INTERNET STVARI KAO OSNOVA PAMETNOG GRADA

Badžim, Antonio

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, Faculty of economics Split / Sveučilište u Splitu, Ekonomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:124:642993

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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

Repository / Repozitorij:

REFST - Repository of Economics faculty in Split

zir.nsk.hr

UNIVERSITY OF SPLIT

dabar

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U SPLITU

EKONOMSKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

INTERNET STVARI KAO OSNOVA PAMETNOG GRADA

Mentor:

izv.prof.dr.sc. Mario Jadrić

Student:

Antonio Badžim

Split, rujan, 2018.

ZAHVALE

Na prvom mjestu veliko HVALA mojim roditeljima koji su mi omogućili studiranje i zajedno sa obitelji bili velika podrška tijekom cijelog studija.

Zahvaljujem se svom mentoru izv.prof.dr.sc. Mariu Jadriću na prihvaćenom mentorstvu i svim profesorima s kojima sam bio u kontaktu kroz studij.

Također se zahvaljujem prijateljima i kolegama koji su bili uz mene i s kojima sam provodio svoje studentske dane.

SADRŽAJ

1. UVOD 5
1.1. PROBLEM ISTRAŽIVANJA 5
1.2. PREDMET ISTRAŽIVANJA 6
1.3. ISTRAŽIVAČKA PITANJA 9
1.4. CILJEVI ISTRAŽIVANJA 9
1.5. METODE ISTRAŽIVANJA 10
2. ŠTO JE TO INTERNET STVARI? 12
2.2. SENZORI I AKTUATORI 13
2.3. IZAZOVI 17
2.4. TEHNOLOGIJE 19
2.4.1. RFID (eng. Radio Frequency Identification) 19
2.4.2. NFC 20
2.5. SIGURNOSNI ASPEKT 21
2.5.1. ZAHTJEVI 21
2.5.2. MJERE ZAŠTITE 22
2.5.3. TEHNOLOGIJE SIGURNOSTI 23
2.5.4. PRAVNA REGULATIVA 25
3. PRIMJENA INTERNETA STVARI U OKVIRU PAMETNIH GRADOVA 26
3.1. PODRUČJA PRIMJENE 26
3.1.1. AGROKULTURA 27
3.1.2. MALOPRODAJA I LOGISTIKA 28
3.1.3. KONTROLA OKOLIŠA 29
3.1.4. PAMETNE KUĆE 29
3.1.5. PAMETNI PRIJEVOZ 30

3.1.6. PRIMJENE U ZDRAVSTVU 30
3.1.7. UPRAVLJANJE OTPADOM 31
3.2. PRIMJENA U SVIJETU 31
3.3. PRIMJENA U HRVATSKOJ 35
4. PRAKTIČNA PRIMJENA INTERNETA STVARI NA PRIMJERU JAVNE RASVJETE 36
5. ZAKLJUČAK 42

1. UVOD

1.1. PROBLEM ISTRAŽIVANJA

Pametni gradovi su još relativno nov pojam, pogotovo u Hrvatskoj, iako se sve više pridaje važnost i pozornost projektima vezanima za razvoj i stvaranje pametnih gradova. Kako bi se razvili proizvodi i provodili projekti za pametne gradove potrebno je prikupiti jako velike količine podataka. Sadržaj tako velike količine podataka mora biti brzo dostupan u realnom vremenu Brzina upita veoma je bitna stoga je jako bitna infrastruktura i internetska umreženost.[1]

Suvremeni gradovi su preslika razine na kojoj se nalazi naša civilizacija, a oni kao takvi, poput iznimno snažnih magneta oko sebe privlače najbolje tehnološke, organizacijske, ljudske i prirodne resurse. Cilj "pametnih gradova" je ujediniti duh i pamet onih koji u njemu žive i učiniti ga mjestom za život sretnih i zadovoljnih građana. Interoperabilnost i normizacija u osnovni uvjeti kako bi svaki pojedini dio sustava "pametnog grada" kvalitetno funkcionirao.[2] U gradovima živi više od polovine svjetske populacije, a oni koriste više od 80% svih raspoloživih resursa dolazimo do zaključka da se pametni gradovi trebaju razvijati u cjelovite odnosno integrirane gradove.

Pametni gradovi označavaju sistem rješenja za gradove, koji polazi od ideje da se moderniziraju postojeće javne usluge, poput parkinga, javne rasvjete, javnog prijevoza, sigurnosti, zbrinjavanja otpada,, kontrole kvalitete zraka, bežičnog pristupa internetu, analitike prometa, pametnog mjerenja.[3] Tu su i rješenja poput pametne klupe, e-računa, električnih bicikli koja čine urbanu sredinu atraktivnijom. Ključni cilj je gradovima pružiti cjelovitu platformu za upravljanje, tako da lokalne uprave i građani dobiju najveću vrijednost.

---

[1] A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista and M. Zorzi, "Internet of Things for Smart Cities," in *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 22-32, Feb. 2014

[2] M. Weber, D. Lučić and I. Lovrek, "Internet of Things context of the smart city," *2017 International Conference on Smart Systems and Technologies (SST)*, Osijek, 2017, pp. 187-193

[3] L. Sumi and V. Ranga, "Sensor enabled Internet of Things for smart cities," *2016 Fourth International Conference on Parallel, Distributed and Grid Computing (PDGC)*, Waknaghat, 2016, pp. 295-300

Cilj ovog rada je kroz teorijski dio prikazati svrhu interneta stvari, a potom prikazati primjere alata koji su osnova interneta stvari.

1.2. PREDMET ISTRAŽIVANJA

Pametna rješenja dio su dio šireg tehnološkog okvira Interneta stvari (IoT), a od najveće je važnosti digitalizacija i primjena analitike velike količine podataka (big data) uz istodobnu integraciju vertikalnih stupova u horizontalnu platformu grada. Infrastrukturno, radi se o mreži senzora koji omogućavaju upravljanje, kontrolu, automatizaciju, analitiku i efikasnost podataka u realnom vremenu.

Senzori su na siguran i pouzdan način povezani s centralnim sustavima kako bi se omogućilo korištenje na daljinu, a podaci i operativni sustavi smješteni su u računalni oblak koji omogućuje racionalno korištenje resursa te uz najviše tehnološke standarde rezultira optimalnim ekonomskim rezultatima.

Ulice gradova na ovaj način postaju izvor, ali istovremeno pružatelj korisnih informacija, koje građanima i posjetiteljima postaju dostupne putem informacijskih displaya, web portala ili pametnih mobilnih aplikacija.

Internet stvari se zapravo može definirati kao kompleksni ekosistem koji se koristi za spajanje svega, svakoga, bilo koje usluge, poslovanja koristeći bilo koju mrežu bilo kada i bilo gdje.[4]

Internet stvari se može pronaći u skoro svakom aspektu života, a neke od primjena su:[5]

- Agrokultura - pametno pakiranje sjemena, gnojiva, praćenje klimatskih uvjeta te utvrđivanje sastava tla
- Lociranje i dijeljenje informacija - odnosi se na geografsko lociranje mobitela, ljudi, životinja, vozila

[4] Dijana Capeska Bogatinoska; Reza Malekian; Jasna Trengoska; William Asiama Nyako, "Advanced sensing and internet of things in smart cities"

[5] L. Sumi and V. Ranga, "Sensor enabled Internet of Things for smart cities," *2016 Fourth International Conference on Parallel, Distributed and Grid Computing (PDGC)*, Waknaghat, 2016, pp. 295-300

- Kontrola okoliša - prikupljanje i analiziranje različitih fizičkih i kemijskih paramatera o okolini te informacije o prognozi vremena, zagađenju, temperature, buci i sl.
- Pametne kuće - upravljanje aparatima, energijom, sigurnosti
- Pametni prijevoz - upravljanje i praćenje stanja u prometu, utvrđivanje kritičnih raskrižja ili sl.
- Primjene u zdravstvu - čipovi koji se stavljaju na osobu kako bi se pratila bolest i u slučaju potrebe obavijestila i poslala informacije onima kojima bi trebalo
- Upravljanje otpadom - praćenje punjenja kontejnera kako bi se odredile rute skupljanja, kontrola odllaganja otpada
- Daljinsko upravljanje - upravljanje uređajima bežično, izvršavanje funkcija na temelju komandi
- i sl.

Internet stvari mijenja internet i na taj način pruža mnoge prednosti, ali isto tako se suočava sa određenim izazovima. Internet stvari se sastoji od jako velikog broja objekata pomoću kojih se prikuplja ogromna količina podataka. S obzirom na to prvi izazov je sigurnost objekata, a misli se na fizičku sigurnost odnosno onemogućavanje fizičkog pristupa. Nadalje, veliki izazov je povjerljivost i enkripcija podataka kako bi se osigurao njihov integritet. Kako je već rečeno, internet stvari se sastoji od velikog broja povezanih objekata odnosno uređaja pa se na taj način troši puno energije pa bi se trebala usvojiti tzv. zelena tehnologija kako bi se povećala energetska učinkovitost.[6]

Očekuje se da će bežične mreže biti platforma novog Interneta na koju će se izvršiti niz napada. Na najosnovnijoj razini, bežični uređaji će vjerojatno imati razvijene sheme imenovanja i adresiranja te će biti potrebna provjera i autentifikacija imena i adresa koji se koriste.
Sigurnosni zahtjevi su sljedeći:[7]

[6] R. Khan, S. U. Khan, R. Zaheer and S. Khan, "Future Internet: The Internet of Things Architecture, Possible Applications and Key Challenges," *2012 10th International Conference on Frontiers of Information Technology*, Islamabad, 2012, pp. 257-260

[7] Rolf H. Weber, "Internet of Things – New security and privacy challenges," 2010 *Computer Law & Security Review 26* (2010) 23–30

- Otpornost na napade: Sustav mora izbjeći pojedine točke neuspjeha i treba prilagoditi sebe ispadima čvorova.
- Provjera podataka: U načelu, prihvatne adrese i informacije objekata moraju biti ovjerene.
- Kontrola pristupa: Ponuditelji informacija moraju biti u stanju provesti kontrolu pristupa na ponuđenim podacima.
- Privatnost klijenta: Treba poduzeti mjere da samo ponuditelji informacija mogu promatrati korištenje sustava određenog kupca.
- …

Internet stvari obično sadrži male objekte (stvari) s ograničenim kapacitetom memorije za pohranu i obrade, a karakteriziran je problemima vezanima uz zaštitu privatnosti, performanse, skalabilnosti i pouzdanosti. Dok je Cloud Computing ogroman s neograničenim virtualnim mogućnostima s obzirom na pohranu i snagu obrade na globalnoj razini. Ta je tehnologija djelomično riješila većinu problema za zaštitu privatnosti. IoT i Cloud su dvije komparativne tehnologije koje su spojene kako bi promijenili trenutnu i buduću uslugu umrežavanja.[8]

Internet stvari ima ogroman rast s obzirom na sve veću popularnost i mogućnosti zadnjih godina. Gartner predviđa da će Internet stvari uključivati 26 milijardi jedinica postavljenih do 2020., kada će, dobavljači proizvoda i usluga generirati dodatne prihode od preko 300 milijardi dolara i to uglavnom u uslugama.[9]

[8] S. M. Babu, A. J. Lakshmi and B. T. Rao, "A study on cloud based Internet of Things: CloudIoT," *2015 Global Conference on Communication Technologies (GCCT)*, Thuckalay, 2015, pp. 60-65

[9] H. N. Saha, N. Saha, R. Ghosh and S. Roychoudhury, "Recent trends in implementation of Internet of Things — A review," *2016 IEEE 7th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON)*, Vancouver, BC, 2016, pp. 1-6

1.3. ISTRAŽIVAČKA PITANJA

U skladu sa postavljenim problemom i predmetom istraživanja postavljena su istraživačka pitanja

1. Što je zapravo internet stvari?
2. Kako internet stvari funkcionira?
3. Na koji način utječe na razvoj pametnih gradova?
4. Koje sve vrste senzora i uređaja koristi?
5. Područja primjene interneta stvari?
6. Primjenjuje li se u Hrvatskoj i u kojim područjima?
7. Na koji način Internet stvari može utjecati na javnu rasvjetu odnosno na koji način se to dvoje spaja?
8. Kakav utjecaj pametna javna rasvjeta ima na grad i ljude?

Postavljena pitanja će se koristiti u dokazivanju tvrdnje da je Internet stvari srž razvoja pametnih gradova. Za to će se koristiti različite metodologije uz korištenje znanstvene literature.

1.4. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Cilj istraživanja koje će biti provedeno u ovom radu, nakon što se opiše i objasni teorijski koncept internet stvari u kontekstu pametnog grada, je dati empirijski, praktični prikaz korištenja internet stvari.

Isto tako nastojat će se prikazati način umrežavanja odnosno infrastruktura za umrežavanje senzora korištenih za prikupljanje informacija.

Analizirat će se koje se sve vrste senzora, alata koriste kao internet stvari koji kao takvi predstavljaju osnovu pametnog grada.

Prikazat će se područja primjene interneta stvari, njegova primjena u Hrvatskoj te detaljniji prikaz praktične primjene u jednom od područja.

1.5. METODE ISTRAŽIVANJA

Sukladno potrebama izrade istraživanja i rada koristit će se razni izvori podataka kako bi se postiglo da tema bude što sveobuhvatnija obrađena i prikazana. Prilikom izrade rada služit će se domaćom literaturom i knjigama, internetskim izvorima, stručnim člancima.

U radu će se koristiti uobičajene znanstveno - istraživačke metode:

Induktivna metoda - sustavna primjena induktivnog načina zaključivanja kojim se na temelju analize pojedinačnih činjenica dolazi do zaključka o općem sudu, od zapažanja konkretnih pojedinačnih slučajeva dolazi do općih zaključaka. Ova metoda će se koristiti za izvođenje zaključka rada odnosno donošenje odgovora na postavljena istraživačka pitanja.

Deduktivna metoda - je sustavna primjena deduktivnog načina zaključivanja u kojemu se iz općih sudova izvode posebni i pojedinačni zaključci. Deduktivna metoda u znanosti služi za: objašnjenje činjenica i zakona, za predviđanje budućih događaja, za otkrivanje novih činjenica i zakona, za dokazivanje postavljenih teza, za provjeravanje hipoteza i za znanstveno izlaganje. Ova metoda će se koristiti za predviđanje budućeg stanja Interneta stvari u kontekstu pametnih gradova, predviđanje količine senzora i općenitu zastupljenost u svijetu.

Metode analize i sinteze - koje uključuju raščlanjivanje složenih pojmova, sudova i zaključaka na jednostavnije sastavne dijelove te izučavanje svakog dijela za sebe, ali i u odnosu na druge dijelove, predstavlja postupak znanstvenog istraživanja putem spajanja dijelova ili elemenata u cjelinu, odnosno sastavljanja jednostavnih misaonih elemenata u složene, a složenih u još složenije.

Metoda apstrakcije i konkretizacije - je misaoni postupak (apstrakcija) kojim se namjerno odvajaju nebitni, a ističu bitni elementi i osobine. Ovime će se prilikom opisivanja Interneta stvari i pametnih gradova isticati samo bitne stvari koje imaju utjecaja i vezane su za temu rada.

Metoda deskripcije - odnosno postupak jednostavnog opisa ili očitavanja činjenica, te empirijsko potvrđivanje njihovih veza i odnosa. Ova metoda će se koristiti za jednostavno uvodno opisivanje pojmova Interneta stvari i pametnih gradova te osnovnih pojmova vezanih za njih.

Metoda komparacije - koja predstavlja postupak kojim se uočava i uspoređuje sličnost i zajednička obilježja dvaju ili više događaja, pojava ili objekata. Ova metoda će se koristiti pri komparaciji primjera korištenja Interneta stvari u Hrvatskoj i u svijetu.

Diplomski rad struktuiran je po poglavljima kroz koja će se izložiti istraživanje. U uvodu će se predstaviti problem i predmet istraživanja.

U drugom dijelu će se teorijski predstaviti Internet stvari kako bi se što bolje stekao uvid u funkcioniranje Interneta stvari kao relativno novog pojma, pogotovo u Hrvatskoj. Između ostalog će se opisati arhitektura, tehnologija na kojoj se zasniva Internet stvari i njegovo funkcioniranje. Također će se navesti izazovi s kojima se primjena Interneta stvari svakodnevno susreće, kao i sigurnosni aspect koji je krucijalan za nesmetan rad.

U trećem dijelu se Internet stvari poveziva sa pametnim gradovima. U tom pogledu će se navesti područja primjene Interneta stvari u okviru pametnih gradova. Nakon teorijskog dijela navest će se praktični primjeri primjene u svijetu, a zatim i u Hrvatskoj.

Kao jedan od primjera primjene je primjer javne rasvjete u smislu smanjenja i efikasnog trošenja energije, ali i drugih apsekata koji će se navesti u četvrtom poglavlju. U ovom poglavlju će se detaljno razraditi primjena Interneta stvari u području javne rasvjete i svi pozitivni učinci koji iz toga proizlaze.
U petom poglavlju će se iznijeti zaključci nastali kao rezultat istraživanja te navesti vizija primjene Interneta stvari.

2. ŠTO JE TO INTERNET STVARI?

Internet stvari kao takav postoji i razvija se već mnogo godina, ali u Hrvatskoj se počinje spominjati ne baš tako davno. Postoji više definicija Interneta stvari, jedna od njih je ta da Internet stvari pruža povezanost svakoga sa svime u bilo kojem trenutku i u bilo koje vrijeme. Sve većim razvojem tehnologije dolazi se do približavanja društvu gdje će sve i svatko biti povezani. Temeljna ideja je omogućiti sigurnu razmjenu datoteka između uređaja i aplikacija.[10]

Na temelju toga će se u nastavku ovog poglavlja opisati temeljna arhitektura za primjenu Interneta stvari, zatim izazovi s kojima se susreće, korištene tehnologije, a na kraju sigurnosni aspekt Interneta stvari u sklopu kojega će se opisati sigurnosni zahtjevi, mjere zaštite i sl.

2.1. ARHITEKTURA INTERNETA STVARI

Internet stvari povezuje milijune objekata te se na taj način stvara puno veća količina podataka nego što je potrebna. Prilikom stvaranja tolikog prometa dolazi se do različitih izazova koji su prvenstveno vezani za sigurnost, a o čemu će se govoriti u jednom od sljedećih poglavlja.

Povezivanje svega i svakoga te prikupljanje ogromnih količina podataka zahtjeva nekakvu arhitekturu. Općenito gledano arhitektura Interneta stvari je podijeljena u 3 sloja, a to su Percepcijski sloj, Mrežni sloj, Aplikacijski sloj. Ova podjela je bila temelj za arhitekturu Interneta stvari, ali nije bila dovoljna za razvoj i istraživanje pa se u literature spominju još neke arhitekture sa više slojeva pa tako imamo noviju arhitekturu sa 5 slojeva u kojem su[11]:

- Prvi sloj je **Sloj uređaja** koji se sastoji od objekata i senzora. Ovaj sloj je potreban za identifikaciju i prikupljanje informacija od senzora. Te informacije mogu biti različite kao npr. lokacija, temperatura, vibracije, kretnje, ubrzanje, vlažnost zraka, promjene u zraku i tome slično. Sve prikupljene informacije se proslijeđuju sljedećem sloju.

[10,11] R. Khan, S. U. Khan, R. Zaheer and S. Khan, "Future Internet: The Internet of Things Architecture, Possible Applications and Key Challenges," 2012 10th International Conference on Frontiers of Information Technology, Islamabad, 2012, pp. 257-260

- Drugi sloj je **Mrežni sloj** koji je odgovaran za spajanje sa drugim pametnim stvarima, mrežnim uređajima i serverima. Također, mogućnosti ovog sloja se koriste za prijenos i procesuiranje podataka prikupljenih pomoću senzora. Zbog te mogućnosti se ovaj sloj također može zvati Prijenosni sloj. Prijenos je u današnje vrijeme uglavnom bežičan, a tehnologije su različite (3G, UMTS, Bluetooth, infracrveno, ZigBee, NFC) i ovise o senzorima.

- Treći sloj je **Posrednički sloj** koji se isto tako može zvati Procesni sloj. Njegova zadaća je spremanje, analiza i procesuiranje velikih količina podataka preuzetih iz Mrežnog sloja. Upravlja i pruža različite setove usluga nižim slojevima. Može donositi odluke na temelju rezultata i spojen je na bazu podataka. Sve informacije preuzete iz Mrežnog sloja sprema u bazu podataka.

- Četvrti sloj je **Aplikacijski sloj** kojim se usluge aplikacija približavaju korisnicima i upravlja se njihovim primjenama na temelju informacija procesuiranim u prethodnom sloju. Ona definira različite primjene u kojima se Internet stvari može koristiti, a neke od njih su pametne kuće, pametni gradovi, pametno zdravstvo i druge. O spomenutim primjenama će se govoriti više u sljedećem poglavlju.

- Peti sloj je **Poslovni sloj**, a on je odgovoran za upravljanje cjelokupnog sustava koji uključuju primjenu i usluge. Također upravlja privatnosti korisnika, izrađuje poslovne modele, dijagrame, grafove. Sve čime ovaj sloj upravlja i što izrađuje temelji se na podacima dobivenim iz prethodnog sloja. Isto tako ovaj sloj će pomoći u odabiru poslovne strategije i modela, a znamo na temelju teorije koliko su oni važni za uspješnost svakog projekta pa tako i uspješnost Interneta stvari.

2.2. SENZORI I AKTUATORI

Svaka primjena Interneta stvari moraju imati jedan ili više senzora za prikupljanje podataka iz okoliša. Senzori su jako bitna komponenta pametnih objekata. Ovi senzori su uglavnom mali, jeftini i troše jako malo energije.

Definicija senzora od strane Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE):

"Senzor je elektronički uređaj koji proizvodi električni, optički ili digitalni podatak iz fizičkog stanja ili događaja. Podaci dobiveni iz senzora se potom elektronički transformiraju, od strane drugog uređaja, u output odnosno izlaznu informaciju koji je koristan za donošenje odluka pomoću inteligentnih uređaja ili ljudi."[12]

Postoji jako puno senzora, a odabir pravoga prvenstveno ovisi o vrsti i funkciji signala koji se mjeri.

U nastavku će se navesti i opisati neke vrste senzora:

- **Senzor svjetlosti**- predstavlja običan optički senzor koji može prikupljati informacije na temelju jačine svjetlosti, gustoće, refleksije, izvora svjetlosti i sl.[13]

- **Senzor ubrzanja**- mjeri promjene u brzini pokreta. Ovakav sensor imamo u uređaju koji svi koriste, a to je mobitel. U mobitelu se može koristiti,npr., u aplikacijama za treninge pa se tako njime otkriva fizička aktivnost korisnika. Ta aktivnost može biti trčanje, vožnja bicikla, šetnja i sl.

- **Senzor lokacije**- za detaljnije lociranje pojedinih stvari ili ljudi najčešće se koristi GPS, ali za grubo lociranje se može koristiti i GSM tehnologija za mobitele.[14]

- **Senzor dodira**- ovaj senzor može uvelike smanjiti potrošnju energije pogotovo kod uređaja koji trebaju raditi odnosno biti upotrebljivi samo u ruci jer ovim senzorom se može otkriti dodir sa kožom.[15]

- **Senzor temperature**- mjeri topline ili hladnoću u sustavu. Ovaj senzor može prikupljati informacije kontaktno ili beskontaktno.

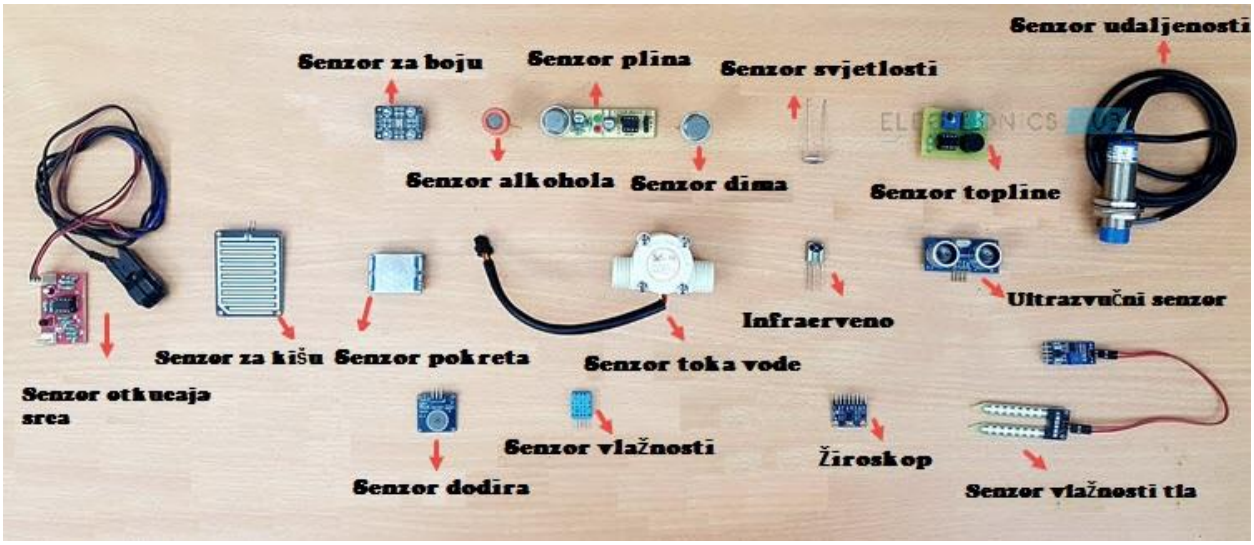
- **Senzor tlaka**- baziraju se na sili i mjere silu pritiska tekućine ili plinova.[16]

---

[12] Jonathan Holdowsky, Monika Mahto, Michael E. Raynor, Mark Cotteleer, "Inside the Internet of Things (IoT)" *2015 Deloitte University Press*

[13,14,15]Albrecht Schmidt, Uni Karlsruhe, Kristof Van Laerhoven, Starlab Research, How to Build Smart Appliances? 2001 *IEEE Personal Communications*

- **Senzor vlažnosti**
- **Senzor radijacije**
- **Senzor zvuka**
- **Senzor toka**
- **Biosenzori**
- …



Slika 1: Vrste senzora

Izvor: https://www.electronicshub.org/different-types-sensors/

[16] Jonathan Holdowsky, Monika Mahto, Michael E. Raynor, Mark Cotteleer, "Inside the Internet of Things (IoT)" *2015 Deloitte University Press*

Aktuator je uređaj koji može utjecati na promjene u okolini tako što pretvara električnu energiju u neki oblik iskoristive energije. Aktuatori izazivaju pokret, a mogu se podijeliti u 5 skupina[17]:

- **električni** su zapravo mali motori koji pretvaraju električnu energiju u mehaničku silu, a koriste se u uređajima i napravama kojima treba reguliranje ventila
- **mehanički linearni** koriste vijke i lance u pretvaranju rotacije u linearni pokret jer zakretanjem matice osovina se kreće u liniji
- **ručni** uključuju poluge, zupčanike ili kotače kako bi osigurali kretnju dok automatski koristi vanjski izvor snage da omogući kretnju
- **hidraulični** se baziraju na Paskalovu zakonu. Koristi motor sa tekućinom ili cilindrima i pomoću hidraulične sile pokreće mehanički proces. Mogu se upravljati ručno ili preko hidraulične pumpe
- **pneumatski** rade na principu hidrauličnih samo što umjesto tekućine koristi stlačeni plin

Senzor pretvara iskoristivu energiju u električni podatak, a kao što je već prethodno napisano aktuator radi suprotno i to je prikazano na slici ispod.



Slika 2: Prikaz rada senzora i aktuatora

Izvor: https://medium.com/@mikevladimer/sensors-actuators-and-iot-ca3361a9fc71

Primjer tijeka može biti toplinski senzor koji detektira topline. Senzor tu energiju pretvara u podatak i šalje u kontrolni centar, zatim centar šalje signal prskalicama. Aktuator pretvara taj signal u iskoristivu energiju odnosno pali prskalice i gasi vatru.

[17] Rayes, Ammar & Salam, Samer. (2017). The Things in IoT: Sensors and Actuators. 57-77.

2.3. IZAZOVI

Po definiciji Interneta stvari pokušava se umrežiti sve i svakoga. To zahtjeva određenu razinu tehnologije, a ta tehnologija i njen razvoj nailazi na neke prepreke i izazove koji na određeni način otežavaju proces totalnog umrežavanja.

U nastavku ovog poglavlja će se navesti i objasniti ograničenja i izazovi na koje nailazi Internet stvari u današnje vrijeme.

Postoji nekoliko nedostataka u samoj tehnologiji koji ograničavaju primjenu Interneta stvari[18]:

- postojeći senzori su uglavnom skupi i troše puno energije što ograničava širu primjenu bežičnih aplikacija
- dosta sustava i mreža nije skalabilno ili se ne može unaprijeđivati što povećava problem razmjene podataka
- ne postoji bežična tehnologija koja optimizira svaki aspekt, a misli se na troškove, domet, snagu, arhitekturu, za sve zahtjeve i aplikacije

S obzirom da Internet stvari koristi ogromne količine uređaja koji prikupljaju ogromne količine podataka, to bi moglo dovesti do zagušenja "Big data" i IT kompanija jer već neke imaju problema sa obradom podataka. Zato trebaju koristiti različite metode kojima će se smanjiti količina podataka za obradu, npr. uzorkovanje, agregiranje i sl.

Nadalje, Internet stvari stvara i daje velike ekonomske koristi, ali se susreće sa još nekim izazovima uz prije navedene:[19]

- **Upravljanje nazivima i identitetom**- kao što je već spomenuto, Internetom stvari se povezuju milijuni i milijarde objekata . Svaki od tih objekata treba biti označen imenom pa je zato potreban efikasan sustav koji će moći upravljati jedinstvenim imenima ogromnog broja objekata

[18] K. S. Yeo, M. C. Chian, T. C. Wee Ng and D. A. Tuan, "Internet of Things: Trends, challenges and applications," 2014 International Symposium on Integrated Circuits (ISIC), Singapore, 2014, pp. 568-571

[19] Tulasi.B, Girish J Vemulkar, "Blending Iot And Big Data Analytics" 2016 International Journal Of Engineering Sciences & Research Technology

- **Standardiziranost**- većina proizvođača poizvodi uređaje koji koriste njihovu vlasittu tehnologiju koja nije dostupna ostalima. Stoga je bitna standardiziranost Interneta stvari kako bi se omogućio bolji rad, funkcioniranje i povezivanje za sve uređaje

- **Privatnost informacija**- svaki objekt sadrži oznake za identifikaciju koji sadrže određene informacije. Potrebno je poduzeti mjere za zaštitu privatnosti kako bi se spriječio neovlašteni pristup

- **Sigurnost objekata**- objekti se nalaze na različitim mjestima i potrebno je spriječiti doticaj sa objektom. Neovlaštenim pristupom može nastati fizička šteta ili se promjeniti svrha objekta. Više o sigurnosti će se govoriti u jednom od narednih poglavlja.

- **Povjerljivost i enkripcija podataka**- objekti odosno uređaji i senzori prikupljaju podatke te ih šalju u jedinicu za obradu. Potrebno je da ti objekti imaju odgovarajući sustav enkripcije koji garantira integritet podataka. Sustav određuje tko može vidjeti podatke jer je potrebno zaštititi podatke od onih koji im ne bi trebali imati pristup.

- **Spektar (frekvencije za prijenos)**- potreban za komunikaciju milijardi senzora preko bežične mreže. Određenim frekvencijama se izvršava prijenos podataka pa je potrebno pronaći efikasan spektar.

- **Zeleni Internet stvari**- svakim danom se povećava količina podataka,a to zahtjeva veću potrošnju energije. Također se povećava broj uređaja i usluga što opet zahtjeva veću potrošnju energije. To znači da će se u budućnosti trošiti sve više i više energije pa je potrebno usvojiti Zeleni Internet stvari kako bi se to spriječilo. Ako se želi omogućiti održivi pametni svijet onda bi Internet stvari trebao biti energetski učinkovit, a to je glavni cilj Zelenog Interneta stvari.[20]

- **Pohrana podataka**- s obzirom da se prikuplja i pohranjuje ogromna količina podataka, a u budućnosti će biti još i veća. To naravno zahtjeva prostor, energiju i snagu za pohranu u podatkovne centre, a također efikasne algoritme za procesuiranje i iščitavanje podataka.

[20] C. Zhu, V. C. M. Leung, L. Shu and E. C. H. Ngai, "Green Internet of Things for Smart World," in IEEE Access, vol. 3, pp. 2151-2162, 2015

Pohrana i analiziranje predstavlja veliki izazov u budućnosti s obzirom da je sve povezano preko Interneta.[21]

2.4. TEHNOLOGIJE

U nastavku će se navesti i opisati danas najzastupljenije tehnologije koje se danas koriste u konceptu Interneta stvari.

2.4.1. RFID (eng. Radio Frequency Identification)

RFID je sustav koji predstavlja beskontaknu tehnologiju za komuniciranje, a koristi se za identifikaciju i praćenje objekata bez kontakta. Također se koristi za razmjenu podataka pomoću radio signala na maloj udaljenosti.[22]

Ovaj sustav se sastoji od RFID oznaka, čitača i aplikacijskog sustava.

RFID oznaka se nalazi na određenom objektu. Ona može biti aktivna ili pasivna. Aktivna ima svoje napajanje i može sama komunicirati sa čitačem ili drugim oznakama dok pasivna nema napajanje nego je pokreće čitač. Sastoji se od antene i mikročipa što je prikazano na Slici 5. RFID oznake mogu biti različite veličine, oblika i mogućnosti. Glavna funkcija je odašiljanje i primanje radio valova za komunikaciju sa čitačem

RFID čitač je odgovoran za komuniciranje sa oznakama u dosegu te prezentiranje podataka aplikaciji koja može iskoristiti te podatke.

Aplikacijski sustav pokreće sve aktivnosti oznaka i čitača. Koristi radio prijenos kako bi energiju poslao oznakama koje odašilju jedinstven identifikacijski kod čitaču koji je spojen na informacijski sustav. Prikupljeni podaci se mogu direktno slati server računalu ili na prijenosni čitač pa se može kasnije prenijeti na server računalo.

---

[21] L. Sumi and V. Ranga, "Sensor enabled Internet of Things for smart cities," 2016 Fourth International Conference on Parallel, Distributed and Grid Computing (PDGC), Waknaghat, 2016, pp. 295-300

[22] J. Lin, W. Yu, N. Zhang, X. Yang, H. Zhang and W. Zhao, "A Survey on Internet of Things: Architecture, Enabling Technologies, Security and Privacy, and Applications," in *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 4, no. 5, pp. 1125-1142, Oct. 2017

U odnosu na ostale tehnologije ova ima prednosti kao što su:

- brzo skeniranje
- izdržljivost
- ponovno korištenje
- veliko skladište
- beskontaktno čitanje
- sigurnost
- mali trošak
- mala veličina

2.4.2. NFC

Ova tehnologija radi na principu kao i RFID, služi za identifikaciju i dvosmjernu komunikaciju. Ovo je tehnologija koja radi bežično na jako male udaljenosti, omogućava prijenos podataka među uređajima tako da se dotaknu ili približe na svega nekoliko centimetara.[23]

NFC se najviše koristi u mobitelima, industrijskim aplikacijama te beskontaknom plaćanju.

Ova tehnologija ima 3 načina rada, a to su[24]:

- **Čitaj/piši**- u ovom načinu komunikacija, između pasivne NFC oznake i aktivnog NFC uređaja, se odvija sa svrhom čitanja prije spremljenih podataka iz oznaka ili za pisanje odnosno spremanje vrijednosti na NFC oznaku.

  Prilikom čitanja podataka prvo se šalje zahtjev od strane aktivnog uređaja prema pasivnoj oznaci, zatim ta pasivna oznaka prenosi podatke aktivnom uređaju, a na kraju se ti podaci obrađuju od strane čitača za različite stvari.

  Druga svrha je spremanje vrijednosti gdje se spremljene vrijednosti u NFC oznaci mijenjaju ili ažuriraju. Prvo je potrebno da korisnik napravi zahtjev za pisanje, a zatim se izvršava operacija.

[23] Sarawi, Shadi & Anbar, Mohammed & Alieyan, Kamal & Alzubaidi, Mahmood. (2017). Internet of Things (IoT) Communication Protocols

[24] Majumder, Alak & Ghosh, Shirsha & Goswami, Joyeeta & Bhattacharyya, Bidyut. (2017). NFC in IoT-Based Payment Architecture

Brzina prijenosa je 106 kbps, a neke od primjena mogu biti pristup internetu, medijima ili sl.

- **Isti sa istim-** ovom metodom se ovija komunikacija između dva aktivna uređaja gdje se prvo izvršava prijenos podataka, a zatim se ti podaci iskorištavaju.

  Brzina prijenosa je 424 kbps. Primjena može biti u razmjeni podataka, prijenos novca, uparivanje uređaja i sl.

- **Oponašanje kartice**- ovim se mobilni uređaj koji podržava NFC koristi kao bankovna kartica. Na uređaj se na siguran način spremaju informacije sa kartica i zatim se beskontakno može koristiti.

  Postupa je takav da prvo korisnik uspostavlja komunikaciju sa NFC čitačem i tada čitač šalje podatke sa mobitela svom pružatelju usluga. Nakon primanja podataka pružatelj usluga pokreće uslugu u pozadini te se nakon obrade podataka pruža usluga korisniku.

  Najviše se ovaj način koristi prilikom plaćanja, utvrđivanja identiteta i sl., a prednost je što nema fizičkih stvari kao što su kartice, gotovine i na taj način se pruža veća sigurnost.

2.5. SIGURNOSNI ASPEKT

Sigurnost je prepoznata kao najveći izazov Interneta stvari u današnje vrijeme. Tome doprinosi činjenica da je sve spojeno na internet i uređaji komuniciraju međusobno. Stoga je potrebno obratiti veliku pažnju na zaštitu podataka i korisnika. U ovom poglavlju će se pobliže opisati s čime se suočava Internet stvari u sigurnosnom aspektu.

2.5.1. ZAHTJEVI

Sigurnost i privatnost se može promatrati kao osnovno ljudsko pravo ili osobno pravo. Visoka razina pouzdanosti je potrebna u poslovima koji koriste Internet stvari. Potrebno ih je implementirati u upravljanje rizikom.

Sigurnosni i zahtjevi privatnosti su sljedeći:

- **Otpornost na napade**- sustav bi trebao izbjegavati pojedinačne točke neuspjeha i prilagoditi se kvarovima čvorova
- **Ovjera podataka**- preuzeto adresiranje i informacije o objektu moraju biti ovjereni
- **Kontrola pristupa**- oni koji pružaju informacije moraju biti u mogućnosti uspostaviti kontrolu pristupa informacijama koje pružaju
- **Privatnost klijenta**- potrebno je provesti mjere kojima bi samo pružatelji informacija mogli donositi zaključke praćenjem korištenja sustava za traženje[25]
- **Sigurno skladište**- uključuje povjerljivost i integritet osjetljivih informacija spremljenih u sustavu
- **Siguran pristup mreži**- omogućuje pristup mreži ili usluzi samo ako je uređaj ovjeren
- **Identifikacija korisnika**- odnosi se na proces provjere korisnika prije dopuštenja za korištenje sustava
- **Dostupnost**- ovime bi se trebalo osigurati da neovlaštena osoba ili sustav ne može zabraniti pristup ovjerenim korisnicima[26]

2.5.2. MJERE ZAŠTITE[27]

Mjere zaštite se odnose na određene mehanizme koje treba usvojiti te ih se pridržavati kako bi se održavala maksimalna sigurnost mreže i uređaja.

- **Sigurno pokretanje**- prilikom pokretanja potreban je mehanizam koji će potvrditi da je sustav koji se pokreće na uređaju ovjeren i da je to onaj pravi. Ta povrda se izvršava pomoću digitalnog potpisa.

[25] Rolf H. Weber, "Internet of Things – New security and privacy challenges," 2010 *Computer Law & Security Review 26* (2010) 23–30
[26] Sachin Babar, Parikshit Mahalle, Antonietta Stango, Neeli Prasad, Ramjee Prasad, "*Proposed Security Model and Threat Taxonomy for the Internet of Things (IoT*)" 2010 International Conference on Network Security and Applications
[27] Pethuru Raj, Anupama C. Raman, "The Internet of Things: Enabling Technologies, Platforms, and Use Cases" 1st Edition, 2017

- **Obavezni sustav kontrole pristupa**- mehanizam koji treba biti ugrađen u sustav uređaja koji će osigurati da određene aplikacije imaju pristup samo resursima koji su neophodni za njihov rad. Na taj način se osiguravaju ostali resursi ukoliko dode do napada i pristupa aplikaciji.
- **Ovjera uređaja za mreže**- za prijenos podataka uređaj mora biti priključen na neku mrežu, a kada se poveže onda se mora ovjeriti kako bi započeo prijenos.
- **Vatrozid za uređaje**- svaki uređaj bi trebao imati vatrozid koji će provjeravati i filtrirati podatke. Taj vatrozid ili sličan mehanizam mora biti prilagođen tom uređaju i provjeravati sav promet koji prolazi mrežom.
- **Mehanizam za kontrolu zakrpa i ažuriranja**- kada sun a mreži uređaji u nekim situacijama dobivaju zakrpe ili ažuriranja, a to ponekad zauzme sav promet na mreži i onemogući ostalim uređajima rad. Stoga je potreban mehanizam koji će moći planirati primjenu tih zakrpa i ažuriranja na način da ne ometa siguran rad ostalih uređaja.

2.5.3. TEHNOLOGIJE SIGURNOSTI[28]

- **Ovjera i kontrola pristupa**

Ova tehnologija se odnosi na to da strane koje komuniciraju mogu provjeriti identitet jedna drugoga. Mora se implementirati u mrežni sloj i sloj uređaja kako bi se osigurala valjanost informacija i spriječili napadi lažnim predstavljanjem.

Kako bi se osigurala identifikacija korisnika i spriječio neovlašten pristup resursima postavljaju se visoke razine ovjere i kontrole pristupa korisnicima koji pristupaju Internetu, kriptirane šifre, ograničen pristup dokumentima, ažuriranja i sl.

Primjer može biti ovjera identiteta prije komuniciranja na principu od točke do točke odnosno uređaja do uređaja, također se mogu razviti sheme kojima napadač neće moći ili će teško izvući informacije iz skupa informacija koje je dobavio

[28] X. Xiaohui, "Study on Security Problems and Key Technologies of the Internet of Things," 2013 International Conference on Computational and Information Sciences, Shiyang, 2013, pp. 407-410.

↳ Enkripcija podataka

Cilj je zaštititi povjerljivost i integritet prijenosa informacija te spriječiti krađu prilikom prijenosa. U Internetu stvari se koristi tzv. end to end enkripcija. Prvi dio se odvija u mrežnom sloju da bi se otkrila šifra pretvorbe na svakom kraju kako bi se mogla primjeniti na cijelo poslovanje zbog lakšeg upravljanja. Ova vrsta enkripcije se izvršava u aplikacijskom sloju, pošitelj šifrira, a a dešifrira se samo na kraju primatelja. Kako bi se osigurala najveća razina sigursnoti informacija potrebno je koristitit različite metode šifriranja. Svrha šifriranja je da spriječi dešifriranje u slučaju da je napadač presretne.

Šifriranje može spriječiti i problem prisluškivanja, ali zahtjeva fleksibilne i kompliciranе mehanizme koji se mogu implementirati u rijetko koji sustav. Također shema ključnog upravljanja mora osigurati da cijela mreža neće biti uništena ukoliko dođe do manipuliranja jednog dijela od strane napadača. Internet stvari se brzo mijenja i zahtjeva što manju potrošnju energije pa je, iako postoji mnogo tehnologija šifriranja, teško pronaći onu koja se može prilagoditi tim promjenama, a u isto vrijeme pružiti efikasnu i pouzdanu zaštitu. Stoga postoji dosta izazova i zahtjeva u razvoju tehnologije šifriranja u svijetu Interneta stvari.

↳ Middleware

Middleware predstavlja dušu i centar sustava. Nalazi se u ugrađenim uređajima, a baziran je na tradicionalnom middleware-u kako bi uređajima pružio grafički prikaz. To su moduli i operativna okruženja koji podržavaju različite komunikacisjke protokole. Mogućnost sakrivanja detalja različitih tehnologija oslobađa programere problema koji im nisu u fokusu. Dobiva sve više na značaju s obzirom da olakšava razvoj novih usluga i integraciju starih tehnologija sa novima. Middleware Interneta stvari treba pružati alate za brzi razvoj i mora uključivati funkcije koje su vezane za upravljanje povjerenjem, privatnosti i sigurnosti svih razmjenjenih podataka.

↳ Računarstvo u oblaku

Karakteristika Interneta stvari je inteligentno procesuiranje što označava korištenje računarstva u oblaku za analizu i procesuiranje ogromnih količina podataka za kontolu

uređaja. Ovo je izvrsna tehnologija za Internet stvari jer njegov razvoj zahtjeva velike procesne i skladišne kapacitete što računarstvo u oblaku posjeduje. Korištenje ove tehnologije za procesuiranje, analizu, rudarenje čini upravljanje i kontrolu mnogo bržom i inteligentnijom te se može upravljati preciznije, ali i vremenski točnije što povećava iskorištavanje resursa i produktivnost.

Sa svojom procesnom snagom, skladišnim kapacitetom i visokim performansama te niskom cijenom računarstvo u oblaku će postati osnova Interneta stvari.

Međutim, glavni uvjeti za spajanje Interneta stvari i računarstva u oblaku su sljedeći:

- Kombiniranje je moguće kada su dovoljno veliki razmjeri Interneta stvari, jer je ova tehnologija nepotrebna za npr. kućne primjene Interneta stvari
- Odgovarajući poslovni model i praktične usluge mogu Interent stvari i računarstvo u oblaku poboljšati za služenje ljudima i društvu

2.5.4. PRAVNA REGULATIVA

Internet je mreža svih mreža i prelazi odgovornosti jednog zakonodavca stoga je bitna međunarodna suradnja. Nacionalni zakoni završavaju na granici, ali Internet te granice prelazi. Zbog toga pravna regulativa Interneta stvari predstavlja jedan od glavnih izazova sigurnosti.[29] U nekim slučajevima uređaji interneta stvari stvaraju nove zakonske i regulatorne situacije i zabrinutost zbog građanskih prava koja nisu postojala prije tih uređaja. Isto tako, tehnologija napreduje puno brže nego povezana politika i regulatorna okruženja. Svi podaci koji su prikupljeni uređajima interneta stvari ne smiju biti ograničeni odnosno ne smije se i ne može zabraniti slanje izvan granica nadležnosti neke države. Međunarodna suradnja je neizbježna, a prioritetna pitanja su standardiziranost i interoperabilnost.

Standardiziranost se u ovom aspektu može promatrazi kao pravni proces, međunarodni sporazum bez kojeg Internet stvari ne može ostvariti puni potencijal, a pravilno implementirani standardi osiguravaju interoperabilnost. Interoperabilnost označava sposobnost različitih sustava da međusobno komuniciraju i razmjenjuju informacije te omogućavaju kompatibilnost.[30]

[29,30] Internetske stvari: pravni problemi i dileme

Sva pitanja vezana za pravnu regulativu Interneta stvari može se promatrati na više razina, a razine su državna, regionalna, međunarodna. Svaka država može kvalitetnom regulacijom pozitivno utjecati na razvoj Interneta stvari, ali međunarodna suradnja je krucijalna. Postoje 3 opcije pravne regulacije[31]:

- **Bez regulacije**- sa pravne strane najednostavniji za implementaciju, ali onemogućava praćenje tijeka i smjera razvoja Interneta stvari. Firmama daje prednosti jer do punog izražaja može doći inovativnost.
- **Blaga regulacija**- inovativnost ostaje na visokoj razini jer daje dovoljno slobode u odlučivanju o najefikasnijem smjeru, a moguća je visoka usklađenost sa nacionalnim ciljevima
- **Čvrsta regulacija**- zagarantirana usklađenost sa nacionalnim ciljevima, ali bi trebalo prilagoditi zakone i to najviše u području zaštite podataka, e-poslovanja i sl.

Uspjeh IoT usluga uvelike ovisi o standardima, te pravilima koja trebaju biti postavljena od strane donositelja (vlada, regulatora). Bez definiranih standarda, sučelja i protokola pravo širenje IoT-a teško će biti moguće. Osim toga, definiranje pravog balansa u pravom trenutku predstavlja veliki izazov. Ukoliko donosioci politike u početku razvoja postave prevelike regulatorne mjere mogu ugušiti razvoj IoT-a. Istovremeno izostanak regulatornih mjera ne daje nikakvu pravnu sigurnost tvrtkama što može dovesti do smanjenja IoT inicijativa.

3. PRIMJENA INTERNETA STVARI U OKVIRU PAMETNIH GRADOVA

3.1. PODRUČJA PRIMJENE

Pametni gradovi označavaju sistem rješenja za gradove, koji polazi od ideje da se moderniziraju postojeće javne usluge, poput parkinga, javne rasvjete, javnog prijevoza, sigurnosti, zbrinjavanja otpada, kontrole kvalitete zraka, bežičnog pristupa internetu, analitike prometa, pametnog

[31] Amel Džanić, "izazovi i prepreke sa kojima se susreće internet stvari" 2017, 11th International Scientific Conference on Production Engineering: DEVELOPMENT AND MODERNIZATION OF PRODUCTION

mjerenja.[32] Tu su i rješenja poput pametne klupe, e-računa, električnih bicikli koja čine urbanu sredinu atraktivnijom. Ključni cilj je gradovima pružiti cjelovitu platformu za upravljanje, tako da lokalne uprave i građani dobiju najveću vrijednost.

Internet stvari se može pronaći u skoro svakom aspektu života, a neke od primjena će se navesti u nastavku ovog poglavlja.

3.1.1. AGROKULTURA

Razvoj tehnologije je potakao znatiželju o mogućnostima Interneta stvari u ublažavanju siromaštva te rast životnog standarda ljudi ruralnih područja. Tehnologija je danas dostupa svima pa je mogu priuštiti i područja koja se oslanjaju na poljoprivredu. Primjena tehnologije im olakšava proizvodnju, pomaže pri aktivnostima koje se rade nakon ubiranja plodova i sl.[33]

Internet stvari nalazi različite primjene u poljoprivredi. Tako na primjer postoji primjena u navodnjavanju kapanjem gdje se različitim senzorima prikupljaju podaci o temperaturi, vlazi, sadržaju vode iz tla te se zatim određuje gdje i koliko je vode potrebno. Za ispumpavanje vode se koristi energija koja se dobiva iz obnovljivih izvora kao što su solarni paneli.

Još jedna zanimljiva primjena je korištenje RFID čipova koji se stavljaju na stoku kako bi se omogućilo praćenje i na taj način spriječila krađa. Osim krađe na taj način će se pronaći stoka ukoliko zaluta. RFID čitači se postavljaju na određenim mjestima koji učitavaju poziciju i ispisuju na mapi.

Pomoću satelita se može pratiti zagađenje vode kako bi se na vrijeme spriječilo. Pomoću senzora za topline se može spriječiti požar. Kako bi se spriječila ilegalna sječa, na drveća se utiskuju barkodovi kako bi se mogli pratiti do krajnjeg potrošača.

Postoje aplikacije koje pomažu poljoprivrednicima da prate odnosno prognoziraju sezonu. Aplikacija pomaže da se postavi dijagnoza usjeva ili zaraza stoke te se odredi lijek za zarazu

[32] L. Sumi and V. Ranga, "Sensor enabled Internet of Things for smart cities," *2016 Fourth International Conference on Parallel, Distributed and Grid Computing (PDGC)*, Waknaghat, 2016, pp. 295-300

[33] Dlodlo, Nomusa, and Josephat Kalezhi. "The internet of things in agriculture for sustainable rural development." Emerging Trends in Networks and Computer Communications (ETNCC), 2015 International Conference on. IEEE, 2015.

ukoliko postoji. U tom pogledu se postavlja i nadzor kako bi donositelji odluka mogli pratiti usjeve i moguću zarazu ten a taj način na vrijeme reagirati i spriječiti moguću štetu. To se postiže umrežavanjem tako da se sve prati na centralnom sustavu.

Kako bi se osigurao siguran transport proizvoda do željene lokacije koriste se GPS uređaji kojima se prati transport i skladištenje. Ovakvo umrežavanje omogućuje poljoprivrednicima pristup tržištu za njihove proizvode kako bi pratili cijene, državne poticaje i usluge te naravno svoja prava.[34]

Navedene su neke od primjena u poljoprivredi, postoje još mnoge koje postoje, ali sigurno ima još prostora za napredak odnosno inovacije.

3.1.2. MALOPRODAJA I LOGISTIKA

Internet stvari nalazi svoju široku primjenu u trgovini i upravljanju lancem nabave. Korištenjem različitih senzora olakšava se svakodnevica maloprodajnih lanaca. U realnom vremenu se dobivaju informacije koje poboljšavaju razinu usluge.

Kao prvi primjer se mogu navesti pametne police koje su opremljene senzorima ili stvari sa RFID čipom na sebi. Police sa senzorima imaju mogućnost praćenja stanja robe. Na taj način se može na vrijeme saznati ukoliko je stanje određene robe pri kraju ili se čak može otkriti krađa.

Također Internet stvari u ovom slučaju može optimizirati cijeli lanac nabave na način da proizvođač može pratiti stanje robe u maloprodaji tada mogu optimizirati proizvodnju bez prevelikih gubitaka ili izbjeći situaciju da nema dovoljno robe za isporuku.

Maloprodajni dućani mogu implementirati različite aplikacije. Jedna od njih je vodič po dućanu prema prije izrađenoj listi za kupnju. Također zanimljiva aplikacija je brzo plaćanje kroz automatizaciju računa korištenjem biometrije.[35]

[34]Dlodlo, Nomusa, and Josephat Kalezhi. "The internet of things in agriculture for sustainable rural development." Emerging Trends in Networks and Computer Communications (ETNCC), 2015 International Conference on. IEEE, 2015.

[35] Bandyopadhyay, Debasis, and Jaydip Sen. "Internet of things: Applications and challenges in technology and standardization." Wireless Personal Communications 58.1 (2011): 49-69.

3.1.3. KONTROLA OKOLIŠA

Korištenje bežičnih identifikacijskih uređaja i ostalih uređaja tehnologije Interneta stvari u praćenju i kontroli okoliša obećavajući je dio tržišta. Smatra se da će se sve više pažnje i resursa pridati ovom dijelu.[36]

Internet stvari se koristi kako bi se prikupili različiti fizički i kemijski parametri odnosno informacije o njima. Prikupljaju se informacije kao što su prognoza vremena, zagađenje, jakost svjetla, buka, vlaga, temperatura, zračenje.

Kao jedan od rezultata prikupljanja i obrade takve vrste podataka možemo navesti predviđanje prirodnih katastrofa, a to mogu biti erupcije vulkana, poplave, potresi, odroni i sl.[37]

Najveći izazov u praćenju okoliša predstavlja otvoreni prostor jer je teško i skupo pristupiti određenim područjima kako bi se postavili uređaji za prikupljanje podataka, a kasnije i njihovo održavanje. Time se postavljaju određeni zahtjevi u pogledu senzora, a misli se na veličinu, težinu, izdržljivost, potrebu za održavanje, automatsko upozoravanje na greške.[38]

3.1.4. PAMETNE KUĆE

Kod pametnih kuća se Internet stvari koristi kako bi se omogućilo pametno upavljaje energijom, povezivanje sa kućanskim aparatima radi interakcije. Također se koristi kako bi se povećala sigurnost doma.[39]

Ovime se pomoću sustava za automatizaciju integriraju svi električni uređaji u domu te se može svime upravljati na dva načina. Prvi način je da se svime upravlja preko jedinice koja se nalazi

[36] Bandyopadhyay, Debasis, and Jaydip Sen. "Internet of things: Applications and challenges in technology and standardization." Wireless Personal Communications 58.1 (2011): 49-69.

[37,39] L. Sumi and V. Ranga, "Sensor enabled Internet of Things for smart cities," *2016 Fourth International Conference on Parallel, Distributed and Grid Computing (PDGC)*, Waknaghat, 2016, pp. 295-300

[38] Lazarescu, Mihai T. "Design of a WSN platform for long-term environmental monitoring for IoT applications." IEEE Journal on emerging and selected topics in circuits and systems 3.1 (2013): 45-54.

unutar doma ili na daljinu gdje se pomoću internetske veze svime upravlja pomoću npr. mobitela.[40]

Neki od primjera primjene Interneta stvari unutar pametnih kuća su upravljanje rasvjetom, grijanjem, hlađenjem, ventilacijom, različitim kućanskim aparatima, bravama i sl. Sve to kako bi se osigurala udobnost, sigurnost te jako bitna energetska učinkovitost.

3.1.5. PAMETNI PRIJEVOZ

Pametni prijevoz je jako bitan za udobnost i sigurnost građana. Svi dobro znamo koji oblici prometa postoje, a ti oblici postoje sami za sebe. Tek korištenjem tehnologije odnosno Interneta stvari svi oblici prometa dolaze u interakciju jedni sa drugima. Interakcija se postiže različitim sustavima za komunikaciju i navigaciju u vozilima, između vozila i vozila sa građevinama.[41]

Različiti primjeri primjene su senzori u vozilima kako bi se spriječili sudari, automatska kontrola putovnica na aerodromima koristeći RFID čipove u putovnicama, aplikacije za naručivanje taxi usluge sa praćenjem lokacije vozila i informacija o vozaču[42], rješenja za naplatu cestarina, praćenje gužvi preko mobitela putnika, tehnologija za praćenje prtljage putnika na aerodromima će omogućiti automatizirano praćenje i sortiranje.[43]

Također su već dugo u upotrebi aplikacije za praćenje u realnom vremenu npr. praćenje lokacije aviona i procjena dolaska na destinaciju.

3.1.6. PRIMJENE U ZDRAVSTVU

Učinkovito zdravstvo je i inače jako bitno, a Internet stvari nalazi puno primjena u ovom sektoru. Korištenjem RFID senzora prate se medicinski parametri te dostava lijekova. RFID čipovi se

[40] Bhide, Vishwajeet H. "A survey on the smart homes using Internet of Things (IoT)." International journal of advance research in computer science and management studies 2.12 (2014): 243-246.

[41,42] S. P. Mohanty, U. Choppali and E. Kougianos, "Everything you wanted to know about smart cities: The Internet of things is the backbone," in IEEE Consumer Electronics Magazine, vol. 5, no. 3, pp. 60-70, July 2016.

[43] Bandyopadhyay, Debasis, and Jaydip Sen. "Internet of things: Applications and challenges in technology and standardization." Wireless Personal Communications 58.1 (2011): 49-69.

mogu ugraditi na tijelo pacijenta tako da se može pratiti trenutno stanje, povijest bolesti i na vrijeme reagirati ukoliko je potrebno.[44]

Uređaji se mogu koristiti da spremaju zapise o stanju bolesti, to je bitno kod osoba koje imaju dijabetes, rak, Alzhajmerovu bolest i sl. Paraplegičarima se može dati stimulans mišića preko takvog uređaja. Kod praćenja lijekova na kutije se stavljaju pametne etikete. Neki lijekovi trebaju posebne uvjete skladištenja pa se ovim načinom mogu pratiti uvjeti transporta. Također se može podsjetiti pacijente na redovno uzimanje lijekova.[45]

3.1.7. UPRAVLJANJE OTPADOM

U ovom slučaju se Internet stvari uglavnom koristi u svrhu optimiziranja ruta za skupljanje otpada. Senzori prikupljaju podatke koji se šalju na server za pohranu. Tada se svakodnevno nadzire prikupljanje kanti za smeće po ruti koja je odabrana ovisno o količini otpada. Radnici svakodnevno dobivaju ažurirane rute na navigaciji. Rute se mogu odrediti prema prethodnim iskustvima, ali se može prognozirati buduće stanje s obzirom na prognozu gužvi, troškova i drugih faktora.[46]

Pametne kante koriste kombinaciju senzora za težinu i razinu smeća. Pomoću tih senzora prikupljanje smeća postaje puno efikasnije i smanjuju se troškovi. To sve u konačnici dovodi do smanjenja zagađenja okoliša.

3.2. PRIMJENA U SVIJETU

Diljem svijeta se provodi ili je već provedeno tisuće projekata koji se odnose na Internet stvari i pametne gradove. U nastavku će se navesti i opisati neki od proizvoljno odabranih projekata i rješenja korištenih u gradovima.

[44] L. Sumi and V. Ranga, "Sensor enabled Internet of Things for smart cities," 2016 Fourth International Conference on Parallel, Distributed and Grid Computing (PDGC), Waknaghat, 2016, pp. 295-300
[45] Bandyopadhyay, Debasis, and Jaydip Sen. "Internet of things: Applications and challenges in technology and standardization." Wireless Personal Communications 58.1 (2011): 49-69.
[46] G. K. Shyam, S. S. Manvi and P. Bharti, "Smart waste management using Internet-of-Things (IoT)," 2017 2nd International Conference on Computing and Communications Technologies (ICCCT), Chennai, 2017, pp. 199-203.

EkoBus

Prvi projekt koji će se opisati je vezan za kontrolu zagađivanja okoliša. Projekt je pokrenut u suradnji sa Ericsson-om u Beogradu i Pančevu. Ime projekta je EkoBus i provodi se u sklopu velikog projekta SmartSantander, a financira ga Europska Unija. Sustav koristi javni prijevoz za kontrolu parametara iz okoliša, a ujedno pruža stanovnicima lokaciju buseva i procjenu vremena dolaska. Projektom je postavljeno 20 000 senzora u različitim gradovima pa tako i ova dva grada. Parametri koji se mjere su temperatura, vlažnost, ugljikov monoksid, ugljikov dioksid, dušikov dioksid, GPS lokacija. Senzori se precizno kalibriraju te se potom zajedno stavljaju na krov autobusa. Parametri se iščitavaju na različitim lokacijama kretanjem autobus ate se šalju serveru koji prikupljene informacije procesuira i pohranjuje.[47]

Connected Parking

Svakodnevno traženje parking oduzima vrijeme, pogotovo ako treba "kružiti" kako bi se pronašlo mjesto. To uzrokuje bespotrebno trošenje goriva, povećava nervozu i povećava zagađenje. U ovom slučaju radi se o implementaciji pametnog parkinga u francuskom gradu Montpellier-u. Cilj projekta je poboljšati tok prometa te povećati izmjenu na parkirnim mjestima u gradu.

Uređaj se postavlja na površinu parkirnog mjesta. Prvo su postavljeni na mjesta za invalide i dostavna vozila, a naknadno će se povećavati broj uređaja. Uređaji također prikupljaju podatke o temperaturi ceste koji će se koristiti za reagiranje u slučaju skupljanja leda na površini. Podaci o mjestima su javno dostupni građanima.[48]

Smart Logistic

Predstavlja aplikaciju koja koristi ugrađene senzore za praćenje lokacije, a uz lokaciju daju podatke o vlazi, svjetlosti, količini ugljikova oksida, ugljikova dioksida, temperaturi, vibracijama. Sve prikupljene informacije se šalju online. Aplikacija se koristi za praćenje flote

[47] Smart City project in Serbia for environmental monitoring by Public Transportation
[48] Smart Parking project in Montpellier to relieve traffic congestion and reduce car parking search

vozila, kontrolu stvari koje se prevoze, upravljanje imovinom. Aplikacija je implementirana u San Mateo u Kaliforniji i Zaragoza u Španjolskoj.[49]

Smart Tracking

Slastičarnica u Zaragozi implemenirala je uređaje i aplikaciju za praćenje za svoja rashladna vozila. Dostava ovih proizvoda zahtjeva odgovarajuću temperature kako bi se dostavili u normalnom stanju. Sustavom se prati temperature i lokacija vozila u realnom vremenu preko računala, pametnog mobitela, tableta i sl. Također je izrađena aplikacija za vizualizaciju prikupljenih podataka u obliku mape na kojoj je ruta vozila prikazana točkama, a svaka točka prikazuje datum, vrijeme i temperaturu.[50]

ShotSpotter

Predstavlja kompaniju koja se bavi smanjivanjem stope kriminala. Proizvode samostojeće senzore ili senzore koje se postavljaju na stupove kao npr. semafor. To su senzori za detektiranje zvuka koji kada raspoznaju pucanj odmah dojavljuju hitnim službama. Na taj način se isključuje potreba ljudi da prijave pucnjavu jer često se ljudi prepadnu ili nisu sigurni da li je to zapravo pucnjava. Također ti senzori mogu utvrditi koliko je hitaca ispaljeno i koliko ljudi sudjeluje.[51]

Waymo

Od 2009. Google radi na projektu za vožnju automobile bez vozača. Cilj projekta je učiniti ceste sigurnijima, uštedjeti ljudima vrijeme te poboljšati mobilnost. Prvo se počelo sa malim udaljenostima da bi se kasnije prešlo na gradsku vožnju, a 2015. je pušten prvi automobil koji vozi sasvim sam. Automobili su opremljeni sa senzorima i sustavom koji prati kretanje pješaka, biciklista, vozila, radova na cesti. Senzori detektiraju sve na daljinu od otprilike 300metara u 360stupnjeva. Senzorima se predviđaju radnje svih sudionika u prometu. U SAD-u je čak 94% nesreća izazvano ljudskom odlukom ili greškom.[52]

[49] Libelium enables Smart Logistics offering Realtime Tracking and Sensing of Goods
[50] Cold Chain Monitoring and Smart Tracking in Zaragoza
[51] Top Smart City Projects & Leaders To Watch
[52] https://waymo.com/tech/

SkyCall

U Bostonu se provodi projekt koji je baziran na GPS senzorima koji su ugrađeni na Dron-ove. Dron služi kao vodič, a testiran je na kampusu MIT-a. Dron je opskrbljen sa senzorima kojima prati okruženje, a također može komunicirati sa ljudima. Preko aplikacije je moguće pozvati dron te on pomoću GPS-a locira pozivatelja. Nakon dolaska brzinom hoda vodi čovjeka do željene lokacije s tim da konstantno prati GPS lokaciju čovjeka te ga kontaktira ukoliko zaostane.

Helsinki

Grad Helsinki je proveo projekt automatizacije skupljanja otpada koji je smanjio vožnju kamiona za skupljanje otkada čak 80-90%, pametne mreže i kontrolu energije u realnom vremenu s ciljem smanjenja potrošnje za 15% te parkirna mjesta sa punjačima za električne automobile. Također se radi na implementaciji senzora u frižidere koji bi trebali podsjetiti ljude na istek roka trajanja namirnica.[53]

Singapur

Ovaj grad postavlja neodređenu količinu senzora i kamera kojima će se kontrolirati baš sve. Između ostaloga kontrolirat će se čistoća ulica, gustoća gužvi, kretanje svih registriranih auta. Pomoću aplikacije, izrađene za te senzore, ljudima će se slati povratne informacije o ponašanju, pomoći im da smanje potrošnju vode, energije i time smanje svoje troškove.[54]

Barcelona

Barcelona je osim investiranja u senzore za kontrolu prometa i pametni parking, kontrolu zraka i buke investirala u pametnu rasvjetu. Pametne LED svjetiljke se pale samo kad detektiraju kretanje čime se štedi 30% energije, a također imaju senzore za prikupljanje podataka iz okružja. Ti podaci iz okružja su za kontrolu kiše, vlage kako bi se odredila količina vode za navodnjavanje. Pametne kante za smeće prate količinu otpada i skupljaju se samo kad su pune.[55]

[53,54,55] Top Smart City Projects & Leaders To Watch

3.3. PRIMJENA U HRVATSKOJ

Hrvatska polako počinje usvajati pametna rješenja. Nešto više od 40 gradova, od ukupno 128, koristi pametna rješenja. Fond Europske unije za pametnu infrastrukturu pokriva dobar dio sredstava potrebnih za realizaciju projekata, između 40 i 100%.[56]

Kao primjer pametnog grada u Hrvatskoj najbolje je uzeti Dubrovnik. To je grad koji je pokrenuo projekt Smart City Dubrovnik koji okuplja sve projekte vezane za pametna rješanja. U 2 godine grad Dubrovnik je implementirao 5 projekata, a u razvoju ima još 7. Projekte provodi DURA (Razvojna agencija Grada Dubrovnika).

Mnogi gradovi u svijetu pa tako i Dubrovnik uvode sustav pametnog parkinga. Sustav je baziran na Cloud rješenju što ga čini skalabilnim pa je svejedno gdje se implementira, jednom parking ili više njih. Uređaj odnosno čvor senzora koji se koristi sastavljen je od bežičnog infracrvenog senzora kojeg napaja baterija. Ovakav uređaj se jako brzo postavlja i glavni zadatak mu je detekcija automobila kako bi mogao slati informaciju ruteru da li je mjesto prazno ili ne. Ruter zatim informaciju šalje serveru u "oblaku". Svaka informacija se sprema kako bi se kasnije mogla koristiti za analizu. Izrađena je mobilna aplikacija koja korisnicima omogućuje uvid u slobodna parkirna mjesta putem interaktivne mape. [57]

Dobro su poznate gužve u staroj jezgri grada Dubrovnika pa se tu uklapa drugo rješenje koje je potaknuto upravo rješavanjem gužvi. To rješenje je Sustav za brojanje ljudi. U sustav je uključeno 5 kamera koje su postavljene na ulaze u staru jezgru, a cilj je u realnom vremenu znati broj ljudi na tom području. Server prikuplja podatke od kamera i sprema ih u relacijsku bazu. Sustav je integriran sa web stranicom koja je dostupna svima, a tamo se može detaljnije vidjeti stanje za svaku kameru posebno i statistika unazad tjedan dana.[58]

Još neki od projekata grada Dubrovnika koje uključuju Internet stvari su pametne prskalice (za navodnjavanje javnih površina), pametna javna rasvjeta (upravljanje rasvjetom i intezitetom,

[56] Background information on Smart City initiatives in Croatia (2018), Ministarstvo vanjskih poslova, Commissioned by the Netherlands Enterprise Agency

[57,58] Šarić, B. Mihaljević and K. Marasović, "Making a smart city even more intelligent using emergent property methodology," 2017 40th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), Opatija, 2017, pp. 1005-1010

očitavanje potrošnje energije te detekcija kvara), solarne klupe (sa punjačima i senzorima za kontrolu zraka), itd.

Osim Dubrovnika, Split je implementirao rješenje za pametni parking, Zagreb je implementirao rješenje za praćenje razine buke preko aplikacije na pametnim mobitelima i sl.

4. PRAKTIČNA PRIMJENA INTERNETA STVARI NA PRIMJERU JAVNE RASVJETE

Kao što je već napisano u radu, jedna od primjena Interneta stvari u svijetu je i primjena u području javne rasvjete. Grad Dubrovnik je prvi u Hrvatskoj započeo implementaciju pametnih rasvjetnih stupova.

Gradovi postaju glavni pokretač u razvoju održivog gospodarstva. Prvi korak u postizanju te održivosti je smanjenje količine utrošene energije i stakleničkih plinova. Čak 19% utrošene energije u svijetu otpada na rasvjetu te čak 6% emisije stakleničkih plinova. Prema gradovima, javna rasvjeta predstavlja jednu od najvrijednijih dijelova imovine koje treba održavati i kontrolirati. Javna rasvjeta ceste čini sigurnijima, javne površine atraktivnijima te povećavaju sigurnost kuća, poslovnih objekata i gradskih centara.[59]

Implementacija pametne rasvjete može dovesti do ogromnih ušteda s obzirom da trenutno oko 40% budžeta za energiju otpada na javnu rasvjetu. Trenutno najmodernija tehnologija su LED (eng. Light Emitting Diode) lampe čijom bi se primjenom smanjili troškovi energije za 50% ili više. Uštede u energiji proizlaze iz smanjene potrošnje u vatima, namještanje zatamnjenja u određenim situacijama i sl. Troškovi se smanjuju i sa strane održavanja jer je vijek trajanja ovih lampi oko 20 godina za razliku od dosadašnjih lampi čiji je vijek trajanja otprilike 5 godina. Kako bi se najbolje iskoristila ova tehnologija lampe bi trebale biti umrežene kako bi se moglo njima upravljati i kontrolirati na daljinu što omogućava automatsko informiranje o pregaranju

[59] M. Castro, A. J. Jara and A. F. G. Skarmeta, "Smart Lighting Solutions for Smart Cities," 2013 27th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops, Barcelona, 2013, pp. 1374-1379.

lampi, a također omogućava proatkivno planiranje zamjene. Na taj način bi se postigle najveće uštede.[60]

Table 1: Primjer troškovnika projekta

Projekt instalacije Led rasvjete za:	**Algona, Iowa**
Ukupni trošak (rasvjeta, garancija, troškovi konzultanata, instalacija)	$288,815
Ukupan broj naručene rasvjete	447
150W HPS - 104W LED	55
250W HPS - 104W LED	28
250W HPS - 176W LED	364
Godišnja ušteda (kWh)	234,245
Godišnja ušteda ($)*	$18,740
Procjena uštede na 70000sati (kWh)	3,743,782
Procjena uštede na 70000sati ($)	$502,157
Procjenjeni otplatni period (samo ušteda u energiji)	15.4
Procjenjeni otplatni period (zajedno sa troškovima održavanja)	9.2
***Procjena bazirana na trenutnoj tarifi ($/kWh)**	$0.080

Izvor: https://www1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/msslc-case-studies_webcast_05-08-2013.pdf

Još jedna velika prednost je što se postojeća infrastruktura javne rasvjete može i treba integrirati sa različitim senzorima za kontrolu i komunikaciju. Svaki grad odlučuje koja rješenja želi implementirati, a o širini integracije ovisi širina mreže i time sami trošak. Uskopojasna mreža je

[60] The Business Case for Smart Street Lights

najjeftinija, ali i ograničena što se tiče mogućih rješenja. Slično je i sa širokopojasnom mrežom koja je puno skuplja. Srednjepojasna mreža je cjenovno prihvatljiva i tehnički prikladna za integraciju više rješenja. Gradovi trebaju izbalansirati kratkoročne, srednjoročne i dugoročne zahtjeve sa troškovima i prednostima različitih mrežnih opcija.[61]

Najveći izazov je odabir odgovarajuće platforme i željenih aplikacija. Te platfome mogu imati različite implikacije u budućnosti kojih u početku nitko nije svjestan.

Osnovna značajka pametne rasvjete je kontrola svjetla, ali rasvjetni stupovi se mogu iskoristiti za različite primjene. Neke od primjena:[62]

- **Kontrola prometa**- video nadzor omogućava praćenje kretanja ljudi i vozila, rauzmijevanje kretanja pomaže npr. kod izmjene rute za vozila za hitne intervencije
- **Kontrola parkinga**- senzori šalju informacije o slobodnim parkirnim mjestima, a uz to informiraju službe o nepropisno parkiranim vozilima
- **Detekcija i sprječavanje kriminala**- video kamere koje pomažu policiji pri rješavanju slučaja; integracija sa postojećom mrežom ShotSpotter za detekciju pucnjave pomoću senzora za buku
- **Hitne intervencije**- aktiviranje svjetala za navođenje hitnih službi do određene lokacije. Svjetla mogu blicati u intervalima, mijenjati boju i sl.
- **Upozorenja**- pomoću zvučnika postavljenih na rasvjetni stup moguće je upozoriti građane na određene opsanosti
- **Oglašavanje**- postavljanje promotivnih materijala u različitim oblicima te ubiranje naknade

Da bi došlo do široke primjene i ravoja mreže pametne javne rasvjete potrebno je rješiti određena pitanja i moguće problem. Potrebno je prvo razviti poslovne slučajeve sa svim prednostima i manama te plan financiranja. Svi slojevi države, državnih agencija, regulatora, industrije

[61] Richelle Elberg, Eric Woods, "Smart Street Lighting as a Smart City Platform- Applications and Connectivity Best Practices" 2017
[62] Smart Street Lights for Brighter Savings and Opportunities

potrebni su za razvoj regulative, sustava i tržišta. Regulatorna reforma je prijeko potrebna za razvoj ovog tržišta jer se postojeća regulative sporo prilagođava novoj tehnologiji. Također potrebno je razviti standarde i specifikacije koji će biti navedeni u propisima i dokumentima za natječaje kako bi se smanjile tehničke prepreke i premostili trenutni nedostatci u znanju.
Isto tako, trebalo bi razmotriti mogućnost ugradnje pametne javne rasvjete u postojeću infrastrukturu. Jako je važno razmotriti i planirati iskorištavanje javne rasvjete u kontekstu pametnih gradova, a time se misli na gore navedene prilike za primjenu koje mogu biti od velike koristi za gradove, dovesti do većeg zadovoljstva i sigurnosti stanovništva te omogućiti gradovima određenu mogućnost zarade.[63]

Primjer primjene:

Kao primjer grada koji je implementirao pametnu rasvjetu možemo uzeti američki San Diego. San Diego je 2014. pokrenuo projekt kojim je u suradnji sa General Electric implementirao 3000 LED pametnih lampi koje su umrežene bežično i daju uštedu od 250 000$ godišnje u potrošnji i održavanju.[64] Naknadno je odlučeno da će se instalirati 14 000 dodatnih LED pametnih lampi od kojih će 3200 biti opremljeno sa senzorima i drugim uređajima.[65] Ti uređaji uključuju kamere, mikrofone, Bluetooth, Wi-Fi, senzori za temperature, senzori za tlak, vlagu, magnetna polja. Jedna od primjena je praćenje prometa i rakrižja kako bi se došlo do zaključka koje je raskrižje najopasnije pa ga treba redizajnirati. Ove nadogradnje bi trebale gradu uštedjeti 2.4 mil. $ godišnje.[66]

Drugi primjer grada je Los Angeles koji je svojim projektom vrijednim 57 mil. $ zamijenio preko 80% od 215 000 rasvjetnih stupova.[67] To je dovelo do milijunskih ušteda i smanjene količine emisije ugljičnog dioskida. Nova rasvjeta štedi 63.1% energije na što se prije projekta trošilo 15 mil. $ godišnje. Procjena je da će se nakon isplate kredita godišnje štedjeti 10 mil. $.[68]

[63] Lighting Council Australia, "Discussion Paper: Smart street lighting in Australia" 2016
[64,66] How 3,000 streetlights turned San Diego into America's smartest city
[65] San Diego to Cover Half the City with Intelligent Streetlights

[67] How LA is now saving $9M a year with LED streetlights and converting them into EV charging stations
[68] http://bsl.lacity.org/downloads/news/LEDPressRelease061813.pdf

Table 2: Uštede javne rasvjete u Los Angeles

Ukupan broj zamjenjenih lampi	Potrošnja prije zamjene (kW)	Potrošnja nakon zamjene (kW)	Ušteda energije (%) u prosjeku po gradskim jedinicama	Godišnje smanjenje emisije CO_2 (tona po metru kubnom)	Godišnja ušteda energije (GWh)	Godišnja ušteda ($)
184577	42302.1	15230.8	64.08%	65357.5	110.45	9816648.83

Izvor: Izrada autora prema https://catalog.data.gov/dataset/citywide-led-streetlight-savings

Kada je riječ o dobavljačima i partnerima s kojima gradovi započinju projekte možemo reći da ih ima jako puno. Iako ih ima jako puno postoje tzv. lideri na tržištu, a to su **Signify** (Nizozemska, bivši Philips Lighting), **Itron** (Washington, kupio Silver Spring Networks) i **Telensa** (Atlanta). Ovo tržište je ogromno pa su samim učestale izmjene i akvizicije te ulazak novih kompanija.[69] Trenutno je tržište jako veliko, a trend pokretanja novih projekata za pametnu javnu rasvjetu prognozira daljnji rast. Najveće tržište predstavlja Sjeverna Amerika, Europa te istočna Azija. U Europi najveće tržište predstavljaju Njemačka, Francuska, Velika Britanija i Italija, a Azijsko tržište predvode Kina, Japan i Sj. Korea

Kako to izgleda u brojevima?

Brojčano gledano trenutno postoji oko 317 miijuna rasvjetnih stupova na svijetu, a kroz idućih 10 godina se prognozira rast na 363 milijuna. Prognozira se da će kroz 10 godina 89% njih biti LED, a 42%, od ukupnog broja LED lampi, biti umreženo kako bi se smatrale pametnima. Vrijednost tržišta se prognozira na 64.2 milijarde $ od čega 53.6 milijardi otpada na LED lampe, a 10.6 milijardi će biti investirano u pametnu rasvjetu.

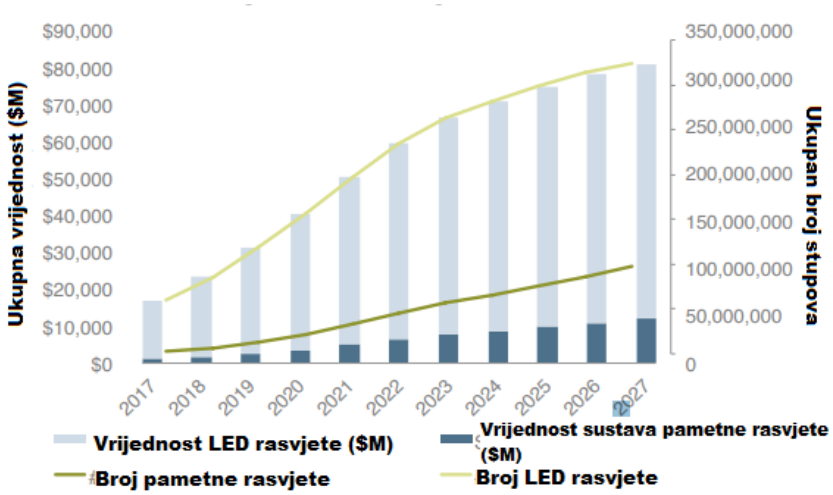
[69] The top 10 smart street lighting vendors

Samo u 2017. je u svijetu postavljeno 21.8 milijuna LED lampi, a dodatno je 2.8 milijuna umreženo da se njima upravlja odnosno da budu pametne.[70] Ove brojke pokazuju koliko je zapravo značajna javna rasvjeta za gradove diljem svijeta.

Trošak LED lampi možemo vidjeti na primjeru Los Angelesa koji je 2009. trošio prosječno 432$ po lampi jačine 42 lumena, koja je trajala 80 000sati sa garancijom od 5 godina. Ista lampa 2012. godine koštala je u prosjeku 245$, jačina je 81 lumen, trajala je najmanje 150 000sati, a garancija je bila 7 godina.[71] Iz godine u godinu tehnologija napreduje, a to dovodi do poboljšanja proizvoda, a konkurencija i nove tehnologije izrade dovode do nižih cijena.

Na slici ispod je prikazana prognoza kumulativnog investiranja u LED i pametnu rasvjetu.

Table 3: Kumulativne investicije u LED i pametnu rasvjetu



Izvor:
https://c.ymcdn.com/sites/www.naepnet.org/resource/resmgr/publications/Telensa_Northeast_Smart_LED_.pdf

[70] Global LED and Smart Street Lighting: Market Forecast (2017 – 2027)
[71] Los Angeles Completes World's Largest LED Street Light Retrofit

5. ZAKLJUČAK

Razvoj pametnih gradova uvelike pridonosi sigurnijem, jednostavnijem i ugodnijem životu građana. To omogućuje Internet stvari kao osnova pametnog grada koji se sastoji od niza senzora, čitača i uređaja. Suvremeni gradovi su preslika razine na kojoj se nalazi naša civilizacija, a oni kao takvi, poput iznimno snažnih magneta oko sebe privlače najbolje tehnološke, organizacijske, ljudske i prirodne resurse. Cilj pametnih gradova je ujediniti duh i pamet onih koji u njemu žive i učiniti ga mjestom za život sretnih i zadovoljnih građana.

Ovaj rad je trebao dati odgovor na određena istraživačka pitanja. Prvo pitanje se odnosi na definiciju Interneta stvari odnosno "što je zapravo internet stvari?", a jedna od definicija je ta da Internet stvari pruža povezanost svakoga sa svime u bilo kojem trenutku i u bilo koje vrijeme. (str. 11)

Drugo pitanje se odnosi na funkcioniranje interneta stvari. Internet stvari koristi povezane senzore i uređaje za prikupljanje ogromnih količina podataka. Na taj način se može raditi analiza i donositi relevantni zaključci. S obzirom da se prikuplja velika količina podataka treba postojati određena arhitektura (str. 11.), ali i tehnologija kojom se povezivaju i komuniciraju ti senzori i uređaji.(str. 18.)

Internet stvari pomoću različitih senzora prikuplja podatke, sljedeće pitanje se odnosi na vrste senzora. Postoji mnogo različitih vrsta senzora, a svaki od njih služi za prikupljanje različitih vrsta podataka. S obzirom na to imamo senzore za topline, buku, vlagu, pokret,… i sl. (str. 12.)

Nadalje, Internet stvari nailazi na mnoge primjene i utječe na razvoj gradova. Ključni cilj je gradovima pružiti cjelovitu platformu za upravljanje, tako da lokalne uprave i građani dobiju najveću vrijednost. Poilazi se od ideje da se moderniziraju postojeće javne usluge. Pruža gradovima bolju kontrolu i pregled stanja te im omogućuje mnoge uštede. (str. 26.)

Sljedeće pitanje se odnosi na primjenu u Hrvatskoj. Hrvatska polako počinje usvajati pametna rješenja. Nešto više od 40 gradova, od ukupno 128, koristi pametna rješenja. Najbolji primjer za prikaz primjene u Hrvatskoj je Dubrovnik kao grad koji trenutno najviše ulaže u pametna rješenja i ima najviše projekata. (str. 34.)

Zadnja istraživačka pitanja se odnose na javnu rasvjetu kao jednu od primjena Interneta stvari i njen utjecaj na grad i ljude. Prema gradovima, javna rasvjeta predstavlja jednu od najvrijednijih dijelova imovine koje treba održavati i kontrolirati. Javna rasvjeta ceste čini sigurnijima, javne površine atraktivnijima te povećavaju sigurnost kuća, poslovnih objekata i gradskih centara. Implementacija pametne javne rasvjete i njeno umrežavanje donosi gradovima velike uštede i smanjuje zagađenje okoliča. Još jedna velika prednost je što se postojeća infrastruktura javne rasvjete može i treba integrirati sa različitim senzorima za kontrolu i komunikaciju što omogućava različite primjene. Pruža idealnu rasprostranjenost senzora po gradu za optimalno prikupljanje podataka. (str. 36.)

Internet stvari čini grad izvorom, a ujedno i pružateljem informacija. Pronalazi se niz primjena Interneta stvari u okviru rješenja za pametne gradove. Jedna od tih je opisana u ovom radu, a odnosi se na pametnu javnu rasvjetu. Javna rasvjeta naizgled nije toliko bitna, ali je upravo suprotno. Pametna rasvjeta mijenja način na koji gradovi gledaju na javnu rasvjetu. Prelazak na pametnu javnu rasvjetu pridonosi velikim uštedama u energiji i novcu. Uz te uštede gradu se pružaju značajne koristi koje mogu povećati zadovoljstvo građana i smanjiti zagušenost te omogućiti izvore za zaradu.

Tehnologija napreduje iz dana u dan pa tako stvari postaju manje, pametnije, jeftinije. Većina stvari će se u budućnosti raditi brže i jeftinije bez lokacijskih ograničenja i to sve uz pomoć Interneta stvari. Internet stvari će u budućnosti naći široku primjenu jer se svaki moderni uređaj radi s mogućnosti spajanja na bežičnu mrežu, a potreba za komunikacijom između uređaja biti će sve veća.

Svijet je ovisan o Internetu kao mreži svih mreža pa tako i tehnologiji koja je povezana na tu mrežu, stoga je potrebno prihvatiti sve inovacije i novu tehnologiju koja nam pruža različite mogućnosti, a koja, naravno, ima i određene mane koje se prvenstveno odnose na sigurnost i privatnost. Budućnost Interneta stvari ne poznaje granice.

SAŽETAK

Rad daje prikaz koncepta pametnih gradova sa fokusom na Internet stvari. Arhitektura Interneta stvari je opisana kako bi se shvatio koncept rada. Također su prikazani i opisani senzori koji se koriste te tehnologija koja se najčešće koristi za povezivanje i komuniciranje. Internet stvari se susreće sa mnogim izazovima pa su oni glavni opisani u radu. Široka primjena i ubrzan rast i razvoj tehnologije traži preispitivanje i revidiranje sigurnosti pa je dan pregled sigurnosg aspekta. U današnje vrijeme Interent stvari ima široku primjenu u gospodarstvu, u radu je prikazana primjena u pametnoj javnoj rasvjeti kao jedne od temeljnih koja se ne odnosi samo na rasvjetu. U budućnosti, sve što može biti povezano povezat će se te biti dostupno bilo kada i bilo gdje. Budućnost Interneta stvari ne poznaje granice.

Ključne riječi: Internet stvari, Izazovi Interneta stvari, Primjena Interneta stvari, Javna rasvjeta, Pametna rasvjeta, Pametni gradovi

SUMMARY

The thesis gives a basic overview of the concept of a smart city with a focus on Internet of Things. Architecture was mentioned in order to understand the principle of work. Sensors that are used and most commonly used technology to connect and communicate with each other are listed and described. Internet of Things faces a lot of challenges so main ones are described. Wide application and rapid development of technology looks for a reassessment and questioning of security, so a review of the Internet of Things security is given. Nowadays, IoT is widely used in the economy, and the thesis presents application in smart street lighting as one of the fundamental applications that is not just about lighting. In the future, everything that can be connected will be connected and available anytime, anywhere. The Future of the Internet has no limits.

Key words: Internet of Things, IoT challenges, IoT applications, Street lighting, Smart lighting, Smart city

LITERATURA

ČLANCI

1. Rayes, Ammar & Salam, Samer. (2017). The Things in IoT: Sensors and Actuators. 57-77. https://www.researchgate.net/publication/309376014_The_Things_in_IoT_Sensors_and_Actuators
2. Jonathan Holdowsky, Monika Mahto, Michael E. Raynor, Mark Cotteleer, "Inside the Internet of Things (IoT)" *2015 Deloitte University Press* https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/iot-primer-iot-technologies-applications/DUP_1102_InsideTheInternetOfThings.pdf
3. Albrecht Schmidt, Uni Karlsruhe, Kristof Van Laerhoven, Starlab Research, How to Build Smart Appliances? 2001 *IEEE Personal Communications* http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.443.354&rep=rep1&type=pdf
4. K. S. Yeo, M. C. Chian, T. C. Wee Ng and D. A. Tuan, "Internet of Things: Trends, challenges and applications," *2014 International Symposium on Integrated Circuits (ISIC)*, Singapore, 2014, pp. 568-571 https://ieeexplore.ieee.org/document/7029523/
5. Tulasi.B, Girish J Vemulkar, "Blending Iot And Big Data Analytics" 2016 International Journal Of Engineering Sciences & Research Technology
6. C. Zhu, V. C. M. Leung, L. Shu and E. C. H. Ngai, "Green Internet of Things for Smart World," in *IEEE Access*, vol. 3, pp. 2151-2162, 2015 https://ieeexplore.ieee.org/document/7317502/
7. L. Sumi and V. Ranga, "Sensor enabled Internet of Things for smart cities," *2016 Fourth International Conference on Parallel, Distributed and Grid Computing (PDGC)*, Waknaghat, 2016, pp. 295-300 https://ieeexplore.ieee.org/document/7913163/
8. Jia, Xiaolin & Feng, Quanyuan & Fan, Taihua & Lei, Quanshui. (2012). RFID technology and its applications in Internet of Things (IoT). 2012 2nd International Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks, CECNet 2012 - Proceedings

https://www.researchgate.net/publication/254032690_RFID_technology_and_its_applications_in_Internet_of_Things_IoT

9. Sarawi, Shadi & Anbar, Mohammed & Alieyan, Kamal & Alzubaidi, Mahmood. (2017). Internet of Things (IoT) Communication Protocols https://www.researchgate.net/publication/320614944_Internet_of_Things_IoT_Communication_Protocols_Review
10. Majumder, Alak & Ghosh, Shirsha & Goswami, Joyeeta & Bhattacharyya, Bidyut. (2017). NFC in IoT-Based Payment Architecture. https://www.researchgate.net/publication/320454483_NFC_in_IoT-Based_Payment_Architecture
11. A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista and M. Zorzi, "Internet of Things for Smart Cities," in *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 22-32, Feb. 2014 https://ieeexplore.ieee.org/document/6740844/#full-text-section
12. M. Weber, D. Lučić and I. Lovrek, "Internet of Things context of the smart city," *2017 International Conference on Smart Systems and Technologies (SST)*, Osijek, 2017, pp. 187-193 https://ieeexplore.ieee.org/document/8188693/
13. R. Khan, S. U. Khan, R. Zaheer and S. Khan, "Future Internet: The Internet of Things Architecture, Possible Applications and Key Challenges," *2012 10th International Conference on Frontiers of Information Technology*, Islamabad, 2012, pp. 257-260 https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6424332/
14. Dijana Capeska Bogatinoska; Reza Malekian; Jasna Trengoska; William Asiama Nyako, "Advanced sensing and internet of things in smart cities" 2016 https://ieeexplore.ieee.org/document/7522218/
15. Rolf H. Weber, "Internet of Things – New security and privacy challenges," 2010 *Computer Law & Security Review 26* (2010) 23–30 https://pdfs.semanticscholar.org/9d65/08a44e957d837490d69936db5a211432a411.pdf
16. S. M. Babu, A. J. Lakshmi and B. T. Rao, "A study on cloud based Internet of Things: CloudIoT," *2015 Global Conference on Communication Technologies (GCCT)*, Thuckalay, 2015, pp. 60-65

https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7342624/

17. H. N. Saha, N. Saha, R. Ghosh and S. Roychoudhury, "Recent trends in implementation of Internet of Things — A review," *2016 IEEE 7th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON)*, Vancouver, BC, 2016, pp. 1-6
https://ieeexplore.ieee.org/document/7746345/
18. Sachin Babar, Parikshit Mahalle, Antonietta Stango, Neeli Prasad, Ramjee Prasad, "Proposed Security Model and Threat Taxonomy for the Internet of Things (IoT)" 2010 International Conference on Network Security and Applications
https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-14478-3_42
19. H. Suo, J. Wan, C. Zou and J. Liu, "Security in the Internet of Things: A Review," *2012 International Conference on Computer Science and Electronics Engineering*, Hangzhou, 2012, pp. 648-651
https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6188257/
20. Dlodlo, Nomusa, and Josephat Kalezhi. "The internet of things in agriculture for sustainable rural development." Emerging Trends in Networks and Computer Communications (ETNCC), 2015 International Conference on. IEEE, 2015.
https://www.researchgate.net/profile/Nomusa_Dlodlo/publication/277713549_The_Internet_of_Things_in_Agriculture_for_Sustainable_Rural_Development/links/5571476408aedcd33b29362a.pdf
21. Bandyopadhyay, Debasis, and Jaydip Sen. "Internet of things: Applications and challenges in technology and standardization." Wireless Personal Communications 58.1 (2011): 49-69.
https://arxiv.org/pdf/1105.1693.pdf
22. Lazarescu, Mihai T. "Design of a WSN platform for long-term environmental monitoring for IoT applications." IEEE Journal on emerging and selected topics in circuits and systems 3.1 (2013): 45-54.
https://core.ac.uk/download/pdf/11432703.pdf

23. Bhide, Vishwajeet H. "A survey on the smart homes using Internet of Things (IoT)." International journal of advance research in computer science and management studies 2.12 (2014): 243-246.
http://ijarcsms.com/docs/paper/volume2/issue12/V2I12-0005.pdf
24. S. P. Mohanty, U. Choppali and E. Kougianos, "Everything you wanted to know about smart cities: The Internet of things is the backbone," in *IEEE Consumer Electronics Magazine*, vol. 5, no. 3, pp. 60-70, July 2016.
https://ieeexplore.ieee.org/document/7539244/
25. G. K. Shyam, S. S. Manvi and P. Bharti, "Smart waste management using Internet-of-Things (IoT)," 2017 2nd International Conference on Computing and Communications Technologies (ICCCT), Chennai, 2017, pp. 199-203.
https://ieeexplore.ieee.org/document/7972276/
26. Background information on Smart City initiatives in Croatia (2018), Ministarstvo vanjskih poslova, Commissioned by the Netherlands Enterprise Agency
https://www.rvo.nl/sites/default/files/2018/07/background-information-on-smart-city-initiatives-in-croatia.pdf
27. A. Šarić, B. Mihaljević and K. Marasović, "Making a smart city even more intelligent using emergent property methodology," 2017 40th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), Opatija, 2017, pp. 1005-1010
https://ieeexplore.ieee.org/document/7973571/
28. M. Castro, A. J. Jara and A. F. G. Skarmeta, "Smart Lighting Solutions for Smart Cities," 2013 27th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops, Barcelona, 2013, pp. 1374-1379.
https://ieeexplore.ieee.org/document/6550587/
29. Amel Džanić, "izazovi i prepreke sa kojima se susreće internet stvari" 2017, 11th International Scientific Conference on Production Engineering: DEVELOPMENT AND MODERNIZATION OF PRODUCTION

https://tfb.ba/repozitorij/2/RIM/RIM2017/41-Amel%20Dzanic-IZAZOVI%20I%20PREPREKE%20SA%20KOJIMA%20SE%20SUSRECE%20INTERNET%20STVARI.pdf

30. Richelle Elberg, Eric Woods, "Smart Street Lighting as a Smart City Platform-Applications and Connectivity Best Practices" 2017 https://www.echelon.com/assets/blt339a50e1c88306c2/Navigant%20Research-Echelon%20Smart%20Street%20Lighting%20White%20Paper%20-%20Full%20Report.pdf
31. Pethuru Raj, Anupama C. Raman, "The Internet of Things: Enabling Technologies, Platforms, and Use Cases" 1st Edition, 2017 https://www.kahkeshan.com/Source/introduceBook/67401f1d-d985-42eb-9c11-bd8d17953b96
32. X. Xiaohui, "Study on Security Problems and Key Technologies of the Internet of Things," 2013 International Conference on Computational and Information Sciences, Shiyang, 2013, pp. 407-410. https://ieeexplore.ieee.org/document/6643029/
33. Lighting Council Australia, "Discussion Paper: Smart street lighting in Australia" 2016 https://www.ipwea.org/HigherLogic/System/DownloadDocumentFile.ashx?DocumentFileKey=a10df9a7-8a71-b2e9-1dd4-5c35da51b82d

WEB MJESTA

34. Smart City project in Serbia for environmental monitoring by Public Transportation http://www.libelium.com/smart_city_environmental_parameters_public_transportation_waspmote/ (Pristupljeno 06.09.2018)
35. Smart Parking project in Montpellier to relieve traffic congestion and reduce car parking search http://www.libelium.com/smart-parking-project-in-montpellier-to-relieve-traffic-congestion-and-reduce-car-parking-search/ (Pristupljeno 06.09.2018)

36. Libelium enables Smart Logistics offering Realtime Tracking and Sensing of Goods http://www.libelium.com/smart-logistics-realtime-geolocation-3g-gps-gprs-tracking-sensing-goods/ (Pristupljeno 06.09.2018)
37. Cold Chain Monitoring and Smart Tracking in Zaragoza http://www.libelium.com/cold-chain-monitoring-smart-tracking-zaragoza/ (Pristupljeno 06.09.2018)
38. Top Smart City Projects & Leaders To Watch https://apiumhub.com/tech-blog-barcelona/smart-city-projects-leaders-barcelona/ (Pristupljeno 06.09.2018)
39. How LA is now saving $9M a year with LED streetlights and converting them into EV charging stations https://www.techrepublic.com/article/how-la-is-now-saving-9m-a-year-with-led-streetlights-and-converting-them-into-ev-charging-stations/ (Pristupljeno 06.09.2018)
40. https://apiumhub.com/tech-blog-barcelona/smart-city-projects-leaders-barcelona/ (Pristupljeno 06.09.2018)
41. https://waymo.com/tech/ (Pristupljeno 06.09.2018)
42. http://senseable.mit.edu/skycall/ (Pristupljeno 06.09.2018)
43. The Business Case for Smart Street Lights, http://www.iitmicrogrid.net/microgrid/pdf/csmart/SilverSpring-Whitepaper-Smart-Street-Light-Bizcase.pdf?iframe=true&width=980&height=780 (Pristupljeno 07.09.2018)
44. Smart Street Lights for Brighter Savings and Opportunities https://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/solution-briefs/smart-street-lights-for-brighter-savings-solutionbrief.pdf (Pristupljeno 07.09.2018)
45. How 3,000 streetlights turned San Diego into America's smartest city https://www.digitaltrends.com/cool-tech/how-3000-streetlights-turned-san-diego-into-americas-smartest-city/ (Pristupljeno 08.09.2018)
46. San Diego to Cover Half the City with Intelligent Streetlights http://www.govtech.com/fs/San-Diego-to-Cover-Half-the-City-with-Intelligent-Streetlights.html (Pristupljeno 08.09.2018)
47. Los Angeles Completes World's Largest LED Street Light Retrofit

https://www.forbes.com/sites/justingerdes/2013/07/31/los-angeles-completes-worlds-largest-led-street-light-retrofit/#19198fc1f6ec (Pristupljeno 08.09.2018)

48. The top 10 smart street lighting vendors https://enterpriseiotinsights.com/20180723/channels/fundamentals/the-top-10-smart-street-lighting-vendors-tag40-tag99 (Pristupljeno 10.9.2018)
49. Global LED and Smart Street Lighting: Market Forecast (2017 – 2027) https://c.ymcdn.com/sites/www.naepnet.org/resource/resmgr/publications/Telensa_Northeast_Smart_LED_.pdf (Pristupljeno 10.9.2018)
50. Internetske stvari: pravni problemi i dileme http://pravoikt.org/internet-stvari-pravni-problemi-dileme/ (Pristupljeno 11.9.2018)

POPIS SLIKA

Slika 1: Vrste senzora 15

Slika 2: Prikaz rada senzora i aktuatora 16

POPIS TABLICA

Table 1: Primjer troškovnika projekta 37

Table 2: Uštede javne rasvjete u Los Angeles 40

Table 3: Kumulativne investicije u LED i pametnu rasvjetu 41