine learning algorithms*).

4.3. Pregled ostalih rješenja i usporedba s ultra-uskopojasnom modulacijom

Prema [44, 47] širokopojasna niskoenergetska mreža (engl. *Low Power Wide Area Network*, skraćeno *LPWAN*) je pogodna za tehnologije poput Interneta objekata, odnosno zahtijeva malu potrošnju energije uređaja kao što su senzori ili kontroleri. Rješenja koja se primjenjuju mogu se podijeliti na dvije grupe: s licenciranim spektrom i spektar bez licence. Licencirani, celularni standardi su primjerice NB-IoT i LTE-M. Oni koriste spektar koji je u vlasništvu mrežnih operatera. Prednosti ovih rješenja su sigurnost prijenosa i pouzdanost. Drugi sustavi ne ometanju kanale. Također, hardverski resursi su fleksibilniji i pristupačniji. Ipak, kvaliteta usluge i skalabilnost sa sobom nosi veliku potrošnju energije. U usporedbi s nelicenciranim tehnologijama, celularne mreže dostižu veće brzine prijenosa podataka, na primjer, za LTE-M brzina iznosi više od 1Mbit/s, dok je brzina za NB-IoT oko 250 kbit/s. S druge strane, kada se koristi NB tehnologija u spektru bez licence, dolazi do smanjenja brzine prijenosa, ali se zato poboljšava osjetljivost i domet prijmnika. Također, ublažena je i razina šuma pa je učinkovitost spektra visoka, no može doći do nepogodnih učinaka na kvalitetu usluge.

Primjeri tehnologije koja koristi nelicencirani pojas je raspršeni pojas (engl. *Spread Spectrum*, skraćeno SS). SS je starija komunikacijska tehnologija koja koristi široki frekvencijski pojas. Jedna od najvećih prednosti SS-a je mala potrošnja snage zbog širine signala što omogućuje prijenos s nižom spektralnom gustoćom snage. Postoji više varijanti SS-a, no najčešće korišteno rješenje je raspršeni pojas s *chirp* signalom (engl. *Chirp Spread Spectrum*, skraćeno CSS). Kako je propusna širina koja se koristi za prijenos veća od one potrebne, tehnologija širokog spektra nije najučinkovitija te nailazi na probleme s integracijom. Tako dolazi do preklapanja poruka zbog čega se podaci gube te je ukupni mrežni kapacitet ograničen. Također, SS signale je teško otkriti, presresti ili prigušiti.

Dijeljenje paketa poznato pod pojmom *telegram splitting* je tehnologija koja dijeli UNB signal, odnosno njegove pakete u još manje podpakete te ih prenosi u različitom vremenu i različitim frekvencijama bez prijenosa između intervala. Ovakva mreža iskorištava učinkovitost UNB-a dok istovremeno nudi malu potrošnju energije te visoku otpornost na smetnje.

5. PRIMJENA INTERNETA OBJEKATA U REPUBLICI HRVATKOJ

5.1. Primjeri primijenjenih tehnologija

Prema [48] godine 2017. osnovana je prva tvrtka u Republici Hrvatskoj koja se bavi razvojem IoT mreže, IoT Net Adria. Ona je SigFoxov operater u Hrvatskoj. Iot Net Adria koristi LPWAN tehnologiju i UNB modulaciju za izgradnju rešenja koja će se primjenjivati u proizvodnji, prijevozu, zdravstvu, bankarstvu, kao i za realiziranje pametnih gradova.

Iz [49] hrvatska tvrtka za robotiku i umjetnu inteligenciju, Gideon Brothers, razvila je autonomne mobilne robote za poduzeće Tokić d.o.o. koje se bavi trgovanjem auto dijelova. Tako je postala prva hrvatska tvrtka koja se koristi autonomnim robotima u svom logističko-distributivnom centru u Sesvetama. Robot je u mogućnosti samostalno percipirati okolinu, lokalizirati se u prostoru, prepoznati objekte i ljude te služi za prenošenje tereta u skladištu dok proces kontroliraju radnici putem aplikacije.

Prema [24, 50] poduzeće Špica razvilo je *VoiceXtreme* (VoX) softver koji pospješuje logističke procese. Osobito su unaprijeđeni skladišni procesi. *VoiceXtreme* omogućava glasovno upravljanje u realnom vremenu i tako poboljšava radnu učinkovitost. Poduzeće Mercator je uvelo korištenje *VoiceXtreme-a* u svom distribucijskom centru i hladnom pogonu. VoX podrazumijeva glasovno upravljanje skladištem. Omogućuje skladištarima komuniciranje sa sustavom putem govora te tako pruža više prostora za rad s rukama i obavljanje ostalih zadataka. Kako su uvjeti rada zbog niske temperature otežani, upravljanje pogonom je znatno olakšano korištenjem slušalica i mikrofona. Osim Mercatora, VoX koriste još Plodine i Ralu logistika.

Prema [24] DHL kao jedva od vodećih tvrtki koja pruža usluge prijevoza i otpremanja nailazi na puno inovacija integriranjem IoT tehnologije. Primjer je pametni senzor (engl. *Smart sensor*) koji može regulirati temperaturu, vlagu svjetlinu ili tlak pošiljke. Ukoliko je došlo do nepravilnosti s pošiljkom, šalju se upozorenja na e-mail ili na aplikaciju koja prati stanja. U logistici farmaceutske industrije pametni senzori su iznimno važni i korisni. Drugi sustav kojim se služi DHL jest pametni prijevoz kamionima (engl. *Smart trucking*). Svaki kamion treba biti opremljen uređajima koji omogućavaju njegovo praćenje i komunikaciju s centralom u svakom trenutno i na svakome mjestu. Također, daju uvid u stanje na cestama i upozoravaju na zapreke kako bi se izbjeglo gubljenje vremena.

Split se koristi pametnim parkiranjem (engl. *Smart parking*). Senzori na parkinzima su povezani pomoću mreže releja i kolektora podataka. Preko mobilne aplikacije moguće je vidjeti broj slobodnih mjesta na parkingu u stvarnome vremenu, dobiti navigacijske upute te izvršavanje naplate parkinga. Pametnim parkiranjem se smanjuju gužve i zagađenost zraka.

5.2. Osijek kao informacijsko-tehnološko središte i prvi 5G grad u Republici Hrvatskoj

Prema [51] 5G je heterogeni sustav u kojemu su uključeni 4G, Wi-Fi, milimetarski valovi i druge bežične tehnologije. Predstavlja puno više od nove generacije mobilne mreže. Ono što 5G čini drugačijim jesu: povezanost uređaja, brze i pametne mreže, usluge podrške (engl. *back-end*) i izuzetno malo kašnjenje. Prema tome, 5G je pogodna tehnologija za razvoj IoT aplikacija. Danas mobilna komunikacija zauzima do 3.5 MHz frekvencijskoga opsega, ali taj pojas polako postaje pretrpan. Pomoću 5G tehnologije, komunikacija će se odvijati u rasponu oko 60 000 MHz.

Prema [52] u Republici Hrvatskoj prvi grad koji će uvesti 5G mrežu jest Osijek. Do kraja 2020. godine bi trebao biti u cijelosti pokriven 5G signalom. Operateri koji će raditi na testiraju 5G mreže su Hrvatski telekom, A1 Hrvatska i Tele2 Hrvatska.

Prema [53] Osijek ima obećavajuću IT zajednicu koja će provesti istraživanja i kreirati razne proizvode koji će koristiti 5G mrežu. Rimac Automobili je poduzeće koje će upotrebljavati IoT tehnologiju te uz pomoć 5G-a razvijati autonomnu vožnju. Tvrtka Ericsson Nikola Tesla u suradnji sa osječkim sveučilištem planira zaposliti 300 mladih znanstvenika. Dakle, uvođenje 5G u Osijek može donijeti puno dobrobiti za gospodarstvo i razvoj tehnologije.

Tako Osijek ima puno potencijala u narednim godinama za razvoj projekata poput pametnoga grada, povezujući infrastrukturu grada i unaprijediti usluge prijevoza i logističke procese.

6. ZAKLJUČAK

Internet objekata, kao tehnologija koja omogućava komuniciranje uređaja među sobom i svojom okolinom koji na osnovu toga obavljaju akcije, počinje biti sve primamljiviji brojnim svjetskim i domaćim poduzećima. Mogućnosti povezivanja velikog broja uređaja i brze obrade informacija u stvarnom vremenu daju novu dimenziju doživljaja tehnologije i samoga Interneta. Kako IoT koncepti donose nove promjene za razvoj tehnologije, tako pružaju i brojne mogućnosti za poboljšanje gospodarstva i rada poduzeća. Osobito važnu primjenu IoT pronalazi u logistici poduzeća. Implementiranjem projekata poput pametnih gradova, pametnih skladišta, pametne energije i *cloud* nadzora vozila Internetom objekata se povezuje industrija donoseći novu industrijsku revoluciju. Kontrola nabavke resursa, optimiranje prijevoznih ruta ili pak nadzor proizvodnje i pružanja usluga donosi mnoge pogodnosti za upravljanje lanca snabdijevanja čija budućnost leži u primjeni Interneta objekata. Smanjenje troškova, pristupačnost informacija, razvijena komunikacija i automatizacija rada neke su od prednosti koje donosi IoT. Ipak, na razvoju IoT tehnologije treba još dosta raditi, osobito u pogledu sigurnosti. Ranjivosti IoT sustava se pojavljuju pri nedovoljnoj zaštiti privatnosti, nesigurnim mrežnim uslugama i sučeljima te nedostatku kontrole hardvera ili softvera. Dobra je praksa upoznati korisnike o načinu funkcioniranja ovakvih sustava.

Razne su tehnike i standardi kojima se ostvaruju IoT rješenja. Posebnu pažnju privlači ultraskopojasna modulacija koja koristi uski frekvencijski pojas za prijenos informacija uz jako dobru otpornost na smetnje signala. Kako može pokriti velike opsege uz malu snagu, jako je pogodna tehnologija za razvoj Interneta objekata. Druga važna tehnologija je 5G mreža koja će omogućiti vrlo brz prijenos informacija uz iznimno mala kašnjenja. 5G tehnologija zahtijeva još dodatna testiranja, a prvi grad u Republici Hrvatskoj koji bi do kraja 2020. godine trebao biti pokriven ovom mrežom je Osijek. Uz sve navedene napretke, IoT će pronaći sve više primjena u sve više područja i poduzeća koja će razviti nadzor nad logističkim procesima i tako donijeti puno koristi samim poduzećima, okolišu i društvu.

Popis kratica

| | |
|----------------|---|
| IoT | Internet of Things |
| IERC | IoT European Research Cluster |
| TCP | Transmission Control Protocol |
| IP | Internet Protocol |
| RFID | Radio-frequency identification |
| ITU | International Telecommunications Union |
| IBSG | Cisco Internet Business Solutions Group |
| GSM | Global System for Mobile Communications |
| GPRS | General Packet Radio Service |
| Wi-Fi | Wireless Fidelity |
| GPS | Global Positioning System |
| UDP | User Datagram Protocol |
| IEEE | Institute of Electrical and Electronics Engineers |
| IPv6 | Internet Protocol Version 6 |
| 6LoWPAN | IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks |
| OneM2M | One Machine to Machine |
| DDS | Data Distribution Service |
| CoAP | Constrained Application Protocol |
| LoRaWAN | Long Range Wide Area Network |
| CLM | Contract Lifecycle Management |

| | |
|---------------|---------------------------------------|
| SCM | Supply Chain Management |
| JIT | Just In Time |
| IIoT | Industrial Internet of Things |
| OBD | Onboard diagnostics |
| OWASP | Open Web Application Security Project |
| API | Application Programming Interface |
| UNB | Ultra Narrow Band |
| RSSI | Received Signal Strength Indicator |
| LPWAN | Low Wide Area Network |
| NB-IoT | Narrowband IoT |
| LTE-M | Long Term Evolution (4G), category M1 |
| SS | Spread Spectrum |
| CSS | Chirp Spread Spectrum |
| VoX | VoiceXtreme |
| DHL | Dalsey, Hillblom and Lynn |
| IT | Information Technology |
| WMS | Warehouse Management System |
| OHL | Ozburn Hessey Logistics |
| ADAC | Allgemeiner Deutscher Automobil-Club |

Literatura

- [1] V. Vujović, M. Maksimović, G. Balotić, P. Mlinarević, „Internet stvari – tehnički i ekonomski aspekti primjene“, Infoteh-Jahorina, Vol. 14., str. 659., Sarajevo, 2015., (<https://infoteh.etf.ues.rs.ba/zbornik/2015/radovi/RSS-4/RSS-4-3.pdf>)
- [2] Dr. O. Vermesan, Dr. P. Friess, P. Guillemin, S. Gusmeroli, H. Sundmaeker, Dr. A. Bassi, I. S. Jubert, Dr. M. Mazura, Dr. Mark Harrison, Dr. M. Eisenhauer, Dr. P. Doody, „Internet of Things Strategic Research Roadmap“, str. 10., siječanj 2009., (http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/IoT_Cluster_Strategic_Research_Agenda_2011.pdf)
- [3] K. S. Patel, S. M. Patel, „Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges“, International Journal of Engineering Science and Computing, Vol. 6, No. 5, str. 6122.-6123., Indija, svibanj 2016., (<http://tarjomefa.com/wp-content/uploads/2018/07/9256-English-TarjomeFa.pdf>)
- [4] T. Harwood, „Internet of Things (IoT) History“, [online], Postscapes, dostupno na: <https://www.postscapes.com/iot-history/>, [pristup:16.4.2020.]
- [5] D. Gelo, „Internet of Things (IoT) – Izazovi i mogućnosti cyber sigurnosti povezane s IoT-om“, str. 11.-13., Zagreb, rujan 2019., (<https://zir.nsk.hr/islandora/object/algebra%3A428/datastream/PDF/view>)
- [6] M. Manojlović, „Analiza usluga mrežnih operatora temeljenih na IoT konceptu“, str. 14.-15., Zagreb, 2019., (<https://repositorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A1672/datastream/PDF/view>)
- [7] D. Grganić, „Povezivanje usluga temeljenih na lokaciji korisnika i IoT-a za nadzor stanja korisnika u stvarnom vremenu“, str. 18.-20., Zagreb, 2017. (<https://repositorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A1076/datastream/PDF/view>)
- [8] Zhonggui Ma, Xinsheng Shang, Xinxi Fu, Feng Luo, „The architecture and key technologies of Internet of things in logistics“, str. Kina, siječanj 2013., (https://www.researchgate.net/publication/271460759_The_architecture_and_key_technologies_of_internet_of_things_in_logistics)
- [9] Future Learn, „The 7 Rs of logistics“, [online], dostupno na: <https://www.futurelearn.com/courses/principles-global-management-logistics-assets/0/steps/65241>

- [10] D. Regodić, „Logistika“, Univerzitet Singidunum, str. 14., 21., Beograd, 2010.
- [11] D. Lu i Q. Teng, „A Application od Cloud Computing and IOT in Logistics“, Journal of Software Engineering and Applications, Vol. 5., str. 204., Kina, prosinac 2012., (https://file.scirp.org/pdf/JSEA_2013012515292553.pdf)
- [12] D. M. Lambert, „Supply Chain Management: Processes, Partnerships, Performance“, Supply Chain Management Institute, str. 5., Sarasota, Florida, 2008. (https://books.google.ba/books?id=eue8KAZ4mn4C&pg=PA4&lpg=PA4&dq=clm+supply+chain&source=bl&ots=7Mg89yEY-H&sig=ACfU3U1QxkyPz0_j_qNw5weimQN71UO77g&hl=hr&sa=X&ved=2ahUKEwiC2sb9p-oAhUGxosKHa0qC2MQ6AEwAXoECAsOKg#v=onepage&q=2005&f=false)
- [13] M. Jardas, Č. Dundović, M. Gulić, K. Ivanić, „The Role od Internet of Things on the Development of Ports as a Holder in the Supply Chain“, Pomorski Zbornik, Vol. 54., str. 63., Rijeka, siječanj 2018., (https://www.researchgate.net/publication/330992076_The_Role_of_Internet_of_Things_on_the_Development_of_Ports_as_a_Holder_in_the_Supply_Chain)
- [14] W. Liu i Z. Gao, „Study on IOT based Architecture of Logistics Service Supply Chain“, International Journal of Grid and Distributed Computing, Vol.7, No.1, str. 171.-175., Kina, 2014., (http://article.nadiapub.com/IJGDC/vol7_no1/15.pdf)
- [15] A. Pal i K. Kant, Using Blockchain for Provenance and Traceability in Internet of Things – Integrated Food Logistics, The IEEE Computer Society, str. 94., 98., studeni 2019., dostupno na: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8909921>, [pristup: 22.8.2020.]
- [16] Profitiraj.hr, „Just in time – strategija smanjivanja troškova i poboljšavanja proizvoda“, [online], lipanj 2009., dostupno na: <https://profitiraj.hr/just-in-time-strategija-smanjivanja-troskova-i-poboljsavanja-kvalitete-proizvoda/>, [pristup: 20.4.2020.]
- [17] N. M. Kumar i A. Dash, „Internet of Things: An Opportunity for Transportation and Logistics“, str. 5., 7., India, svibanj 2017., (https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3213883)
- [18] M. Vranjković, „Internet stvari i logistička rješenja u pametnim gradovima“, str. 5., Split, svibanj 2020., (<https://repositorij.efst.unist.hr/islandora/object/efst%3A3271/datastream/PDF/view>)

- [19] D. Grganić, „Povezivanje usluga temeljenih na lokaciji korisnika i IoT-a za nadzor stanja korisnika u stvarnom vremenu“, str. 21.-23., Zagreb, 2017.,
(<https://repozitorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A1076/datastream/PDF/view>)
- [20] K. Nowicka, „Smart City logistics on cloud computing model“, *Procedia: Social and Behavioral Sciences*, str. 266.-281., Poljska, listopad 2014., (<http://tarjomefa.com/wp-content/uploads/2016/11/5599-English.pdf>)
- [21] Hrvatski Telekom, „Smart Parking – sustav za pametan parking“, [online], SlideShare, svibanj 2016., dostupno na: https://www.slideshare.net/Hrvatski_Telekom/smart-parking-sustav-za-pametan-parking, [pristup: 30.4.2020.]
- [22] M. Jeffs, „5 Key Development in IoT for Transportation and Logistics“, [online], IoT for all, listopad 2019., dostupno na: <https://www.ietfforall.com/real-time-tracking/>, [pristup: 3.5.2020.]
- [23] A. Sharma, „How IoT tracking devices can change the landscape of the fleet management business“, [online], Jungleworks, dostupno na: <https://jungleworks.com/how-iot-tracking-devices-are-changing-the-landscape-of-the-fleet-management-business/>, [pristup: 5.5.2020.]
- [24] Z. Wang, „Why logistics scenarios matter for the future of the industrial IoT“, [online], World Economic Forum, srpanj, 2019., dostupno na: <https://www.weforum.org/agenda/2019/07/industrial-iiot-logistics-supply-chain/>, [pristup: 20.4.2020.]
- [25] K. Buntak, M. Kovačić, M., Mutavdžija, „Internet of things and smart warehouses as the future of logistics“, *Technical journal*, Vol. 13, No. 3, str. 249., rujan 2019., (https://www.researchgate.net/publication/336016820_Internet_of_things_and_smart_warehouses_as_the_future_of_logistics)
- [26] C. K. M. Lee, K. K. H. Ng, W. Ho, K. L. Choy, „Design and application of Internet of things-based warehouse management system for smart logistics“, *International Journal of Production Research*, Vol. 56, str. 2753.-2768., listopad 2017., dostupno na: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207543.2017.1394592>, [pristup: 22.8.2020.]
- [27] Zebra Technologies, „Building the Smarter Warehouse: Warehousing 2020“, [online], 2020., dostupno na: http://images.seemore.zebra.com/Web/ZebraTechnologiesCorp/%7Be88e01cf-e7a7-46c2-8f9d-1b3b82654cc1%7D_warehouse-survey-2020-en-

<us.pdf?elqTrackId=76fd42f9997b494c8f7e149dbc672de6&elqaid=2668&elqat=2>, [pristup: 22.8.2020.]

[28] B. Cicvarić, „Utjecaj koncepta 'internet stvari' na organizaciju distribucijskih sustava“, str. 24.-77., Zagreb, rujan 2016., dostupno na: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/fpz:573/preview> , [pristup: 23.8.2020.]

[29] W. Chiu, H. Sun, J. Thompson, K. Nakayama, S. Zhang, „IoT and information processing in smart energy applications“, IEEE Communications Magazine, str. 44., listopad 2017., (<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8067682>)

[30] Software Testing Help, “TOP 11 Best Internet Of Things (IoT) Companies To Watch In 2020”, [online], lipanj 2020., dostupno na: <https://www.softwaretestinghelp.com/top-iot-companies/>, [pristup: 1.7.2020.]

[31] Transmetrics Blog, “Logistics of the Future: Best IoT Logistics Startups”, [online], Transmetrics, 2020., dostupno na: <https://transmetrics.eu/blog/best-iot-logistics-startups/>, [pristup: 26.8.2020.]

[32] V. Bhagat, “What are Pros and Cons of Internet of Things?”, [online], PixelCrayons, lipanj 2019., dostupno na: <https://www.pixelcrayons.com/blog/what-are-pros-and-cons-of-internet-of-things/>, [pristup: 25.5.2020.]

[33] Dr. O. Etzion, “Differences between the IoT and Traditional Internet”, [online], RTInsights, svibanj 2015., dostupno na: <https://www.rtinsights.com/differences-between-the-iot-and-traditional-internet/>, [pristup: 25.5.2020.]

[34] A. Banafa, „Internet of Things (IoT): Security, Privacy and Safety“, [online], Medium, srpanj 2019., dostupno na: <https://medium.com/swlh/internet-of-things-iot-security-privacy-and-safety-f4c0054605d8>, [pristup: 27.5.2020.]

[35] SecurityBrief, „How safe are our IoT devices?“, [online], Australija, siječanj 2020., dostupno na: <https://securitybrief.com.au/story/how-safe-are-our-iot-devices>, [pristup: 27.5.2020.]

[36] M. Perić, „5 smjernica za bolju sigurnost IoT uređaja“, [online], ICT Business, veljača 2020., dostupno na: <https://www.ictbusiness.info/internet/5-smjernica-za-bolju-sigurnost-iot-uredaja>, [pristup: 27.5.2020.]

- [37] K. Mahaffey, „Hacking a Tesla Model S: What we found and what we learned“, [online], Lookout, kolovoz 2015., dostupno na: <https://blog.lookout.com/hacking-a-tesla>, [pristup: 30.5.2020.]
- [38] Sucuri, „OWASP Top 10 Security Risks & Vulnerabilities“, [online], veljača 2020., dostupno na: <https://sucuri.net/guides/owasp-top-10-security-vulnerabilities-2020/>, [pristup: 30.5.2020.]
- [39] Wikipedia, „OWASP Internet of Things Project“, [online], 2018., dostupno na: https://wiki.owasp.org/index.php/OWASP_Internet_of_Things_Project#tab=IoT_Top_10, [pristup: 30.5.2020.]
- [40] The OWASP IoT Security Team, „OWASP Top 10 Internet of Things 2018“, [online], 2018., dostupno na: <https://owasp.org/www-pdf-archive/OWASP-IoT-Top-10-2018-final.pdf>, [pristup: 30.5.2020.]
- [41] OWASP, „OWASP Internet of Things (IoT) Project“, [online], 2018., dostupno na: <https://owasp.org/www-project-internet-of-things/#tab=Ma%20in>, [pristup: 30.5.2020.]
- [42] Continuousdev, „Napad vektora“, [online], 2020., dostupno na: <https://hr.continuousdev.com/15793-attack-vector-5070>, [pristup: 30.5.2020.]
- [43] Y. Mo, „Ultra narrow band based IoT networks“, HAL, str. 12.-13., ožujak 2019., (<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02061756/file/these.pdf>)
- [44] N. Naik, „LPWAN Technologies for IoT Systems: Choice Between Ultra Narrow Band and Spread Spectrum“, IEEE International Systems Engineering Symposium, str. 1.-6., Italija, listopad 2018. (<https://core.ac.uk/download/pdf/161818981.pdf>)
- [45] H. Sallouha, A. Chiumento, S. Rajendran, S. Pollin, „Localization in Ultra Narrow Band IoT Networks: Design Guidelines and Trade-Offs“, str. 1.-2., srpanj 2019., (<https://arxiv.org/pdf/1907.11205.pdf>)
- [46] H. Sallouha, A. Chiumento, S. Pollin, „Localization in Long_range Ultra Narrow Band IoT Networks using RSSI“, str. 1.-2., ožujak 2017., (<https://arxiv.org/pdf/1703.02398.pdf>)
- [47] Behrtech, „LPWAN Technologies Comparison #2: Telegram Splitting, Ultra-Narrowband, Spread Spectrum and 3GPP Standards“, [online], BehrTech, dostupno na: <https://behrtech.com/blog/lpwan-technologies-comparison-2/>, [pristup: 25.7.2020.]

- [48] G. Knezović, „U Hrvatskoj će kroz pet do sedam godina biti više od pet milijuna senzora“, [online], Mirakul, studeni 2018., dostupno na: <https://www.mirakul.hr/bizdirekt/u-hrvatskoj-ce-kroz-pet-do-sedam-godina-biti-vise-od-pet-milijuna-senzora/>, [pristup: 25.7.2020.]
- [49] IT Biz Crunch, „Tokić u logističkom centru počeo koristiti robote Gideon Brothers“, [online], ožujak 2019., dostupno na: <https://www.itbizcrunch.com/index.php/biz-vijesti/item/9576-tokic-poceo-koristiti-robote-gideon-brothersa>, [pristup: 25.7.2020.]
- [50] Špica, „VoiceXtreme-nagrađivani software za glasovno upravljanje skladištem“, [online], veljača 2020., dostupno na: <https://www.spica.hr/blog/voicextreme-nagradivani-software-za-glasovno-upravljanje-skladistem>, [pristup: 26.7.2020.]
- [51] D. M. West, „How 5G technology enables the health Internet of things“, str. 2.-4., srpanj 2016., (https://biblio.ontsi.red.es:8080/intranet-tmpl/prog/img/local_repository/koha_upload/5G%20Health%20Internet%20of%20Things_West.pdf)
- [52] Bi. S. / Hina, „Osijek će biti prvi 5G grad u Hrvatskoj, evo što to znači“, [online], N1 Info, siječanj 2020., dostupno na: <http://hr.n1info.com/Tehnologija/a484561/U-Osijeku-testirana-5G-mreza.html>, [pristup: 2.8.2020.]
- [53] L. Simmonds, „Just Why Was Osijek Chosen as First Croatian 5G City“, [online], Total Croatia News, siječanj 2020., dostupno na: <https://www.total-croatia-news.com/business/41114-croatian-5g-city>, [pristup: 2.8.2020.]

Sažetak

Internet objekata je tehnologija budućnosti koja se pojavljuje u brojim gospodarskim aspektima. Posebnu važnost pronalazi u logistici. U ovome radu opisani su primjeri primjene IoT-a te funkcioniranje IoT sustava. Definiran je pojam logistike i njezini važni procesi s posebnim uvidom u praćenje lanca snabdijevanja. Istražena je povijest razvoja Interneta objekata te prednosti i nedostaci njegovoga korištenja kao i pogled na sigurnost. Proučene su tehnologije i standardi na kojima se temelji Internet objekata te posebno ultra-uskopojasna modulacija. Istraženi su projekti koji primjenjuju IoT u svijetu te tako i u Republici Hrvatskoj. Među njima su pametni gradovi, povezana industrija i povezano zdravstvo. Posebnu pažnju privlači računalstvo u oblaku kojim je omogućena pohrana velikoga broja podataka te njihova analiza. Prikazani su problemi koji mogu nastati prilikom korištenja Interneta objekata kao i broje pogodnosti koje ova tehnologija može donijeti društvu i poduzećima. Također je obrađen koncept nadolazeće 5G mreže.

Ključne riječi: Internet objekata, logistika, lanac snabdijevanja, ultra-uskopojasna modulacija

Abstract

Internet of Things is technology of future which appears in many economic aspects. It found a special importance in logistics. This paper describes examples of the application of IoT and the way IoT systems work. The term of logistics and its important processes are defined with special insight into supply chain monitoring. The history of the development of Internet of Things and the advantages and disadvantages of its using as well as a view of security have been researched. The technologies and standards on which Internet of Things is based have been studied and especially ultra-narrow band modulation. Projects that apply IoT in the world and thus in the Republic of Croatia have been researched, also. These include smart cities, connected industry and connected health. Special attention was drawn to the cloud computing which allows storing of big amount of data and data analysis. Problems that may occur while Internet of Thing is used are presented as well as many benefits that this technology can bring to society and to companies. Also, the concept of upcoming 5G network is processed.

Key words: Internet of Things, logistics, supply chain, ultra-narrowband modulation

Životopis

Irena Dujmenović rođena je 8. rujna 1997. godine u Osijeku, Hrvatska. Godine 2004. upisuje se u Osnovnu školu Braće Radić u Domaljevcu, Bosna i Hercegovina. Osnovnoškolsko obrazovanje završava 2012. godine kao učenica generacije, a potom upisuje gimnaziju u Srednjoj školi fra Martina Nedića u Orašju, Bosna i Hercegovina. Godine 2016. upisuje se na Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijske tehnologije u Osijeku. Na drugoj godini se opredjeljuje za smjer Komunikacije i informatika.