

Stvaranje pametnog grada izgradnjom mreže osjetila

Ćorak, Vedran

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:448057>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-19**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Vedran Ćorak

**STVARANJE „PAMETNOG GRADA“ IZGRADNJOM
MREŽE OSJETILA**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2020.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

STVARANJE „PAMETNOG GRADA“ IZGRADNJOM MREŽE OSJETILA

DEVELOPMENT OF SMART CITY USING SENSOR NETWORK

Mentor: doc. dr. sc. Mario Muštra

Student: Vedran Ćorak
JMBAG: 0135228395

Zagreb, rujan 2020.

Zagreb, 31. ožujka 2020.

Zavod: **Zavod za informacijsko komunikacijski promet**
Predmet: **Mobilni komunikacijski sustavi**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 5788

Pristupnik: **Vedran Ćorak (0135228395)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Informacijsko-komunikacijski promet**

Zadatak: **Stvaranje pametnog grada izgradnjom mreže osjetila**

Opis zadatka:

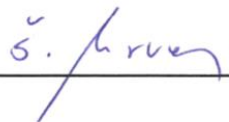
Objasniti pojam pametnog grada i potkrijepiti primjerima implementaciju informacijsko-komunikacijskih tehnologija u pametnim gradovima. Navesti i opisati senzorske tehnologije koje se koriste u pametnim gradovima. Objasniti pojmove umrežene infrastrukture i njihovog utjecaja na mobilnost. Prikazati prijedlog unaprjeđenja u zdravstvenom sustavu i nadzoru okoliša u pametnom gradu. Objasniti zahtjeve za energetskom mrežom potrebnom osjetilima u konceptu Internet of Things. Opisati mogućnosti inteligentnog upravljanja i benefita koje njime ostvaruju institucije.

Mentor:



doc. dr. sc. Mario Muštra

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:



STVARANJE „PAMETNOG GRADA“ IZGRADNJOM MREŽE OSJETILA

SAŽETAK

Napretkom znanosti modernog doba na svim područjima, uvjeti ljudskih života postaju sve kvalitetniji. Ukupna ljudska populacija ubrzano raste kao i prosječni životni vijek. Izazovi infrastrukturnog razvoja gradova postaju problem koji se ne može riješiti samo upotrebom dosadašnje tehnike dodavanjem nove. Negativni utjecaj pritiska stalnog rasta očituje se na kvalitetu okoliša, zraka, vode i proizvodnje energije. Pametni grad je koncept pomoću kojeg se može odgovoriti na izazove. Dodavanjem digitalne tehnologije gradskom dinamičnom sustavu moguće je donositi efikasnije odluke, te postići optimalno korištenje resursa.

KLJUČNE RIJEČI: Pametan grad, informacijsko komunikacijska tehnologija, osjetila

DEVELOPMENT OF SMART CITY USING SENSOR NETWORK

SUMMARY

With the advancement of modern science in all fields, the conditions of human life have become increasingly high quality. The total human population is growing rapidly as is the average life expectancy. The challenges of infrastructural development of cities are becoming a problem that cannot be solved only by using the current technique by adding a new one. The negative impact of the pressure of constant growth is reflected in the quality of the environment, air, water and energy production. A smart city is a concept that can be used to respond to challenges. By adding digital technology to the city's dynamic system, it is possible to make more efficient decisions and achieve optimal use of resources.

KEY WORDS: Smart city, information and communication technology, sensors

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. RAZVOJ GRADOVA KROZ PROŠLOST	3
2.1. Prva industrijska revolucija	4
2.2. Druga industrijska revolucija	5
2.3. Treća industrijska revolucija	6
2.4. Četvrta industrijska revolucija	10
3. RAZVOJ PAMETNIH GRADOVA	14
3.1. Senzorske tehnologije pametnih gradova.....	15
3.2. NB-IOT	16
3.3. LoRa.....	17
3.4. Bluetooth.....	18
4. ENERGETSKA MREŽA OSJETILA	19
5. UMREŽENA INFRASTRUKTURA I MOBILNOST.....	23
6. ZDRAVSTVENI RAZVOJ I NADZOR OKOLIŠA	27
7. INTELIGENTNO UPRAVLJANJE I INSTITUCIJE	29
8. ZAKLJUČAK.....	31
LITERATURA.....	32
POPIS SLIKA.....	34

1. UVOD

Gradovi generiraju ogroman broj podataka i trenutno čine dom za više od pola svjetske populacije. Istraživanja su pokazala da se tendencija rasta stanovništva nastavlja do 2050. godine uz još 2.5 milijardi ljudi gdje će 70% ukupne populacije živjeti u gradskim područjima.

Izazovi koji pritišću okolinu i infrastrukturu mogu se poboljšati primjenom informacijsko komunikacijske tehnologije i digitalnih osjetila. Upravljanjem i analiziranjem podataka gradskih segmenata u stvarnom vremenu može se značajno unaprijediti, usmjeriti, oblikovati te efikasnije poboljšati gradska imovina i život stanovnika.

Naziv završnog rada je: Stvaranje „pametnog grada“ izgradnjom mreže osjetila, te se sastoji od sljedećih 8 cjelina:

1. Uvod
2. Gradovi kroz prošlost
3. Razvoj pametnog grada
4. Energetska mreža osjetila
5. Umrežena infrastruktura i mobilnost
6. Zdravstveni razvoj i nadzor okoliša
7. Inteligentno upravljanje i institucije
8. Zaključak.

Drugo poglavlje donosi pregled rasta stanovništva i razvoja gradova kroz prošlost. Zatim će biti opisane tehnologije koje su bile zastupljene kroz pojedine industrijske revolucije te način kako se promijenila proizvodnja i životna svakodnevnica.

Treće poglavlje odnosi se na razvoj pametnih gradova te potrebu strategije plana izgradnje za dugoročni razvoj održivog i cjelovitog koncepta pametnog grada. Opisat će se najveće senzorske tehnologije primijenjene na uređaje internet stvari: NB-Iot, LoRa i Bluetooth.

U četvrtom poglavlju opisana je potreba za električnom energijom, odnosno napredna pametna mreža umreženih pametnih zgrada i tvornica koji nisu više pasivni korisnici električne energije nego imaju mogućnost proizvodnje i prodaje električne struje.

U petom poglavlju opisano je optimiziranje postojeće gradske infrastrukture

korištenjem informacijsko komunikacijskih tehnologija. Prikaza su implementirana rješenja u segmentu parkinga uporabom osjetila.

Šesto poglavlje govori o korištenju informacijsko komunikacijske tehnologije za povećanje ukupne kvalitete života, od medicine, gospodarenja otpadom, upravljanjem parkovima i zelenim površinama, te povećanja sigurnosti kroz inovativni nadzor kupališta.

Sedmo poglavlje donosi pregled ureda kao operacijskog centra koji vodi brigu o sustavu i koordinira potrebna nadležna tijela. Potreba ureda će biti objašnjena kroz aplikaciju Dubrovačko oko.

2. RAZVOJ GRADOVA KROZ PROŠLOST

Povijesno gledano ljudske zajednice možemo dijeliti po vremenskim razdobljima u kojima se određena tehnologija koristila. Ljudsku prapovijest dijelimo na kameno i metalno doba, dok stari, srednji i novi vijek su zasebni radi korištenja sličnih tehnoloških rješenja.

Mnogobrojne okolnosti su utjecale na promjene u omjeru stanovništva između gradskog i ruralnog načina života. Napretkom u tehnologiji, inovacijama te ogromnim rastom gradske populacije dolazi do izmjene omjera te nastanku problema u lancu uzročno posljedične veze velikog sustava kao grad. Porast stanovništva tako prati i veća količina potrošnje energije, iskorištavanje više prirodnih resursa, opterećenje gradskih infrastruktura, itd. Brojna znanstvena istraživanja su dokazala da se od početka prve industrijske revolucije planeta globalno zagrijava i da su ove ubrzane klimatske promjene djelomično nastale djelovanjem ljudskog ponašanja. Na slici 1 prikazan je rast stanovništva kroz povijest i trend rasta za budućnost.

Godina	Broj stanovnika	Gradska populacija %
1500	450 000 000	4.1 %
1600	500 000 000	5.2 %
1700	610 000 000	5.1 %
1804	1 000 000 000	7.3 %
1900	1 600 000 000	16,4 %
1951	2 584 034 261	30 %
1960	3 034 949 748	34%
1970	4 079 480 606	37 %
1980	4 458 003 514	39 %
1990	5 327 231 061	43 %
2000	6 143 493 823	47 %
2010	6 956 823 603	52 %
2020	7 794 798 739	56 %
2030*	8 548 487 400	60 %
2040*	9 198 847 240	65%
2050*	9 735 033 990	70 %

Slika 1. Rast svjetske populacije

Rast gradova prati i niz sekundarnih pojava, kao što su onečišćivanje atmosfere, buka, sve jače izraženo uništavanje prirode, neriješen problem otpada i sl. Rješenje tih problema zahtijeva niz novih tehnoloških dostignuća i ulaganje golemih financijskih sredstava, što nije uvijek moguće osigurati, pa se spomenute poteškoće često produžuju ili javljaju ponovno u još izraženijem obliku.

2.1. Prva industrijska revolucija

Prvom industrijskom revolucijom koja se odvijala krajem 18. i početkom 19. stoljeća dolazi do izuma parnog stroja i naglog razvoja tehnologije. Prva industrijska revolucija nije bila iznenadna niti brza, nego je dugačak i polagani proces tijekom kojega će jednostavni ručni alati biti zamijenjeni složenim strojevima, koji će dramatično povećati produktivnost rada. Promjene su se manifestirale na svim porama tadašnjeg društva.

Prije izuma parnoga stroja za pokretanje alata koristile su se životinje ili snaga vode. Parni stroj omogućio je korištenje novog izvora energije pare, stvarane spaljivanjem ugljena. Britanski izumitelj Thomas Newcomen konstruirao je 1712. godine prvi funkcionalni parni stroj koji je pokretan ugljenom služio za ispumpavanje vode iz rudnika. U širu primjenu parni stroj je ušao tek nakon što je usavršen izumima Jamesa Watta, koji je svoj parni stroj patentirao 1769. g. [1]

U narednim desetljećima transport robe je bilježio ogroman rast, prvenstveno morskih putem i riječnim kanalima uporabom parobroda. Kanali su uskoro zasjenjeni još efikasnijim transportnim rješenjem, a to je bila željeznica. George Stevenson je 1814. godine proizveo prvu parnu lokomotivu "Rocket" i pokrenuo razvoj željeznice. Željeznička pruga nije morala pratiti tok rijeka, što je značilo da se roba željeznicom može dostaviti na bilo koje mjesto, pa je ta činjenica bila ključna u davanju prednosti željeznici pred kanalima. Najvažnija sirovina tog razdoblja bio je ugljen, kojim su se pokretali svi parni strojevi, a bio je nezamjenjiv i u proizvodnji željeza bez kojeg bi bilo nemoguće konstruirati parne strojeve, ali i sve ostale strojeve i alate.

Seljaci umjesto ručnih poslova primjenjuju strojnu uporabu i uz pomoć dostignuća na području kemije i stvaranjem umjetnog gnojiva dolazi do višestrukog povećanja proizvodnje hrane. Smatra se da je 1700. godine 80% engleskog stanovništva živjelo direktno od poljoprivrede, a da je oko 1800. g., taj postotak pao na 40%. Takvi podaci ukazuju da je masivno napuštanje poljoprivrede bilo moguće zbog naglog povećanja efikasnosti proizvodnje hrane te reducirane količine potrebnog rada.

Vjerojatno najvidljiviji učinak industrijske revolucije bila je ubrzana urbanizacija, odnosno masovno preseljenje stanovništva u gradove. Gotovo preko noći mala naselja smještena u blizini nekog nalazišta ugljena ili željezne rude, postajali su veliki gradovi. Veći industrijski gradovi nastajali su i oko tvorničkih pogona koje su poduzetnici podizali u nekada

¹ Smith A. Bogatstvo naroda istraživanje prirode i uzroka bogatstva naroda. Zagreb: Masmedia; 2007

malim trgovačkim naseljima. Dobar je primjer nekadašnje malo trgovačko naselje, Manchester, koji je oko 1750. brojio oko 17.000 stanovnika, a naglim razvojem tekstilne industrije u samo par desetljeća broj stanovnika će skočiti na 70.000 (1800. g.), 303.382 (1851. g.), 543.872 (1901. g.). [2] Negativna strana u industrijskim gradovima je bila pojava nezdrave atmosfere, loša kvaliteta zraka i smog.

2.2. Druga industrijska revolucija

Druga ili Tehnološka industrijska revolucija dogodila se u periodu između 1870. i 1914. godine. U Sjedinjenim Američkim Državama otkriven je 1859. g. prvi izvor nafte. Od tada će nafta postupno postati najvažniji izvor pogonske energije u svijetu.

Značajnu ulogu u industrijalizaciji nafte i samim time ubrzanom razvitku SAD-a u svjetsku velesilu odigrao je proslavljeni Hrvat Anton Lučić (Anthony Francis Lucas) koji je rođen u Splitu, a školovanje je završio na Politehničkom fakultetu u Gratz-u. Nakon završenog fakulteta i pozicije časnika u Austro-ugarskoj mornarici odlazi u posjet ujaku u SAD. Odlučio je ostati živjeti i zaposliti se u drvenoj industriji, zatim se okušao u potrazi za zlatom i kamenom soli kao upravitelj rudarstva. Iskustvom i znanjem postavlja teoriju nakupljanja nafte u zamkama kraj rubova solnih doma na velikim dubinama. 10.1.1901 na dubini od 370 metara hidraulično svrdlo je pokrenulo erupciju prirodnog plina i sirove nafte koja je dosezala visinu 60 metara u zrak sljedećih 9 dana što je potaklo izgradnju ogroman broj crpki kapaciteta od oko 100 000 barela nafte dnevno.[3]

Godine 1879. američki izumitelj Thomas Alva Edison napravio je prvu električnu žarulju. U SAD-u je radio hrvatski iseljenik Nikola Tesla koji je 1887. g. izumio motor na izmjeničnu struju

Taj je motor osnova današnje pogonske elektrotehnike. Teslin pronalazak višefaznih struja i transformatora koji stvaraju struju visokog napona omogućio je jeftino prenošenje električne energije na velike udaljenosti i njezinu masovnu primjenu.[4]

Otkrića elektromotora, dalekovodne mreže visokoga napona i trofazne struje omogućila su široku primjenu električne energije u industriji, a razvoj kemijske industrije i pojava motora s unutarnjim izgaranjem doveli su do naglog razvoja petrokemijske industrije goriva za cestovni promet.

² <https://www.britannica.com/place/Manchester-England>

³ http://www.croatianhistory.net/etf/antun_lucic_info.html

⁴ https://hr.wikipedia.org/wiki/Druga_industrijska_revolucija

Iz slike 1. u razdoblju prve industrijske revolucije primjećuje se rast broja stanovnika te rast populacije koji žive u urbanom području.

2.3. Treća industrijska revolucija

Treća industrijska revolucija ili digitalna revolucija predstavlja promjenu s analogno mehaničkih i elektronskih tehnologija na digitalnu tehnologiju i označava početak razdoblja informacija.

Godine 1947. William Shockley izumio je tranzistor, za što je dobio Nobelovu nagradu iz fizike. U analognim sklopovima tranzistori se primjenjuju ponajprije za pojačanje električnih signala, a u digitalnim sklopovima kao upravljačke sklopke. Osnovni je tvorni element mnogih elektroničkih sklopova, integriranih krugova i elektroničkih računala i vodi prema naprednijim digitalnim računalima.[5]

Gordon Moore, opažanjem je ustanovio da se broj tranzistora udvostručuje otprilike svake dvije godine. Moorovim zakonom iz 1965. godine predstavlja i pokretačku snagu tehnoloških i društvenih promjena i ekonomski rast ukupnog svjetskog gospodarstva.

U 1950-im i 1960-im, vojska, vlada i druge organizacije imale su svoje kompjutorske sustave.

Prvo komercijalno kućno računalo Honeywell H316 proizvela je američka tvrtka Honeywell, 1969. godine sa cijenom od \$10.000 doživio je potpuni neuspjeh na tržištu zbog preskupe cijene ali i tada ne prihvaćenosti same ideje u kućanstvima.

Prva kućna računala su velikim mahom počela izlaziti od 1977. godine na tržištu SAD-a od tvrtki Commodore, Apple i Tandy.

Digitalna revolucija je uzela maha 1980ih gdje je počela masovna uporaba kompjutera za osobnu upotrebu i za rad mnogih neophodnih poslova. Računalo Commodore 64 plasirano je u prodaju 1982. godine, do 1994. godine se navodi kao najprodavanije računalo svih vremena sa oko 17 milijuna prodanih primjeraka.[6]

Prvi uspostavljeni telefonski poziv napravio je Alexander Graham Bell-a nakon što je patentirao telefon. 1876. godine. Nakon nekoliko manjih unaprjeđenja tadašnje prve osnove, telefon se tek zahvaljujući izumom tranzistora 1947. godine počeo modernizirati lakšom i naprednijom opremom koja je poboljšala svojstva i uvela razne „pametne“ značajke kao

⁵ <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=62073>

⁶ <https://computer.howstuffworks.com/10-most-popular-computers-in-history10.htm>

automatsko ponovno biranje, identifikacija broja poziva, bežični prijenos i prikaz vizualnih podataka.[7]

Interesantna činjenica da je tranzistor izumljen u kompaniji Bell Telephone Laboratories koja se bavi istraživanjem znanstvenog razvoja. Osnove kompanije je postavio sam Alexander Graham Bell, a danas je kompanija u vlasništvu Finske Nokia.

Izum mobilnog telefona pripisuje se dr. Martinu Cooperu, inženjeru iz Motorole.[8] Motorola DynaTAC 8000x prvi je mobitel na svijetu nalik današnjim modelima, s komercijalnim radom je započeo 1983. godine s tržišnom cijenom od gotovo 4000 američkih dolara. Prvi mobitel na svijetu imao je LED display na kojem je mogao prikazati do sedam znakova. Punjenje baterije trajalo je oko deset sati, a nakon tako dugog vremena punjenja baterija je omogućavala samo 30 minuta razgovora, masa telefona iznosila je 790 grama.

Mobilni telefon nastao je iz deset godina starijeg modela Motorola DynaTAC, koji je predstavljen 3. travnja 1973. godine. Prototip iz 1973. godine imao je masu 1,1 kg, dimenzija 22,86 cm visine, 12,7 cm dubine, 4,44 cm širine uz vrijeme trajanje razgovora 20 minuta dok je vrijeme punjenja baterije iznosilo 20 sati. Međutim, ovaj je uređaj koristio analognu komunikaciju.

Prva digitalna mobilna mreža nazvana GSM (*Global system for mobile communications*) pokrenuta je u Finskoj 1991. godine, a uskoro se počela širiti na ostatak Europe. Osim osjetno poboljšane kvalitete zvuka i općenito poziva, GSM tehnologija je donijela i dodatne servise, kao što je SMS (*Short message service*), sistem za slanje tekstualnih poruka između mobilnih uređaja.

Uz mogućnost spajanja na Internet, GPRS (eng. *General Packet Radio Service*) je kasnije omogućio i korištenje MMS (*Multimedia Messaging Service*) poruka, što je označilo početak razmjene multimedijalnih sadržaja.

Uslijedila su daljnja tehnička unaprjeđenja standarda širokopojasne mreže, UMTS (engl. *Universal Mobile Telecommunications System*) je sustav treće generacije (3G) za paketni prijenos teksta, digitaliziranog glasa, videa i multimedijalnih sadržaja brzinama prijenosa do 2 megabita u sekundi (Mbit/s). Prvi puta uveden u Japanu 2001. godine, te je standardiziran u Europi i ostatku svijeta dvije godine nakon čime je započelo doba mobilnog interneta. Omogućeno je i pružanje naprednijih usluga kao što su video pozivi, telekonferencije, IPTV

⁷ <https://www.britannica.com/technology/telephone#ref279893>

⁸ <https://www.portofon.com/testovi/prvi-mobitel-svijetu-motorola-dynatac-8000x>

(*Internet Protocol Television*) te je uslijedio rapidan razvoj u proširivanju mogućnosti mobilnih telefona u narednim godinama.

Prvi Apple iPhone mobilni uređaj izašao je 2007. godine, dok je prvi mobilni uređaj na Android platformi 2008. godine bio HTC Dream.

Još napredniji standardi 4G - LTE (engl. *Long Term Evolution*) postigli su mnogo veći kapacitet u prijenosu informacija, zahvaljujući novim modulacijskim tehnikama. Predstavljeni standard 2009. godine omogućavao je teorijsku brzinu do 100 Mbit/s skidanja (eng. *download*) i 50 Mbit/s postavljanja (eng. *upload*) omogućujući gledanje HDTV (eng. *High Definition Television*) i 3D TV na mobilnim uređajima. 4G je potaknuo razvoj novih aplikacija, igrice, unaprjeđenja tehničkih specifikacija kao grafike, memorijskog prostora te procesora u mobilnim terminalnim uređajima.

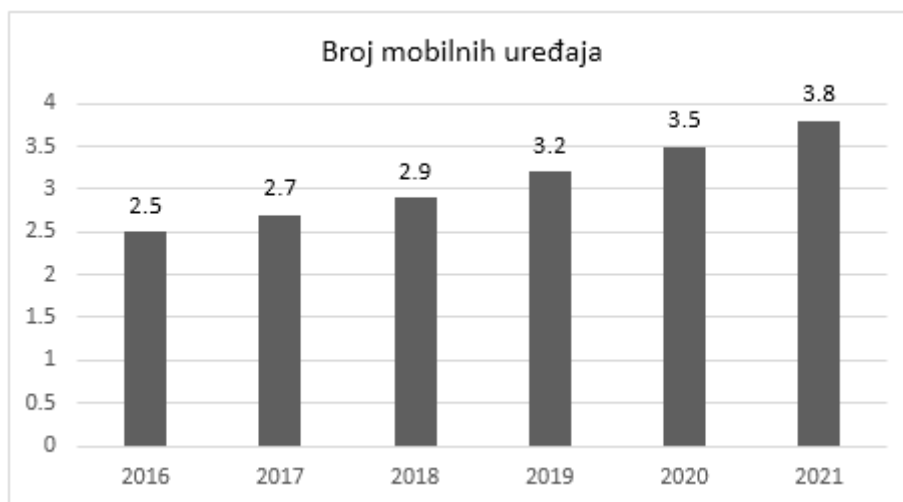
U modernim pametnim telefonima integrirano je i mnoštvo osjetnih uređaja (eng. *sensors*). Osjetilo je uređaj koji otkriva i upravlja promjenama u obližnjem okruženju i šalje te podatke operativnom sustavu ili procesoru. Osjetilo je dakle instrument koji mjeri fizikalnu veličinu i pretvara ju u signal pogodan za daljnju obradu.

Neki od osjetila koji se mogu pronaći u pametnim telefonima su akcelerometar, žiroskop, termometar, barometar, kompas, kamera, GPS (eng. *Global Position System*), mikrofoni, pedometar, razni uređaji za kao što su za mjerenje otkucaja srca, vlage, otiska i osobnog prepoznavanje lica i prstiju, također i osjetilo ekrana na dodir (eng. *Touchscreen*) kojeg ćemo pronaći većini današnjih mobilnih terminalnih uređaja.

Najnoviji standard mobilne mreže koji se počeo s implementacijom 2019. godine ima do 1000 puta veću brzinu prijenosa informacije od prijašnjeg standarda četvrte generacije. Osim brzine 5G mreža imat će veću efikasnost, veću pouzdanost mreže te mogućnost spajanja do milijun uređaja na površini jednog kvadratnog kilometra. No za sad, trenutno za većinu korisnika usluge spajanja na internet 5G mrežu nije potrebna.

Uz smanjenje kašnjenja signala i super brzinu koja dolazi neće biti osjetne razlike i potrebe u prosječnom radu aplikacijama i zabavi. Međutim 5G tehnologija otvara vrata ekonomiji četvrte industrijske revolucije. Na slici 2 prikazan je rast mobilnih uređaja (u milijardama).[9]

⁹ <https://www.statista.com/statistics/330695/number-of-smartphone-users-worldwide/>



Slika 2. Rast mobilnih uređaja

WWW (eng. *Word Wide Web*: svjetska mreža) razvijen je 1989. godine od kolega Tim Berners-Lee-a i Robert Cailliau-a kako bi suradnicima švicarskog istraživačkog instituta CERN kraj Ženeve olakšali korištenje mnoštva podataka okupljenih na računalima tog instituta. Svjetska mreža je postala javno dostupna 1991. godine samo vladama država i sveučilištima. Široka javna uporaba uslijedila je 1993. godine kada je razvijen mrežni preglednik Mosaic, koji je omogućavao i prikaz slika te je bio osnova za kasnije preglednike kao što je Internet Explorer.

Korištenje Interneta u nekoliko godina se brzo proširilo. Zahvaljujući multimedijalnosti i interaktivnosti, prerastao je u sasvim novi medij komunikacije. Ima dalekosežne posljedice u svakidašnjem životu ljudi, omogućujući im trenutačni pristup gotovo svim zamislivim vrstama informacija, online kupovinu ili bankarstvo iz svojega doma ili ureda i sl., ali i sasvim nove vrste društvenog ophođenja, kroz različite oblike vrste koje su blog, forum, chat, društveno umrežavanje i dr. Svjetska mreža se je jedan od vodećih medija današnjice, i dalje se razvija.[10]

Razvoj i unaprjeđenje digitalnih tehnologija eksponencijalno, porastao je prvenstveno nakon svjetske mreže. Na kraju osamdesetih godina manje se od 1% podataka svjetske tehnologije zabilježilo u digitalnom obliku, dok je digitalni zapis dosegno 94% u 2007. godini te od 2014. godine više od 99% svjetske tehnologije je u digitalnom formatu. Godina kada je čovječanstvo bilo u mogućnosti pohraniti više podataka digitalno nego analogno je 2002. godina, te se uzima u literaturi kao „početak digitalnog doba“.[11] Neki od

¹⁰ <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=66413>

¹¹ <http://www.historyofinformation.com/detail.php?id=3846>

primjera pretvorene tehnologije su gramofonske ploče u CD i mp3 oblik, VHS kazete u DVD format, analogno u digitalno emitiranje, pisaću mašinu u pisač (engl. printer), obična pošta u elektronsku poštu, analogne fotografije u digitalne, knjige u digitalni oblik, javne telefonske govornice u mobilnu digitalnu tehnologiju itd.

Digitalna revolucija nikada nije bila vezana samo uz tehnologiju već i uz ljude i način na koji ona utječe na njihov svakodnevni život. To je također dovelo do rasprostranjene tranzicije telekomunikacija stvarajući inovativne načine rada i druženja. Digitalna revolucija potpuno je transformirala način na koji se informacije raspršuju diljem različitih područja svijeta, omogućavajući i tvrtkama da prijeđu s nacionalnih tržišta na međunarodna, povećavajući mrežnu međusobnu povezanost svijeta, online trgovinu i općenito globalizacijski proces.

2.4. Četvrta industrijska revolucija

Ekonomija četvrte industrijske revolucije je programerska, bazirana na visoko inteligentnoj tehnologiji. Da bi se industrijska revolucija 4.0 mogla pokrenuti, potrebno je ispuniti određene preduvjete. Ponajprije treba postojati politička odluka, to jest upućenost i odlučnost u tematiku. Zatim moderne obrazovno edukacijske institucije i osoblje koji će podučavati visoko kvalificirane ljude, cjeloživotno obrazovanje, razvijen IT sektor, centri za znanstveno istraživanje i obuku, računalstvo u oblaku, napredni analitički sustavi i super kibernetička sigurnost i zaštita.

Industrija 4.0 pokušava sve sustave bazirane na internet tehnologiji povezati s ciljem uspostave komunikacije između strojeva, ljudi, proizvoda i poslovnih sustava u cjelini. Pojam i ideja su prvi put predstavljeni 2011. godine na sajmu „Hannover Messe“ kao Njemačka industrijska strategija. Nedugo nakon postala je prava smjernica te je prihvaćena kao europska dugoročna vizija razvoja proizvodnje. Sjedinjene Američke Države i Japan također usvajaju strategiju za njihov daljnji razvoj industrijske proizvodnje.

Ključne komponentne ili okvir tehnologije koje su potrebne i čine okosnicu su: pametne tvornice (eng. *smart factory*), internet stvari (eng. *Internet of Things*), veliki podaci (eng. Big Data), 3D ispisivanje (3D *printing*), Tehnologija oblaka (engl. Cloud), umjetna inteligencija (eng. *Artificial Intelligence*, AI) i kibernetička sigurnost (eng. *Cyber security*).

Izgradnjom Pametnih tvornica (engl. *Smart Factory*) se želi provesti digitalizacija i modernizacija proizvodnih poduzeća kako bi se ispunili zahtjevi četvrte industrijske revolucije. Napredak inteligencije elektroničkih uređaja doveo je do poboljšanja samih strojeva koje se

nalaze u velikim tvornicama.

Koncept pametnih tvornica je povezivanje proizvodnih procesa, strojeva, ljudi i mehaničkih komponenti sa IKT (eng. *Information and Communication Tehnology*, ICT) tehnologijom. Poboljšanjem sposobnosti robota i njihovo umrežavanje sa WiFi tehnologijom, senzorima i Bluetooth-om tvornički procesi dobivaju veću dimenziju automatizacije. Prednost ovakvog pristupa upravljanju poduzećem je da se u realnom vremenu mogu prepoznati zastoji, potreba za materijalima, uočavanje pogrešaka zahvaljujući IoT tehnologijom.

Promjene procesa u proizvodnji mogu se prilagoditi i na zahtjev konfiguriranjem izmijeniti po želji brže, pouzdanije i fleksibilnije nego ikad prije. Robotika kao jedna od grane znanosti koja je u počecima što se tiče primjene bit će jedan od bitnijih pokretača četvrte industrijske revolucije.

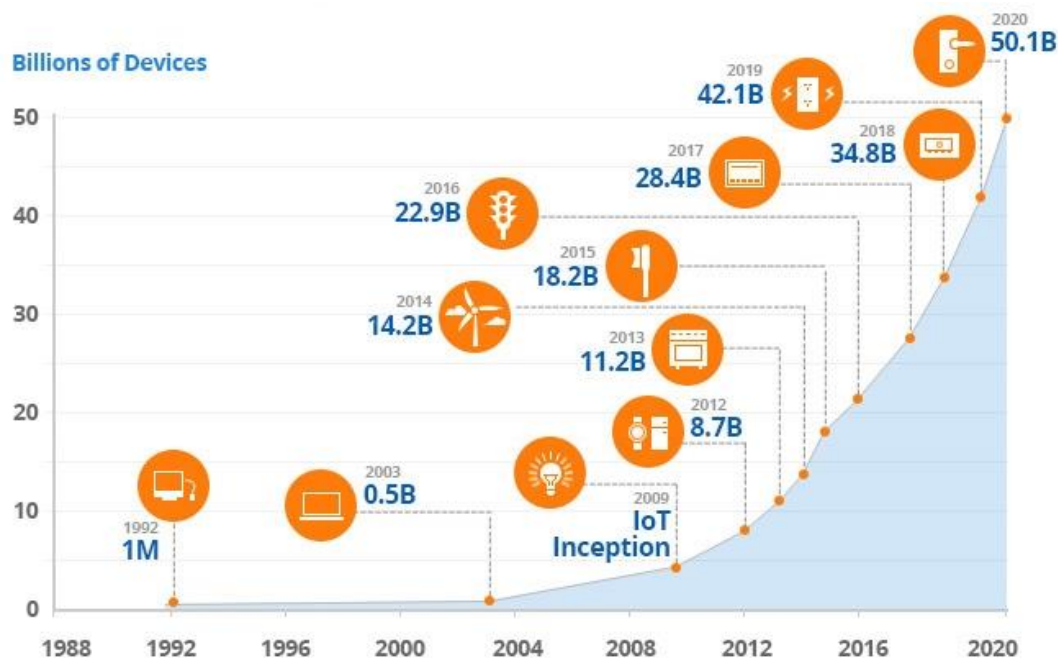
U današnjem umreženom svijetu usluge **internet stvari** (engl. *Internet of Things*, IoT) su prisutne u mnogim dijelovima života. Proširivanjem interneta želi se postići da i fizički svijet predmeta komunicira između sebe i sa korisnikom u povratnoj vezi. Takvi predmeti su dio virtualnog svijeta i mogu se kontrolirati sa udaljenosti. Danas je sve više predmeta i objekata koje uz pomoć mjernih osjetila imaju mogućnosti uočiti stanje i određene promjene oko sebe. Primjeri samo iz kućanske upotrebe koji se prodaju na tržištu kao „pametni“, odnosno imaju mogućnost daljinskog upravljanja i/ili provjere određenih informacija su pametni hladnjak, pametni televizor, digitalna perilica rublja, pametna perilica posuđa, pametni toster, pametni klima uređaj, pametni tuševi, pametni sat, itd.

Takva tehnologija pomaže čovjeku u mnogim aspektima života omogućujući bolje i lakše upravljanje u izabranoj okolini. Sve je više proizvodi takvih uređaja, na slici 3 je prikazan porast broja internet stvari uređaja, gdje je u 2020. godini premašen broj od 50 milijardi.[12]

IPv6 (eng. *Internet protocol version 6*) je novija verzija komunikacijskog protokola za najveću računalnu mrežu - Internet. Nasljednik IPv4 protokola prvenstveno je potreban radi nedostatka raspoloživih IP adresa ali i drugih poboljšanja. Umjesto dosadašnje 32 bitne binarne IP adrese u novoj verziji koristi će se adresa duljine 128 bita. Širenje interneta, uređaja internet stvari, pojave 5G mobilne mreže i četvrte industrijske revolucije adresni prostor je postao premalen za sve potrebe. Maksimalni broj različitih IPv4 adresa iznosi 2^{32} ili $4,3 \times 10^9$ adresa, dok taj broj u novoj verziji iznosi ukupno $3,4 \times 10^{38}$ različitih adresa. Protokol je dogovoren niz pravila kojima se propisuje komunikacija među spojenim uređajima u mreži. Protokoli se

¹² <https://dzone.com/articles/5-iot-trends-to-watch-for-in-2018>

utvrđuju i prihvaćaju kao norme u Međunarodnoj organizaciji za norme ISO (eng. *International Standard Organization*), to jest za područje informacijske i komunikacijske tehnologije protokole donosi ITU (eng. *Internacional Telecommunication Union*).



Slika 3. Rast internet stvari uređaja

Veliki podatci (eng. *Big Data*) je tehnologija koja omogućava prikupljanje i obradu velikih količina strukturiranih i nestrukturiranih podataka u realnom vremenu. Podaci koji se prikupljaju dolaze iz različitih uređaja ili sustava. Nakon toga slijedi obrada i analiza, potom se vraća informacija u obliku kojeg razumijemo i možemo upotrijebiti.

Potencijal i mogućnosti su veliki te pomaže u razvoju novih kreativnih proizvoda i usluga. Primjerice u prometu možemo dobiti alternativnu navigacijsku rutu za vozilo uslijed trenutnog stanja na cesti. Pametni sat i drugi uređaji prikupljaju informacije o pokretima i raznim drugim veličinama koje se obrađuju i mogu se upotrijebiti za postizanje boljih rezultata. Koncept velikih podataka se uspješno primjenjuje u astronomiji, genetici, fizici, poljoprivredi ali i sve više u političke svrhe s ciljem stvaranja što boljih izbornih kampanja.

Big Data je bitan dio u stvaranju „pametnog grada“, efikasnijim upravljanjem podacima može se postići puno pomaka u oblikovanju života građanina i strukture samog grada.

Trenutni izazov **3D ispisa** (engl. *3D Print*) je kako ga uvesti u industrijsku stvarnost. Sama digitalizacija omogućava stvari poput automatizacije dizajna ili stvaranja ciljanog

obrasca. Da bi se dostigao puni potencijal koji industrija 4.0 može ponuditi, a to je masovno prilagođavanje, distribuirana proizvodnja i potpuna kontrola procesa. Sve faze proizvodnog procesa u umreženoj tvornici moraju raditi skupa povezano za krajnji cilj.

3D pisači su bitan dio 4.0 industrije, izvrsni su za masovno prilagođavanje. Dok su prvi 3D pisači postojali u 1980im, tek u zadnjem desetljeću su ušli u pravu komercijalnu upotrebu. Raniji su pisači bili prespori i glomazni ali se novom tehnologijom to dosta poboljšalo. Također raniji 3D pisači nisu bili izuzetno precizni, posebno kad je riječ o ispisu složenih dizajna. Napredovali su tako da danas već mogu ispisati gotovo sve, od metala, plastike pa do hrane i ljudskih organa.[13]

Kako se brzina, pouzdanost, sigurnost, izvedba i kvaliteta 3D pisača poboljšavaju, a troškovi smanjuju, 3D pisači će igrati važnu ulogu u ovoj digitalnoj transformaciji industrije. Pojavit će se nove mogućnosti koje će 3D ispis odnijeti sve bliže masovnoj proizvodnji tako i raspon proizvoda koji se mogu proizvesti također se povećava.

Umjetna inteligencija je upotreba inteligentnih strojeva napravljenih da rade i reagiraju na ljudski način. Strojevi umjetne inteligencije prepoznaju govorne obrasce, te imaju mogućnost rješavanja problema na temelju prošlih spoznaja i interakcija. Prednost im je i algoritam za predviđanje sljedećeg neuspjeha i upozorenje na mogući prijevremeni kvar. Tehnologija napreduje, usavršava i već je bitan dio današnje tehnološke industrije. Autoindustrija autonomne vožnje se oslanja na radu umjetne inteligencije, naprednih osjetila i inovativnog sustava memorije.

¹³ <https://www.designtechproducts.com/articles/3d-printers-industry-4>

3. RAZVOJ PAMETNIH GRADOVA

Napredak gradova i trendova dolaskom novih tehnologija prati sve veći pritisak na gradove za nužnim infrastrukturnim razvojem. Modeli upravljanja gradskim infrastrukturama i uslugama moraju se prilagođavati promjenama sa tradicionalnog modela upravljanja na drugačiji pogled inovativnosti i korištenjem tehnologije s ciljem stvaranja dodatne vrijednosti.

Potrebe gradova potaknule su razvoj novih tehnoloških rješenja koja su primjenu pronašla u širem urbanom ekosustavu (npr. senzori, komunikacijske mreže, sustavi za analizu podataka, itd.) nastoje poboljšati digitalnu povezivost pojedinih segmenata grada odnosno kroz prikupljanje podataka o pojedinim gradskim uslugama nastojali osigurati lakše i učinkovitije upravljanje istima. Ubrzano stvaranje i implementacija niza različitih tehnoloških rješenja namijenjenih gradovima s ciljem poboljšanja njihove učinkovitosti prepoznati su kao koncept pametnih gradova.

Pametan grad je grad koji koristi informacijsko komunikacijsku tehnologiju kako bi koristio infrastrukturu i usluge na učinkovitiji i pristupačniji način, a razvija strategiju dugoročnog pametnog i održivog razvoja te je istoj prilagodio modele upravljanja i razvoja strateških inicijativa. Pametni grad pri tom predstavlja zaokruženi i integrirani koncept, a ne niz parcijalno implementiranih tehnoloških rješenja u međusobno nepovezanim segmentima djelovanja grada.

Informacijsko komunikacijska tehnologija u srži pametnog grada osigurava povezivost pojedinih aspekata djelovanja grada, pri čemu je povezivost i integriranost jedna od ključnih karakteristika pametnog grada.

Kada se u pojedinom gradu prepozna važnost pametnih usluga za ostvarivanje dugoročnog sveobuhvatnog i zaokruženog razvoja grada potrebna je strategija izgradnje. Glavni ciljevi pripreme strategije pametnog grada su:

- Analiza sadašnjeg stanja te definiranje vizije i ciljeva pametnog grada
- Identifikacija i definiranje ključnih strateških inicijativa
- Priprema plana implementacije inicijativa.

Pri tom je potrebno utvrditi dugoročnu viziju razvoja pametnog grada. Nadalje, osigurati da je strategija orijentirana na sve ključne dionike: građane, posjetitelje, društva, ustanove, civilno društvo, akademsku zajednicu i javni sektor. Potrebno je ocijeniti zrelost usluga koje su do tad implementirane te identificirati ključne izazove i potrebe u pojedinačnim segmentima. Definirati i označiti strateške prioritete i razraditi plan transformacije grada prema zaokruženom konceptu pametnog grada.

Ciljevi izgradnje „pametnog grada“ su unapređenje kvalitete života građana kroz povezivanje, usklađivanje i optimizaciju procesa koji čine grad. Postizanje veće efikasnosti usluga grada tj. optimiziranje troškova i postizanje uštede te tako povećati efikasnost komunalnih usluga kroz upravljanje u stvarnom vremenu. Informacijsko komunikacijska tehnologija je faktor koji objedinjuje sve razvojne zahtjeve i dijelove grada, te omogućuje učinkovito upravljanje i razvoj grada.[14]

3.1. Senzorske tehnologije pametnih gradova

U današnjem vremenu digitalizacije broj umreženih uređaja raste 12% godišnje. Oko 27 milijardi uređaja spojenih na Internet je bilo 2017. godine, te se predviđa da će doseći čak 125 milijardi do 2030. godine. Očekivanja su prema analizi za globalni prijenos podataka porast od 20% do 50% prosječno godišnje sljedećih 15 godina.[15]

Internet stvari predstavljaju pokret koji se neprestano razvija u dubokoj promjeni u načinu na koji ljudi komuniciraju sa strojevima i informacijama. Budućnost interneta stvari koji je trenutno u nastajanju utječe na gotovo sve faze industrije i gotovo na svim tržištima. Rasprostranjenost je od sirovina, proizvodnje, distribucije pa do finalnih gotovih proizvoda.

Porastom broja umreženih uređaja pažnja se usmjerava na bežičnu tehnologiju koja omogućuje uređajima spajanje na mrežu. Mobilne IoT tehnologije omogućavaju sigurnu komunikaciju IoT uređaja na licenciranom spektru osiguravajući garantiranu kvalitetu komunikacije po najvišim telekomunikacijskim standardima. Dvije tehnologije se jako često koriste i u stvaranju pametnog grada izgradnjom mreže osjetila sa time da se nerijetko koriste u različite svrhe. Na primjer, ako se očekuje komunikacija video kamera s visokom rezolucijom onda bi LTE tehnologija bila najpogodnija.

¹⁴ Centre of Regional Science. Smart cities - Ranking of European medium-sized cities: Vienna UT; 2007

¹⁵ https://cdn.ihs.com/www/pdf/IoT_ebook.pdf

3.2. NB-IOT

NB-IoT (*Narrowband Internet of Things*) nova je mrežna mobilna standardizirana tehnologija. Inicirana je u okviru projekta 3GPP (*Third Generation Partnership Project*), organizacije koja stoji za standardizaciju povezivanja jako malih količina podataka na mobilne mreže. Svrha standardiziranja NB- IoT jest postizanje interoperabilnosti i što veće pouzdanosti.

NB-IoT je tehnologija koja omogućava velikom broju uređaja (senzora) da šalju potrebne informacije s lokacija gdje standardni mobilni signal nema prodornost. Koristi se za slanje i primanje jako malih količina podataka uglavnom generiranih od strane određenih IoT uređaja koji proizvode uobičajeno malo podataka.

Pri inicijalnom uključivanju NB-IoT uređaja na mrežu, uređaj se preko NB-IoT modula s SIM karticom prijavljuje/registrira na mrežu. Pri registraciji uređaja koriste se najviši sigurnosni autentifikacijski telekomunikacijski standardi. Tijekom registracije mreža i uređaj Internet stvari razmjenjuju specifične NB-IoT podatke kao što su funkcionalne mogućnosti, specifični konfiguracijski parametri, timeri, itd. Tehnologija koristi OFDM (*Orthogonal Frequency-Division Multiplexing*) shemu slanja podataka i nije bazirana na IP.[16]

Osnovne prednosti ove tehnologije su:

- odlična prodornost signala u zatvorene prostore – za razliku od standardnih 2G/3G/4G mreža, signal prodire u prostore poput podzemnih garaža i kroz debele zidove
- niska potrošnja energije – očekivano trajanje baterija u IoT uređaju je i do 10 godina
- mala količina podataka – mreža je namijenjena dvosmjernom prijenosu malih količina podataka, teoretska brzina prijenosa je u granicama 600 bit/s - 250 kbit/s
- mreža radi na licenciranom spektru gdje je osigurana visoka sigurnost uporabom LTE USIM baziranih sigurnosnih mehanizama (provjera integriteta/authentifikacija korisnika, enkripcijskih algoritama i dugih enkripcijskih ključeva 128-256 bit)
- jednostavnost primjene – nije potrebna instalacija i održavanje lokalnih

¹⁶ <https://www.link-labs.com/blog/nb-iot-vs-lora-vs-sigfox>

mreža/pristupnika.

- Mane NB-IoT su:
- Nemogućnost odašiljanja veće količine podataka
- Tehnologija se koristi primarno za statične nepomične stvari.

3.3 LoRa

LoRa (*Long Range*) je komunikacijska tehnologija koja koristi LoRaWAN (*Long Range Wide Area Network*) protokol. Pogodna je za senzore jer se bazira na LPWAN (*Low Power Wide Area Network*) mreži koji uređaji koriste za slanje malih količina podataka jako malom brzinom na velike udaljenosti. LoRa je bežična tehnologija za komunikaciju na velikim udaljenostima te ujedno i jedna od najraširenijih LPWAN tehnologija u svijetu. Jedna od glavnih karakteristika je da omogućava dvosmjernu komunikaciju. LoRa mreža je cjenovno prihvatljivo rješenje za IoT i alternativa je za WiFi zbog obaveznog mrežnog poslužitelja za rad. U energetici i za potrebe komunalnih poduzeća najčešća je primjena u daljinskom očitavanju brojala potrošnje energenata i vode. Tvrtke koje se bave proizvodnjom i distribucijom energenata LoRaWAN tehnologiju koriste za digitalizaciju i optimizaciju proizvodnih procesa, mjerenje razine sadržaja spremnika, detekciju odljeva i praćenje razine plinova i tekućina, te preventivno održavanje strojeva i opreme.[17]

Za projekt koncepta pametnog grada, LoRaWAN je idealna tehnologija za uspostavu gradske IoT mreže, koja se koristi za sve ključne gradske usluge i upravljanje gradskim resursima. Može se primijeniti na pametnu javnu rasvjetu, pametni parking, pametno gospodarenje otpadom, mjerenja buke i kvalitete zraka, itd.

Osnovne prednosti ove tehnologije su:

- Prigodna je za potrebe korištenja jednog stambenog objekta
- Odlična za primjenu koja zahtjeva dvosmjernu komunikaciju, npr. naredba i izvršenje naredbe zbog simetrične veze
- LoRa uređaji rade ispravno dok su u pokretu, što ih čini korisnim u praćenju objekata u pokretu kao što su pošiljke
- LoRa uređaji imaju veći vijek trajanja baterije nego NB-IoT uređaji

¹⁷ <https://mreza.bug.hr/lorawan-za-iot-svijet/>

- Može se postaviti vlastita mreža kojom se upravlja.

Osnovne mane ove tehnologije su:

- LoRa tehnologija ima nižu brzinu podataka od NB-IoT
- Ima dulje vrijeme kašnjenja signala od NB-IoT
- Za rad je potrebno imati pristupnik (u nekim slučajevima zapravo prednost).

3.4. Bluetooth

Bluetooth je poznata bežična komunikacijska tehnologija za razmjenu podataka između uređaja. Nalazi se u većini današnjih digitalnih uređaja, pametnim telefonima, računalnima, zvučnicima, slušalicama, pisačima, pametnim satovima, itd. Za komunikaciju nije potreban internet, već pri spajanju nastaje PAN (eng. Private Area Network). Kratkog je dometa i upotrebljava se na udaljenostima do 10 metara zračne linije putem radiovalova u frekvencijskom području 2,4 GHz.

Novija verzija Bluetooth 4.0 poznatiji kao BLE (*Bluetooth Low Energy*) ima prednost manje potrošnje energije uz duži vijek trajanja baterije te veći domet od klasičnog Bluetootha. Ima mogućnost spajanja više uređaja u mrežu (eng. *Bluetooth mesh*) na koju se mogu spojiti razni IoT uređaji, primjenjuje se u pametnim domovima za kontrolu raznih uređaja, prometnih i kućnih sustava, nadzor postrojenja sve uz veliku sigurnost korištenja tehnologije. Bluetooth 5.0 ima do četiri puta veći domet, dvostruko veću brzinu i do osam puta veći kapacitet odašiljanja poruke.

4. ENERGETSKA MREŽA OSJETILA

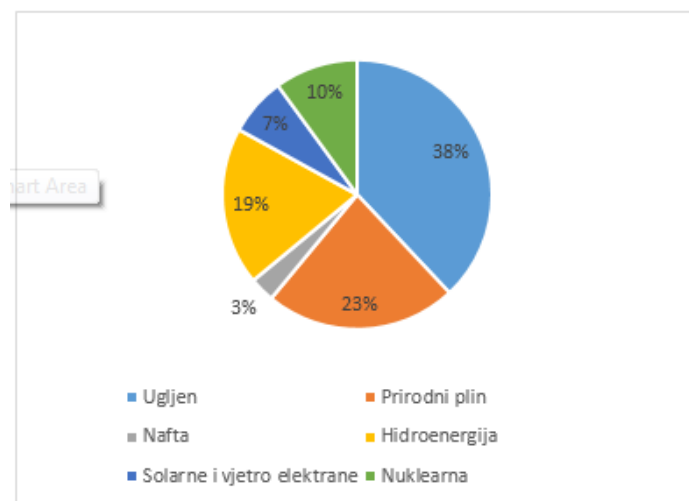
NAE (eng. *National Academy of Engineering*) Nacionalna tehnička akademija Sjedinjenih Američkih država vrednovala je električnu mrežu kao najveće inženjersko postignuće 20. stoljeća. Električna mreža SAD-a je najveći međusobno povezan sustav strojeva na svijetu. Mrežu tvori oko 320.000 km visokonaponskog dalekovoda i oko 8.800.000 km lokalnih distribucijskih vodova koji povezuju postrojenja za proizvodnju energije s potrošačima.[18]

Rast stanovništva na globalnoj razini prati porast potrebe za potrošnjom energije. Razvijenije zemlje u Europi i Sjevernoj Americi usmjeravaju promjenu načina proizvodnje energije iz neobnovljivih izvora u obnovljive izvore. Nasuprot država koje su kasnije počele razvijati svoja gospodarstva i potreban prelazak iz jedne u sljedeću industrijsku revoluciju. Države kao Kina, Indija, Brazil, Indonezija i mnoge druge velike i manje razvijene države pogotovo na afričkom kontinentu globalizacijom svijeta dobili su priliku da proizvod plasiraju i konkuriraju njime na svjetskom tržištu. Tehnologija i tehnika proizvodnje obnovljivih izvora energije je skuplja te je potrebno duže razdoblje da se okrene ukupni trend načina proizvodnje energije na globalnoj razini.

Znanstvenici su zaključili da je izmjereni porast prosječne temperature na Zemlji potaknut čovjekovim djelovanjem. Nedvojbeno je da se od početka 1. industrijske revolucije, razina ugljikovog dioksida, vodika i metana izgaranjem oslobađa te uzrokuje efekt staklenika što dovodi do zagrijavanja Zemlje.

Na slici 4 prikazan je udio svjetske potrošnje energije za proizvodnju električne energije po izvoru. Za dobivanje električne struje generacijski još se najviše se koristi ugljen 38%, plin 23% zatim slijedi energija dobivena iz vodene mase pomoću hidroelektrana 19%, nuklearno gorivo iznosi 10%, solarne elektrane i vjetroelettrane čine 7% i nafta 3%.

¹⁸ <https://www.scientificamerican.com/article/what-is-the-smart-grid/>



Slika 3. Izvor goriva za proizvodnju električne energije u svijetu

Neprekinuti trend rasta stanovništva i potrebe za energijom utječe na postojeću mrežu i događaju se preopterećenja. U 2016. godini 930 000 000 ljudi to jest 13% stanovništva nije imalo pristup električnoj energiji, a mnogi ljudi se suočavaju sa zamračenjima radi ispada sustava. U četvrtoj industrijskoj revoluciji fokus je na post-fosilne čiste oblike energije.

Opisane posljedice dovele su do potrebe izgradnje pametne mreže koja može odgovoriti na izazove modernim rješenjima. Distribucijski vodovi dosadašnje mreže bili su jednosmjerni, od potrošača do korisnika. Pri čemu proizvođači nemaju informacije o korisnicima i njihovom ponašanju, a korisnici nemaju uvid u svoju potrošnju energije i cijenu korištenja energije pa tako ni mogućnost uštede u vremenima kada je primjerice najskuplja za korištenje.

Pametna mreža je zapravo interaktivni sustav infrastrukture koji integrira proizvođača, potrošača i tehničku opremu. Takav pristup razmjene informacije u stvarnom vremenu prilagođava se dinamičnoj realnosti te se poboljšava upravljanje energijom i potiče učinkovito iskorištavanje energije. Koncept pametne mreže je razvijen 2006. godine od strane Europske tehnološke platforme za pametne mreže, naziva se još i Europska tehnološka platforma za elektroenergetske mreže budućnosti. Temelji se na informacijsko komunikacijskoj tehnologiji ponajprije pametnih brojala koji komuniciraju sa alatima gdje se prati potrošnja i naplata na određenoj točki sustava.

Procjenjuje se da ljudi oko 90% cijelog vremena provode zapravo unutar zidova zgrada. [19] Blizu 40% globalne emisije u ugljikovog dioksida je iz energije koja se oslobađa iz

¹⁹ <https://delos.com.au/approximately-90-of-our-time-is-now-spent-indoors-heres-how-to-make-your-home-a-healthier-place-to-be/>

zgrada.[20] Stvaranjem umreženih pametnih zgrada (eng. *smart building*) pravi se pametna mreža, čime se razvija pametan grad. Zgrada je temeljna građevna jedinica grada, cilj je promijeniti zgradu iz pasivnog potrošača energije u aktivnog sudionika koji ne samo da ima pristup podacima nego ima mogućnost proizvodnje i prodaje energije. Takvi objekti se kvalitetno projektiraju i kod izgradnje koriste se materijali i sistemi koji će doprinijeti što manjoj potrošnji energije. Osim optimizacije gdje se vodi računa i o najmanjim detaljima, cjelokupni sustav potrebno je automatizirati u smjeru što jednostavnijeg rukovanja svim elementima.

Postavljane senzora pokreta u zgrada može se smanjiti nepotrebno korištenje energije, nadalje sustav senzora za mjerenje temperature vodi prema optimizaciji klimatizacije. Inovativna tehnologija na najvećem tornju na svijetu Burj Khalifa prikuplja kišnicu na krovu i fasadama te se iskorištava unutar građevine.

Najzastupljeniji oblik proizvodnje električne energije na zgradama je pomoću solarnih panela. Osim zgrada, solarni paneli se koriste i na manjim objektima u gradovima kao što su prometni znakovi, javna rasvjeta i različite stanice i objekti na kojima se nalaze mjerna osjetila.



Slika 4. Solarni paneli na zgradama

Na slici 5 je prikazana zgrada sa solarnim panelima na vrhovima gdje je potencijal najveći u gradovima.[21] Solarni paneli pomoću fotonaponskih ćelija pretvaraju sunčevu energiju u električnu zahvaljujući fotoelektričnom efektu. Za objašnjavanje ovog efekta Albert Einstein je 1921. godine dobio svoju jedinu Nobelovu nagradu iz fizike. Bell laboratoriji 1954.

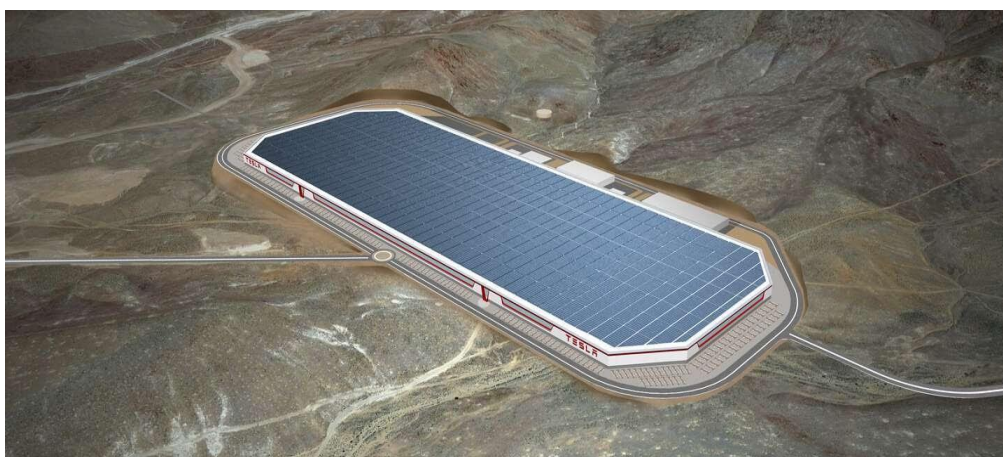
²⁰ <https://worldgbc.org/clean-air-buildings/impacts>

²¹ <https://www.solarwalas.com/>

godine u SAD-u predstavlja prvu fotonaponsku ćeliju koja generira upotrebljivu količinu električne energije, a do 1958. g. počelo se sa ugrađivanje u komercijalne svrhe najviše za svemirski program.

Fotonaponske ćelije mogu se koristiti kao samostalni izvori energije ili kao dodatni izvor energije. Kao samostalni izvor energije koristi se npr. na satelitima, prometnim znakovima, kalkulatorima, a kao dodatni izvor energije za zgrade i gradove izgradnjom solarnih elektrana.

Solarne ćelije su elektronički uređaji napravljeni od poluvodičkih materijala poput silicija. Paneli hvataju sunčevu svjetlost, to jest čestice nazvane fotoni. Apsorbirani elektroni se izbijaju iz atoma i postaju slobodni u kretnji. Slobodno gibanje materijalom stvara jednosmjernu električnu struju. Sva proizvedena energija u sustavu se može koristiti kao izvor energije ili se predaje dalje u pametnu mrežu po tržišnoj cijeni. Pri ugradnji se instaliraju dvosmjerna digitalna brojila koja prate energiju koja se proizvede i potroši. Vlasnici solarnih panela imaju mogućnost lakog upravljanja sustavom, podatci se paze na aplikacijama mobilnog uređaja u stvarnom vremenu. Najpoznatija pametna tvornica u izgradnji na kojoj se nalaze solarni paneli koji će proizvoditi potrebnu energiju za proizvodnju ali i za daljnju distribuciju je Tesla Gigafactory. Vlasnik električne automobilističke tvrtke Tesla Motors, Elon Musk suosnivač je i SolarCity Corporations koja se bavi iskorištavanjem sunčeve energije. Elon Musk podiže tvornice u Nevadi, New Yorku, Šangaju i Berlinu. Kada se završi bit će najveća zgrada na svijetu, s veličinom od 0.5 milijuna km², površinom kao 100 nogometnih terena.[22] Na sljedećoj slici 6 prikazana je ideja projekta.



Slika 5. Koncept pametne tvornice

²² <https://www.tesla.com/gigafactory>

5. UMREŽENA INFRASTRUKTURA I MOBILNOST

Mobilnost u gradovima u svojim različitim oblicima je dinamičan proces i predstavlja jedan od ključnih problema koji zahvaća većinu ljudi. Gužve u velikim gradovima veliki su problem, posebice u satima kada je porast broja sudionika u prometu najveća u danu. Turistički gradovi i mjesta su u sezoni suočena sa ogromnim pritiskom na infrastrukturu. Povećani prometni utjecaj se odražava loše na okoliš i ljude porastom udjela koncentracije ugljikovog dioksida u sastavu zraka.

Samo dodavanje nove infrastrukture nije rješenje. Korištenjem informacijsko komunikacijske tehnologije može se optimizirati postojeća. Uključivanjem internet tehnologije i telekomunikacija, prometnim sustavom se može inteligentnije i sigurnije upravljati.

Jedan od problema koji je identificiran kroz brojne studije prometa i studiju održivog prometa predstavlja parking. Raspoloživost i jednostavnost pristupa parkirnim mjestima predstavlja jedan od glavnih izazova za velik broj gradova. Ograničavajući faktor predstavlja i manjak kvalitetnih informacija i podataka s kojima bi grad mogao uspješno i ciljano uskladiti ponudu i potražnju za parkirnim kapacitetom u gradu.

Navedeno upućuje na potrebu razvoja projekata pametnog grada u segmentu parkinga koji će osigurati, između ostalog, interaktivno i u stvarnom vremenu upravljanje raspoloživošću parkirnih mjesta u gradu te osigurati jednostavnu, praktičnu i pouzdanu informaciju građanima i posjetiteljima.

Sam pametni sustav upravljanja parkingom predviđa korištenje odgovarajućih senzora, koji se postavljaju na parkirna mjesta, prikupljaju neobrađene podatke o statusu parkirnih mjesta (slobodno/zauzeto). Prikupljene podatke sustav dalje prenosi i obrađuje, odnosno stvara informaciju o dostupnosti i lokaciji slobodnih parkirnih mjesta. Informacije se naposljetku daju na raspolaganje krajnjim korisnicima kroz različite kanale i aplikacije.

Prvi i najveći projekt Smart parkinga u hrvatskoj realiziran je u Dubrovniku. Projektom upravlja Sanitat, dubrovačka firma koja je zadužena za komunalne djelatnosti kao što su čišćenje mora i priobalnog područja, upravljanje tržnicama i gradskim parkiralištima.

Novčana vrijednost projekta je 3.2 milijuna kuna, a uključuje gotovo 2000 postavljenih senzora i 20 javnih LED (eng. *light-emitting diodes*) zaslona (eng. *display*) koji pokazuju broj slobodnih parkirnih mjesta u stvarnom vremenu. Osim na mjestu parkinga, zaslone su postavljene i već nekoliko ulica prije dolaska na to odredište, tako da korisnike usmjerava na

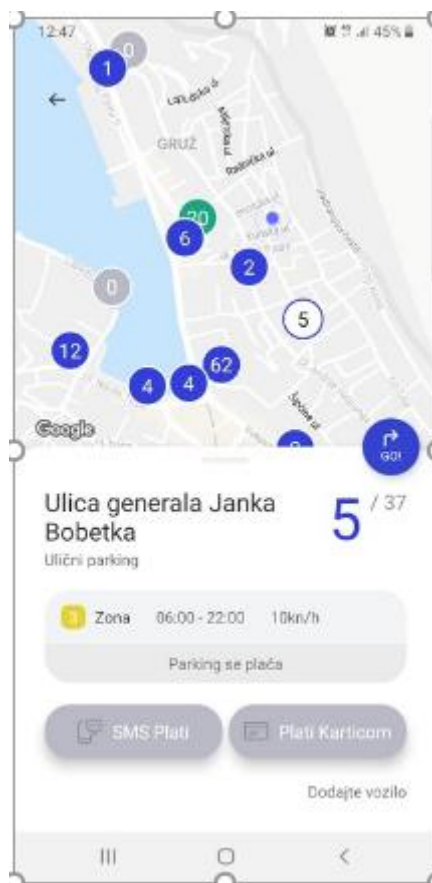
parkinge gdje postoje slobodna mjesta. Na slici 7 prikazani su LED zasloni u Dubrovniku.



Slika 6. Ulica Iva Vojnovića u Dubrovniku

U sklopu projekta napravljena je aplikacija Dubrovnik parking, koja je vrlo jednostavna za korištenje i može se besplatno preuzeti za Android i IOS korisnike. Korištenjem aplikacije ima se točan uvid gdje se može parkirati, a gdje ne, tj, gdje su parkirna mjesta određena isključivo za građane. Takva javna parkirališta se nalaze u blizini Dubrovačke stare gradske jezgre. Parking je moguće platiti karticom ili SMS porukom, a aplikacija šalje i upozorenje kada parking ističe. Aplikacija prikazuje i posebno označena mjesta za invalide. Do odabranog slobodnog parking mjesta vodi navigacija.

Unapređivanjem aplikacije se želi nastaviti s integracijom usluge parkinga s drugim sustavima koje koriste građani kao što je usluga prometnog redarstva. Na samoj aplikaciji planira se omogućiti i kupovina tj. produženje mjesečne povlaštene karte za određenu gradsku zonu kojoj se korisnik služi.

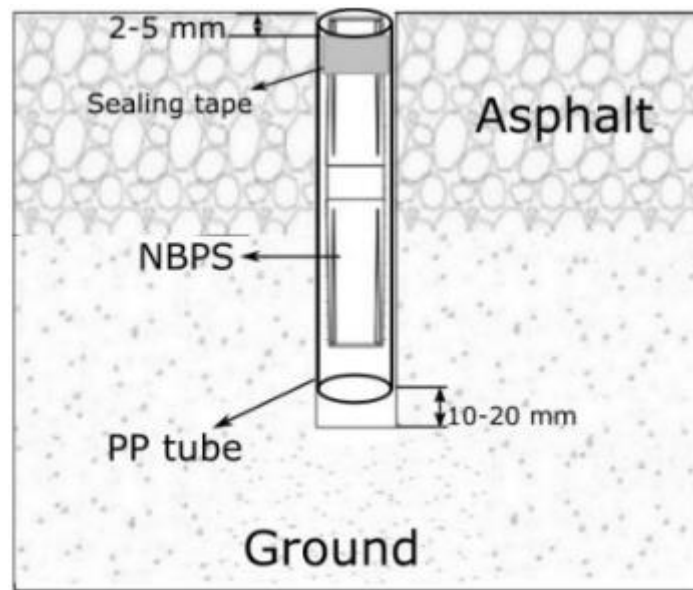


Slika 7. „Dubrovnik parking“ mobilna aplikacija

Senzori su montirani ispod svakog parkirnog mjesta te su praktički nevidljivi korisniku. Rade na principu detekcije promjene magnetskog polja te se podatci u realnom vremenu šalju u Cloud sustav gdje se zatim podaci obrađuju i prosljeđuju dalje do LED zaslona ili mobilne aplikacije. Na slici 8 je prikaz slobodnih parkirnih mjesta na aplikaciji Dubrovnik parking.

Tehnologija komunikacije na kojoj se bazira sam senzor jest NB IoT (eng. *NarrowBand Internet of Things*). Omogućava i autonomiju uređaja kroz duži vremenski period. Tehnologija se primjenjuje u slučajevima gdje je potrebno slanje i analiziranje manje količine podataka. Jedna od glavnih prednosti tehnologije je da omogućava prijenos informacija sa veoma niskom potrošnjom energije. Uređaj primjenom SIM kartice komunicira direktno sa baznom stanicom te nije potreban nikakav dodatan repetitor kao u slučaju tehnologije LoRaWAN. Senzori se postavljaju u prethodno izbušenu rupu na sredini parking mjesta. Nalaze se u razini ceste kako je prikazano na slici 9.[23]

²³ <https://www.mobilisis.com.hr/nbps-narrowband-parking-sensor>



Slika 8. Prikaz senzora na parkirnom mjestu

Ciljevi pokretanja sustava pametnog parkinga su: praćenje i upravljanjem parkingom, povećanje prihoda, smanjenje prometnih gužvi i ušteda vremena građana kroz kraće vrijeme traženja slobodnog mjesta, smanjenje zagađenja zraka ispušnim plinovima i smanjenje buke.

Ključni pokazatelji uspješnosti su broj preuzimanja i korištenje aplikacije, prosječno vrijeme traženja parking mjesta, točnost i raspoloživost informacija o parkirnim mjestima u stvarnom vremenu.

6. ZDRAVSTVENI RAZVOJ I NADZOR OKOLIŠA

U segmentu nadzora i zaštite okoliša i povećanja kvalitete života korištenje informacijsko komunikacijskih tehnologija može značajno doprinijeti dugoročnoj održivosti grada. Kvaliteta života u gradovima je širok pojam, može se odnositi na zrak kojeg stanovnici dišu, koliko se sigurno osjećaju hodajući ulicama, koliko je vrijeme putovanja na posao, dostupnost kvalitetnog zdravstvenog liječenja, itd.

Nove aplikacije poboljšavaju liječenje bolesti i pomažu u preventivnom sprječavanju, liječenja i nadziranju stanja oboljelog. Digitalni uređaji imaju daljinsku mogućnost praćenja bolesnika. Osjetila prate vitalna očitavanja, a zatim ih šalju liječnicima na drugom mjestu radi procjene. Ovakav sustav može biti od velikog značaja i ima najveću primjenu u ruralnim dijelovima i u gradovima nižih prihoda sa problemom manjka doktora.[24]

Osim daljinske dijagnostike i medicinskog nadgledanja, telemedicina u velikoj je mjeri već promijenila načine pružanja stručne pomoći sa udaljenog mjesta koji savjetuje kirurga tijekom operacije. Inovativne tehnologije umjetne inteligencije razvijaju se u cilju automatizacije robota koji će s naprednim osjetilima imati mogućnost kirurške operacije bez ili uz minimalnu ljudsku pomoć.

Podizanje sustava upravljanja okolišem ima za cilj implementaciju sustava za mjerenje kvalitete zraka, zagađenja buke, izradu karte svjetlosnog zagađenja i mjerenja kvalitete tla i mora. Mnogo gradova ima ugrađene senzore za praćenje kvalitete zraka. Grad Dubrovnik je prvi u Hrvatskoj koji je postavio senzore za mjerenja kvalitete zraka u odgojno-obrazovnim ustanovama. Postavljeno je ukupno 120 senzora i to u osnovnim školama Ivana Gundulića, Marina Držića i Lapad te vrtićima Ciciban, Izviđač, Kono, Pile i Pile 2. Instalirani sustav za mjerenje kvalitete zraka omogućava očitavanje mjerenja CO₂, temperature i vlage u zraku u prostorijama gdje su postavljeni senzori, povezivanje senzora na IoT infrastrukturu te korištenje aplikacijskog rješenja za praćenje i analizu podataka. Instalirani senzori radi na NB-IoT tehnologiji i postoji mogućnost dodatne nadogradnje sustava. Cilj projekta je poboljšanje kognitivnih sposobnosti i razine praćenja nastave te poboljšanje zdravlja, pogotovo kod djece s kroničnim bolestima dišnog sustava.[25] Postavljanjem pametnih tehnologija u gradske parkove i zelene površine postiže se automatska regulacija navodnjavanja gdje senzori mjere

²⁴ McKinsey&Company. Smart cities – Digital solutions for a more livable future. Vienna UT; 2018

²⁵ <https://gradonacelnik.hr/smart-city/dubrovnik-pprvi-u-hrvatskoj-u-vrtice-i-skole-postavio-senzore-za-mjerenje-kvalitete-zraka/>

vlagu u zemlji te uključuju prskalice po potrebi. Pametne prskalice se sastoje od senzora za vlagu, mikrokontrolera, elektroventila i same prskalice te se može uštediti i do 50% vode. Radi na principu tako što mikrokontroler dobiva informaciju od senzora za vlagu o količini vlage u zemlji. Programski se podesi ovisno o pojedinoj biljci količina vlage koja je potrebna te na temelju toga mikrokontroler šalje signal koji otvara elektroventil te prskalice počnu polijevati. Kada senzor za vlagu pošalje podatak mikrokontroleru da je količina vlage u tlu dostigla svoj postavljenu vrijednost mikrokontroler šalje signal elektroventilu da se zatvori. Ovime se postiže maksimalna efektivnost polijevanja i maksimalna ušteda vode koja je moguća. Prskalice se mogu podesiti da se pale u točnom određenom periodu kad želimo. LoRA tehnologija smanjuje potrošnju energije i prikladna je za korištenje pametnih prskalica.

Grad Dubrovnik je u svrhu boljeg gospodarenja otpadom postavio 77 Big Belly pametnih spremnika za javni otpad koji samostalno dojavljuje kada je pun. Bigbelly je lider na svjetskom tržištu u pametnom upravljanju javnim otpadom i recikliranju na javnim površinama, nalazi se u preko 1500 gradova u 54 zemalja na 6 kontinenata. Trenutno se više od 60.000 Bigbelly spremnika nalazi na javnim površinama diljem svijeta te je dobitnik brojnih svjetskih nagrada. Spremnik je potpuno neovisan, radi na solarnu energiju pomoću fotonaponskog panela i ne zahtjeva vanjski izvor energije. Omogućuje odvajanje reciklirane ambalaže, kompaktan je pa nema razbacanog otpada od strane vjetra i životinja kao niti neugodnih mirisa. Smanjuje broj pražnjenja spremnika za javni otpad za 80%, štedi vrijeme, novac, gorivo i stvara profit. Bigbelly Solar ima ugrađene senzore, GPS odašiljač i SIM karticu pomoću kojih komunicira sa softverom za upravljanje koji se nalazi u oblaku, što omogućuje slanje signala kada ga je potrebno isprazniti. Ima izuzetno snažnu prešu koja komprimira otpad kada se napuni i time stvara mjesto za dodatnu količinu otpada.[26]

Na kupalištima IoT instalirani uređaji paze na javnu sigurnost. Senzori daju na uvid stanovnicima podatke kao temperatura zraka i mora, jačinu vjetra i valova, itd. U Australiji su se dosjetili sustava praćenja sigurnosti kupališta na velikim površinama. Tragač morskih pasa (eng. *Shark Spotter*) kombinira umjetnu inteligenciju, dronove i računala da bi identificirali i uzbunili plivače i surfere na opasnost bliskog susreta. Dronovi pomoću kamera nadgledaju more i tehnikom dubokog učenja (eng. *Deep learning*) identificira sve objekte u kadru te ih pohranjuje. Dron posjeduje bateriju velikog kapaciteta, kada je pri kraju snage dron se vrati na punjenje potom drugi kreće te ga zamjenjuje.

²⁶ <http://bigbellysolar.hr/>

7. INTELIGENTNO UPRAVLJANJE I INSTITUCIJE

Projekt pametnog grada prethodno predstavljenog strategijom izgradnje nedvojbeno zahtijeva uspostavu mehanizma koji će pratiti napredak same implementacije i zacrtane ciljeve. Potrebna je platforma koja će osigurati prikupljanje, analizu i dijeljenje relevantnih informacija kao i inteligentno daljnje upravljanje.

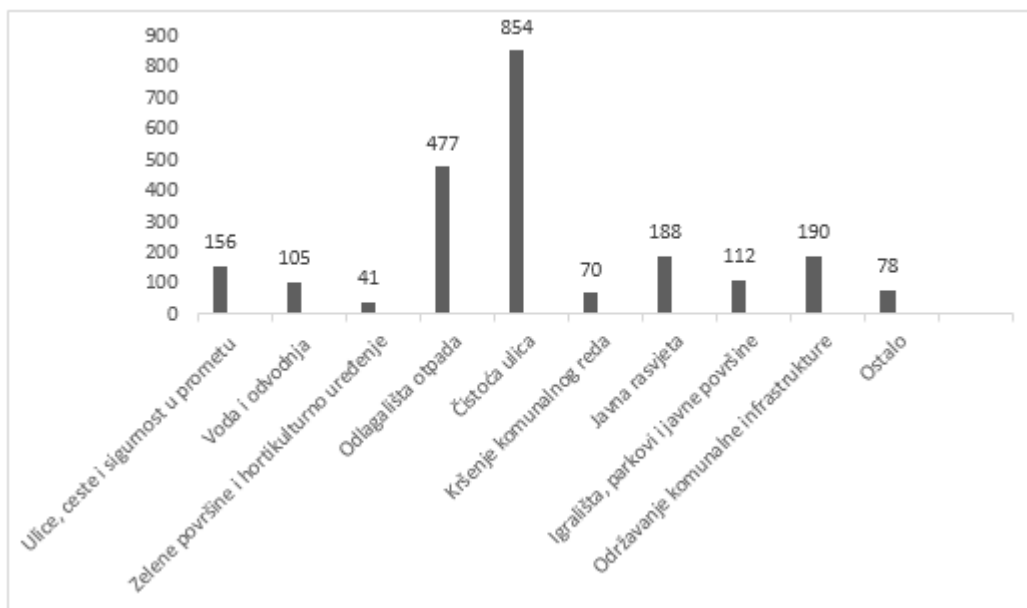
Uloga provjere pokazatelja uspješnosti implementacije zaokruženog koncepta pametnog grada ima ured platforme pametnog grada koji prati ostvarene rezultate i zadane ciljeve. Ured vodi brigu o kontroli sustava te i ima ulogu glavnog koordinacijskog tijela. Ured pametnog grada može biti uspostavljen kao nadogradnja nekom od postojećih organizacija ili kao potpuno nova organizacijska i formalno-pravna jedinica.

IBM (eng. International Business Machines) takav odjel naziva Inteligentni operacijski centar (eng. *Intelligent Operations Center*) koji ima za cilj integraciju sustava svih gradskih odjela i agencija u svrhu poboljšavanja suradnje u stvarnom vremenu i analize promjena kako bi se grad mogao ubuduće pripremati. Osim ključne uloge prikupljanja, obrade i koordiniranja informacija, centralno mjesto ima ulogu i marketinškog promoviranja brenda pametnog grada, njegovih aktivnosti i pozicioniranje na globalnom ugledu.[27]

Zadatak je zasigurno i na promoviranju gospodarskog razvoja grada ciljem daljnjeg korištenja podataka od strane trećih strana (građana, poduzeća, sveučilišta) kroz koncept otvorenog pristupa (eng. Open data) građanima koji su primarno tvorci aplikacija. Otvoreni standardi osiguravaju transparentnost pristupa i dugoročnu održivost kroz mogućnost razvoja novih rješenja. Također uvijek postoji i mogućnost prijave za financiranje novih projekata kroz dostupna sredstva EU fondova kao i priprema drugih budućih projektnih aplikacija.

Najbolji primjer potrebe centralnog mjesta za koordinaciju različitih segmenata u pametnom gradu je aplikacija Dubrovačko oko, koja je pak domaća verzija aplikacija kao „Popravi moju ulicu“ (eng. FixMyStreet). Princip aplikacije je da građanima omogućuje jednostavnu prijavu, pregled te komentiranje nepravilnosti i problema. Usluga je namijenjena za održavanje i povećanje kvalitete korištenja javnih gradskih površina i infrastrukture. Princip aplikacije je da građanin prilikom prijave problema priloži sliku problema, upiše adresu lokacije, naslov problema, kratak opis i odabere tematiku kategorije. Statistika aplikacije bilježi do sada 2271 prijava. Na sljedećoj slici 10 je prikazana kategorizacija prijava.

²⁷ Deloitte. Strategija razvoja pametnog grada Dubrovnika-Dubrovnik smart city (DUSC); 2015



Slika 9. Statistika aplikacije Dubrovačko oko

Prijave obrađuje stručna služba Grada Dubrovnika. Pri zaprimanju, odnosno nakon obrade, kontaktiraju se nadležna tijela, nakon čega nadležni Upravni odjel ili gradsko poduzeće prijave rješava u najkraćem mogućem roku. U određenim slučajevima se izdaju nalozi za izvedbu radova trećim osobama što može dodatno prolongirati rješavanje prijave.[28]

Od ukupnog broja zaprimljenih prijava kojih je 2271, 1071 je riješenih, 891 postupak je u tijeku rješavanja, 246 nisu u nadležnosti i izvan nadležnosti - neriješenih prijava je 63.

²⁸ <https://www.dubrovacko-oko.hr/instructions>

8. ZAKLJUČAK

Tehnologija sve više oblikuje stvarnost na način čovjekovog komuniciranja sa okruženjem. Tehnološka baza umreženog komunikacijskog sustava, pametnih uređaja i senzora prvi su korak pametnog grada. Korištenje tehnologije internet stvari i senzora na gradskoj infrastrukturi moguće je implementirati jedino ako se može primijeniti u radu i ako je prihvaćeno od strane korisnika

Koncept pojedinih rješenja pametnog grada upotrijebljen je u mnogim gradovima, ali je još daleko od dostignuća punog potencijala

Milijuni pametnih telefona postaju ključevi grada, omogućavaju otvaranje trenutnih informacije o stanju prometu i drugih usluga. Korisnici pametnih telefona nisu samo pasivni u korištenju usluga, nego imaju mogućnost aktivnog sudjelovanja i potencijalnog oblikovanja usluga.

Upotrebom pametnog grada smanjuju se troškovi prikupljanja podataka o obrascima upotrebe, potrošnja energije, vode, novaca, goriva, itd. Povećava se učinkovitost i efikasnost postojećih kapaciteta i usluga, te se potiču novi moderni oblici upravljanja koji naglašavaju čiste oblike izvora energije.

Ideja pametnog grada generalno poboljšava zdravlje građana, naglašava kvalitetu zraka, socijalnu povezanost i uključivost te sigurnost u zajedničkom prostoru stanovnika.

LITERATURA

- [1] Smith A. Bogatstvo naroda istraživanje prirode i uzroka bogatstva naroda. Zagreb: Masmedia; 2007
- [2] <https://www.britannica.com/place/Manchester-England> [*Pristupljeno: svibanj 2020.*]
- [3] http://www.croatianhistory.net/etf/antun_lucic_info.html [*Pristupljeno: svibanj 2020.*]
- [4] https://hr.wikipedia.org/wiki/Druga_industrijska_revolucija [*Pristupljeno: svibanj 2020.*]
- [5] <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=62073> [*Pristupljeno: svibanj 2020.*]
- [6] <https://computer.howstuffworks.com/10-most-popular-computers-in-history10.htm> [*Pristupljeno: svibanj 2020.*]
- [7] <https://www.britannica.com/technology/telephone#ref279893> [*Pristupljeno: svibanj 2020.*]
- [8] <https://www.portofon.com/testovi/prvi-mobitel-svijetu-motorola-dynatac-8000x> [*Pristupljeno: svibanj 2020.*]
- [9] <https://www.statista.com/statistics/330695/number-of-smartphone-users-worldwide/> [*Pristupljeno: svibanj 2020.*]
- [10] <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=66413> [*Pristupljeno: svibanj 2020.*]
- [11] <http://www.historyofinformation.com/detail.php?id=3846> [*Pristupljeno: lipanj 2020.*]
- [12] <https://dzone.com/articles/5-iot-trends-to-watch-for-in-2018> [*Pristupljeno: lipanj 2020.*]
- [13] <https://www.designtechproducts.com/articles/3d-printers-industry-4> [*Pristupljeno: lipanj 2020.*]
- [14] Centre of Regional Science. Smart cities - Ranking of European medium-sized cities: Vienna UT; 2007
- [15] https://cdn.ihs.com/www/pdf/IoT_ebook.pdf [*Pristupljeno: lipanj 2020.*]
- [16] <https://www.link-labs.com/blog/nb-iot-vs-lora-vs-sigfox> [*Pristupljeno: lipanj 2020.*]
- [17] <https://mreza.bug.hr/lorawan-za-iot-svijet/> [*Pristupljeno: lipanj 2020.*]
- [18] <https://www.scientificamerican.com/article/what-is-the-smart-grid/> [*Pristupljeno: lipanj 2020.*].

- [19] <https://delos.com.au/approximately-90-of-our-time-is-now-spent-indoors-heres-how-to-make-your-home-a-healthier-place-to-be/> [*Pristupljeno: lipanj 2020.*]
- [20] <https://worldgbc.org/clean-air-buildings/impacts> [*Pristupljeno: lipanj 2020.*]
- [21] <https://www.solarwalas.com/> [*Pristupljeno: lipanj 2020.*]
- [22] <https://www.tesla.com/gigafactory> [*Pristupljeno: lipanj 2020.*]
- [23] <https://www.mobilisis.com.hr/nbbs-narrowband-parking-sensor> [*Pristupljeno: lipanj 2020.*]
- [24] McKinsey&Company. Smart cities – Digital solutions for a more livable future. Vienna UT; 2018
- [25] <https://gradonacelnik.hr/smart-city/dubrovnik-pprvi-u-hrvatskoj-u-vrtice-i-skole-postavio-senzore-za-mjerenje-kvalitete-zraka/> [*Pristupljeno: lipanj 2020.*]
- [26] <http://bigbellysolar.hr/> [*Pristupljeno: lipanj 2020.*]
- [27] Deloitte. Strategija razvoja pametnog grada Dubrovnika-Dubrovnik smart city (DUSC); 2015
- [28] <https://www.dubrovacko-oklo.hr/instructions> [*Pristupljeno: lipanj 2020.*]

POPIS SLIKA

1. Rast svjetske populacije.....	3
2. Rast mobilnih uređana	9
3. Rast internet stvari uređaja.....	12
4. Izvor goriva za proizvodnju električne energije u svijetu.....	20
5. Solarni paneli na zgradama.....	21
6. Koncept pametne tvornice	22
7. Ulica Iva Vojnovića u Dubrovniku	24
8. Slika „Dubrovnik parking“ mobilna aplikacija.....	25
9. Prikaz senzora na parkirnog mjestu	26
10. Statistika aplikacije Dubrovačko oko	30



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj završni rad
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog rada
pod naslovom **STVARANJE "PAMETNOG GRADA" IZGRADNJOM MREŽE OSJETILA**
na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 8.9.2020.

Student:

V. Čorad
(potpis)