

# Vrste i primjene senzora u pametnim okruženjima

---

Martić, Helena

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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:119:146350>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-19**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Helena Martić**

**VRSTE I PRIMJENE SENZORA U PAMETNIM  
OKRUŽENJIMA**

**ZAVRŠNI RAD**

**Zagreb, 2021.**

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

## **ZAVRŠNI RAD**

# **VRSTE I PRIMJENE SENZORA U PAMETNIM OKRUŽENJIMA TYPES AND APPLICATIONS OF SENSORS IN SMART ENVIRONMENTS**

Mentor: doc. dr. sc. Ivan Forenbacher  
Student: Helena Martić

JMBAG: 0135250477

Zagreb, rujan 2021.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI  
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD**

Zagreb, 11. svibnja 2021.

Zavod: **Zavod za informacijsko komunikacijski promet**  
Predmet: **Arhitektura telekomunikacijske mreže**

## **ZAVRŠNI ZADATAK br. 6112**

Pristupnik: **Helena Martić (0135250477)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Informacijsko-komunikacijski promet**

Zadatak: **Vrste i primjene senzora u pametnim okruženjima**

Opis zadatka:

U radu je potrebno napraviti pregled senzora s primjenom u pametnim okruženjima. Objasniti značajke Interneta stvari. Opisati različita okruženja primjene senzora, poput pametnog doma, pametnog grada i industrije 4.0.

Mentor:



---

doc. dr. sc. Ivan Forenbacher

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

---

## **SAŽETAK**

Cilj ovog završnog rada je pobliže objasniti vrste i primjenu senzora u pametnim okruženjima. Razradom teme utvrđeno je da postoji mnogo vrsta senzora koji imaju široku primjenu u svim aspektima čovjekova života. Pametna okruženja odnose se na pametne domove, gradove i industriju 4.0. Težnjom digitalizacije gradova i industrije nastala su i pametna okruženja koja svakodnevno napreduju. Primjena senzora u pametnim okruženjima ima i dobre i loše strane no prednost je ipak u većem broju. Jedna od bitnijih prednosti je učinkovito raspolaganje resursima što uvelike pomaže u rješavanju ekoloških problema. Gledajući unatrag, znanost i tehnologija uvelike se napredovale, a samim time neprestano napreduje i upotreba senzora u svrhu digitalizacije okruženja. Daljnji napredak otvorit će vrata novoj tehnološkoj eri u području svih grana industrije.

Ključne riječi: senzor, Internet stvari, sustav, pametna okruženja

## **SUMMARY**

The aim of this final paper is to explain types and applications of sensors in smart environments. By elaborating the topic, it was found that there are many types of sensors that have wide application in all aspects of human life. Smart environments apply to smart homes, cities and Industry 4.0. As a result of the digitalization of cities and industry, smart environments have been created and are progressing every day. The use of sensors in smart environments has both good and bad sides, but the advantages are still greater. One of the most important advantages is the efficient disposal of resources, which helps in solving environmental problems. Looking back, science and technology have a big progress, and thus the use of sensors for the purpose of digitizing the environment is constantly advancing. Further progress will open the door to a new technological era in all industries.

keywords: sensor, Internet of Things, system, smart environments

# Sadržaj

1. Uvod .....	1
2. Pregled senzora .....	3
2.1. Povijest senzora .....	3
2.2. Podjela senzora .....	4
2.2.1. Podjela prema vrsti senzora .....	5
2.2.2. Ostale podjele .....	6
2.3. Smart senzori .....	7
2.4. Arhitektura senzora .....	8
3. Internet of Things tehnologija .....	10
3.1. Arhitektura IoT tehnologije .....	12
3.2. Prednosti i nedostaci IoT tehnologije .....	13
4. Pametni dom .....	14
4.1. Sustavi u pametnom domu .....	14
4.2. Prednosti i nedostaci pametnih domova .....	20
5. Pametni grad .....	22
5.1. Arhitektura pametnih gradova .....	22
5.2. Primjena senzora u pametnim gradovima .....	24
6. Industrija 4.0 .....	26
6.1. Razvojni koraci industrije .....	27
6.2. Tehnologije i pojmovi industrije 4.0 .....	28
6.3. Primjeri industrije 4.0 .....	29
6.4. Prednosti i nedostaci industrije 4.0 .....	32
7. Zaključak .....	34
Literatura .....	35
Popis slika .....	39

# 1. UVOD

Život današnjice bez pametnog terminalnog uređaja je nezamisliv te svatko ima minimalno jedan uz sebe. Senzori na uređajima služe za detekciju događaja od interesa te su rasprostranjeni u skoro svakoj grani industrije i proizvodnje. Svakim danom tehnologija napreduje i samim time je i primjena senzora sve veća. Senzori međusobno povezanih uređaja omogućuju korisniku lakše upravljanje i snalaženje u svakodnevnim situacijama, smanjenje troškova, veću sigurnost korištenja i mnoge druge povlastice.

Obradom ove teme predstavljaju se senzori i široka primjena senzora u čovjekovoj svakodnevici. Poblje se opisuju neke od primjena senzora u pametnome gradu, pametnome domu i industriji 4.0. Ovu temu važno je izučavati iz perspektive arhitekture mreža kako bi se bolje shvatile prednosti i nedostaci pametnih okruženja radi poboljšanja i daljnjeg napretka tehnologije i pristupačnosti korisniku.

Naslov teme završnog rada je „*Vrste i primjene senzora u pametnim okruženjima*“, a cilj rada je poblje prikazati senzore i vrste istih, objasniti značajke Internet stvari te opisati različita okruženja primjene pametnih senzora, poput pametnog doma, grad i industrije 4.0. Rad se dijeli na 7 poglavlja:

1. Uvod
2. Pregled senzora
3. Internet of Things tehnologija
4. Pametni dom
5. Pametni grad
6. Industrija 4.0
7. Zaključak

Drugo poglavlje “Pregled senzora“ govori općenito o sensorima i njihovoj podjeli po određenim karakteristikama.

Treće poglavlje poblje opisuje termin Internet stvari (Internet of Things), njegovu arhitekturu i komunikacijske tehnologije usko povezane s Internet stvarima.

Sljedeće poglavlje pobliže opisuje koncept pametnog doma, koji pametni sustavi se nalaze u domu te senzore u navedenim sustavima.

Peto poglavlje predstavlja pojam pametnoga grada, opisuje njegovu arhitekturu i primjenu senzora.

U šestom poglavlju opisuje se pojam Industrije 4.0, njezin razvoj kroz povijest i primjere na nekim granama industrije.



## 2. PREGLED SENZORA

Senzor (engleski „Sensor“ te po latinskoj riječi „Sensus“ što znači osjećanje, osjećaj ili osjetilo) je uređaj koji detektira određeni događaj od interesa (na primjer može mjeriti određenu fizikalnu veličinu iz okoline kao što su temperatura, vlažnost zraka ili tlak) i pretvara ga u signal (najčešće električni) koji se dalje obrađuje u određene svrhe. Senzori se mogu pronaći u svakodnevnim predmetima koje ljudi koriste kao gumb lifta, lampa koja se pali na dodir, senzori na osobnome automobilu ili mobilnom uređaju. Senzori imaju široku primjenu u svemu što okružuje samoga čovjeka uključujući automobilsku industriju, letjelice, medicinu, proizvodnju, robotiku i druge. [1]

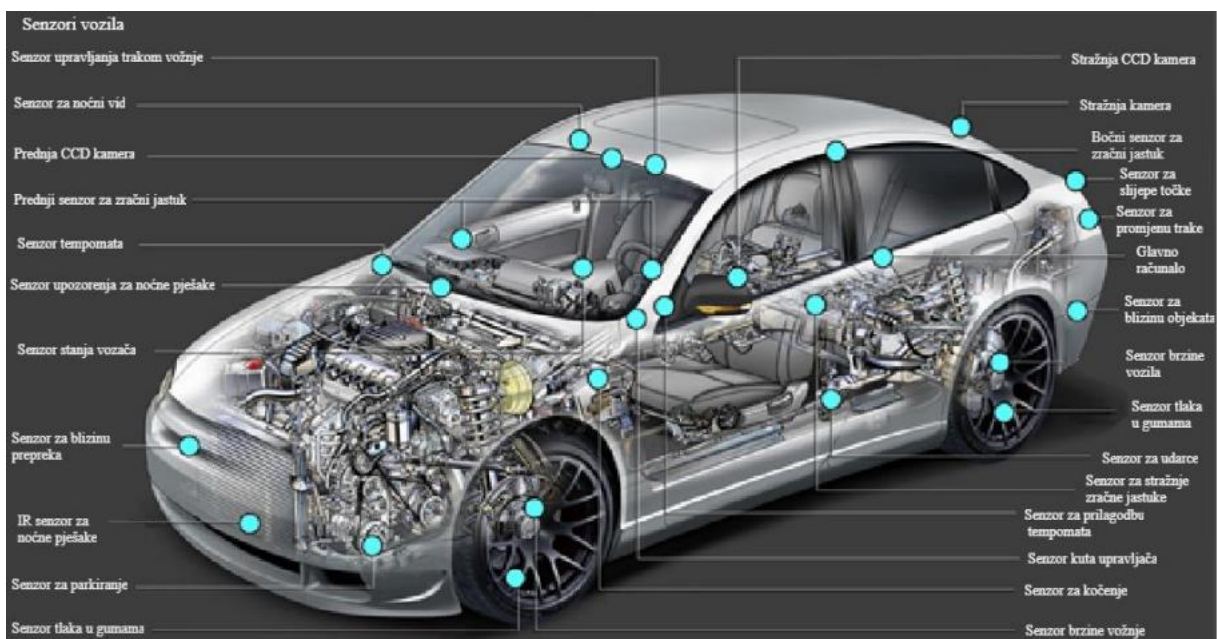
### 2.1. Povijest senzora

S vremenom senzori su se razvijali sukladno razvitku znanosti i otkrivanjem novih svojstava materijala te potrebama ljudi. U automobilskoj industriji može se primijetiti najveći razvitak senzora kroz povijest.

Prvi suvremeni senzor je senzor koji se upotrebljava kao protuprovalni alarm za dom koji se počeo koristiti sredinom dvadesetog stoljeća i izumio ga je Samuel Bagno. Senzor za pokret razvio se za vrijeme Drugog svjetskog rata unaprjeđenjem tehnologije praćenja i nadzora čime dolazi do unaprjeđenja senzora za pokret. Senzor se sastojao od mreže ultrazvučnih valova koje je modem odašiljao širom prostorije te su se oni vraćali u modem odbijanjem od statičkih objekata. Alarm se aktivira tako što modem detektira anomalije u putanjama valova koje izazivaju pokret. Napretkom tehnologije, primjenu senzora za pokret možemo pronaći korištenu i u svrhu zabave (Nintendo Wii kombinacija daljinskog i joystick upravljača koji sadržavaju senzore ubrzanja i infracrveno orijentiranje). Osim za zabavu, model Tesla S ima dvanaest senzora za detekciju ultrazvučnih valova koji služe za nadziranje okruženja automobila te detekciju pri parkiranju. [1]

Lambda sonda je senzor kojemu je zadatak prosljeđivanje informacija o tome koliki se postotak kisika nalazi u ispušnim plinovima automobila. Ti skupovi podataka se šalju u centralnu jedinicu automobila. Prve lambda sonde izumile su se od strane kompanije

Robert Bosch 1970. godine i primjenjivane su u Volvu. Temperatura auspuha je ta koja je zagrijavala prve lambda sonde te ih tako dovela do njihove radne temperature. U periodu zagrijavanja lambda sonde na radnu temperaturu računalo automobila (Engine Control Unit) ne bi imalo povratne informacije što je bio velik izazov koji je bilo potrebno riješiti. U svrhu rješavanja tog izazova u centar lambda sonde ugradio se keramički grijač. Kasnije je sve više rasla potražnja za lambda sondama čime je došlo do razvoja senzora i razvitka automobilske industrije. Automobili današnjice mogu sadržavati preko 20 senzora od jednostavnijih do složenijih prikazanih na slici 1. kao što su senzori brzine vožnje, senzori detekcije tlaka u gumama, senzor parkiranja, senzor za zračne jastuke i drugi. [1]



Slika 1. Senzori na automobilu [2]

## 2.2. Podjela senzora

Postoje razne podjele senzora prema vrsti i ostalim karakteristikama te se razlikuju po složenosti.

Osnovna podjela je podjela senzora prema prirodi izlazne veličine. Senzori mogu imati električni i mehanički izlazni signal.

Senzori s električnim izlaznim signalom se razlikuju prema izvoru napajanja na [3]:

- pasivni senzori (senzori otpora, kapacitivni senzori, induktivni senzori),
- aktivni senzori (elektromagnetski senzori, termoelektrični senzori).

Pasivni senzori su senzori koji zahtijevaju konstantno napajanje strujom kako bi se dobio izlazni električni signal.

Nasuprot pasivnim sensorima, aktivni senzori ne zahtijevaju konstantno napajanje strujom.

Senzori s mehaničkim izlaznim signalom se najčešće koriste kao primarni senzorski element nakon čega se koriste senzori s električnim izlaznim signalom.[3]

### *2.2.1. Podjela prema vrsti senzora*

#### **Temperaturni senzori**

Najčešće mjerena fizička veličina u svim granama industrije je temperatura. Termostat je uređaj koji mjeri temperaturu i nalazi se u raznim sustavima, a neki od njih su sustav za grijanje, klima uređaji, hladnjaci i dr. [1]

Među temperaturne senzore pribrajaju se ekspanzijski termometri kod kojih se promjenom temperature širi/skuplja metal ili fluid te bimetalni termometri koji rade na osnovi para metala koji imaju drugačiju otpornost na temperaturu. Senzor temperature obično se oslanja na RTD (Resistance Thermometer Devices) ili termistor za mjerenje temperature i pretvaranje u izlazni napon. [1]

#### **Kapacitivni senzori**

Kapacitivni senzori su beskontaktni senzori korišteni za mjerenje linearnih pomaka. Čini ih par metalnih ploča koje dijeli izolacijski materijal (dielektrik). [1]

Mogu se upotrebljavati u svrhu određivanja razine vode i ostalih fluida u obliku krajnjeg prekidača. Negativna strana senzora je nakupljanje prašine na radnoj površini senzora što dovodi do mogućnosti davanja pogrešnoga signala, a pozitivna to što mogu detektirati traženi pomak kroz krutu barijeru. [4]

## **Induktivni senzori**

Induktivni senzori temeljeni su na načelima magnetnih krugova. Ova vrsta senzora može biti aktivna i pasivna. [1]

Induktivni senzori nisu osjetljivi na vodu, pri radu im također ne smetaju ulje, prljavština pa čak ni hrapava površina koja se detektira. Otpornost na udarce i vibracije još su neke od dobrih strana indukcijskih senzora. [1]

## **Svjetlosni senzori**

Svjetlosni senzori služe za detekciju svjetla. Neke od vrsta su fotodiode i fotootpornici koji imaju upotrebu u proizvodnji i industriji. Najveća prisutnost takvih senzora je u raznim terminalnim uređajima. [5]

## **Optički senzori**

Optički senzor je senzor koji radi na principu promjene parametara optičkog signala s promjenom fizičke veličine. Koristi se za beskontaktno detektiranje predmeta i pritom nije bitan materijal od kojega su izgrađeni. Optički senzori odašilju nevidljivu infracrvenu ili vidljivu crvenu svjetlost. [5]

## **Senzori za mjerenje vibracija**

Strojevi na električnu energiju pri radu stvaraju vibracijske smetnje i buku. Senzori za mjerenje vibracija namijenjeni su mjerenju vibracija unutar motora. Postoje kontaktni senzori kojima je potreban fizički kontakt kako bi detektirali vibraciju i beskontaktni koji ne zahtijevaju fizički kontakt pri mjerenju. [3]

### *2.2.2. Ostale podjele*

Uz podjelu prema vrsti senzori se mogu podijeliti i s obzirom na [3]:

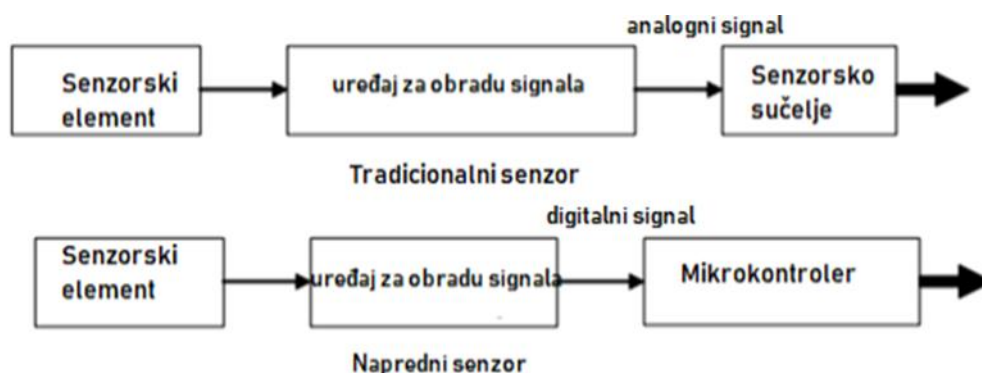
- vrstu izlaznog signala (analogni, digitalni),
- princip rada gabarita (normalni, malogabaritni, minijaturni),
- način upotrebe (stacionarni, prenosivi),
- unutrašnju strukturu (direktni, kompenzacioni),
- pouzdanost (pouzdati, nepouzdati),

- karakteristike (osjetljivost, stabilnost, linearnost, okolišni uvjeti, raspon podražaja, točnost, selektivnost, brzina odgovora, životni vijek, cijena, veličina, težina...),
- područje primjene (poljodjelstvo, automobilska industrija, zdravstvo, elektroenergetika, proces proizvodnje, znanstvena istraživanja, meteorologija, ekologija, pomorstvo, informatika, telekomunikacije, vojna industrija, domaćinstvo...). [6]

### 2.3. Smart senzori

Smart (pametni) senzori imaju i komunikacijsko sučelje. Komunikacijsko sučelje služi kao jedinica za obradu podataka te je u funkciji skupa s mikrokontrolerom radi izvršavanja dodatnih funkcija. [3]

Pametni senzor se sastoji od elementa za pretvaranje, komponente koja obrađuje signal i kontrolera/procesora. Glavna namjena smart senzora je napraviti tzv. inteligentne senzore koji bi na temelju detektiranja događaja od interesa donosili i određene odluke ovisno o namjeni. Tradicionalni senzor se razlikuje od naprednog tj. smart senzora što je prikazano slikom 2. [3]



Slika 2. Razlika tradicionalnog i pametnog senzora [3]

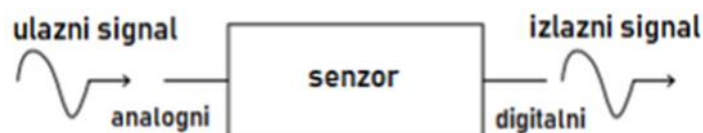
Pametni senzori kao i tradicionalni senzor imaju mogućnost izvršavanja jedne ili više funkcija kao što su pretvaranje podataka, a mogu obavljati i komunikaciju u dva smjera te obavljati razne logičke operacije. [7]

Prednosti koncepta pametnog senzora su [7]:

- lakše održavanje,
- skraćeno vrijeme zastoja,
- veća pouzdanost,
- sustavi otporni na kvarove,
- prilagodljivost,
- niža cijena,
- manja težina,
- manje međusobnih veza između više senzora i upravljačkih sustava,
- manje složena arhitektura sustava.

## 2.4. Arhitektura senzora

Rad senzora temelji se na detekciji događaja od interesa i pretvara ga u signal što obavlja pretvarač (transducer). Signal se pretvara u izlaz koji je lako čitljiv i razumljiv daljnjim dijelovima uređaja na koji se šalje (kontrolna jedinica računala). Pretvarač samim svojim nazivom obavlja funkciju pretvaranja jednog oblika energije u drugi (npr. izmjerenu fizičku veličinu u električni signal koji se može lako mjeriti), a senzor zapravo pretvara izlaz pretvarača u format koji je čitljiv kontrolnim jedinicama kao što je struja. Princip rada senzora vidljiv je na slici 3. [3]



Slika 3. Princip rada senzora [3]

Podražaji u većini slučajeva nisu električnog oblika energije, stoga senzor vrši nekolicinu koraka pretvaranja signala u drugi oblik sve do izlaza kako bi se proizveo izlaz električnog signala. Senzor je uvijek dio većeg sustava i može se nalaziti unutar ili izvan uređaja. [3]

Senzor se sastoji od dijelova kao što su senzorski element, komponenta kojoj je funkcija obrada signala (signal conditioner) te analogno-digitalni pretvarač koji pretvara analogni signal u digitalni (ADC). [3]

Izlazni analogni signali senzorskog elementa su vrlo niski pa ih treba pojačati i pročistiti kako bi se signal digitalizirao. Funkcije prije nego što se analogni signal pretvori u digitalni obavljaju uređaji za obradu ulaznog signala (signal conditioners). [3]

Analogno-digitalni pretvarač (ADC) pretvara analogni signal u digitalni pogodan za daljnju obradu podataka na računalu. Takav signal prenosi se pomoću komunikacijskih protokola. [3]

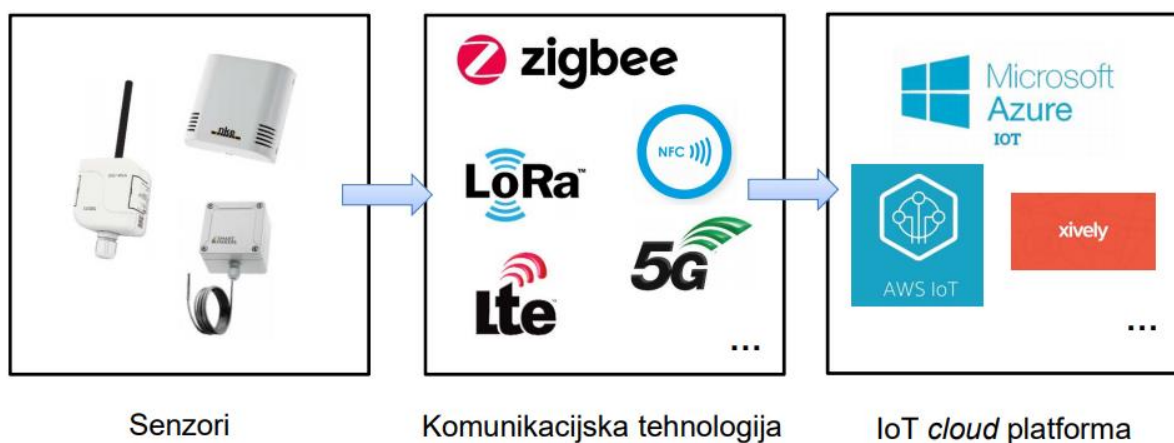
### 3. INTERNET OF THINGS TEHNOLOGIJA

Mogućnosti Internet Stvari (Internet of Things, IoT) su neograničene te je sam pojam rasprostranjen svuda oko čovjeka.

Internet of Things predstavlja međusobnu povezivost i komunikaciju između uređaja/ senzora. Senzori služe za detekciju događaja od interesa te je podatak o detektiranom događaju potrebno poslati u mrežni poslužitelj/cloud rješenje. Iznimno je važno odabrati pristupnu komunikacijsku tehnologiju koja će se za to koristiti (Slika 4.). Na slici je prikaz procesa povezivanja senzora putem odabranih komunikacijskih tehnologija (Zigbee, LoRa, NFC, Lte) na neke od servisa u oblaku kao što su Microsoft Azure IoT, AWS IoT i xively. [8]

Komunikacijske tehnologije mogu se podijeliti na osnovi područja pokrivanja i to na [8]:

- tehnologije malog područja pokrivenosti (NFC/RFID, IEEE 802.15.14 (Zigbee)),
- tehnologije srednjeg područja pokrivenosti (IEEE 802.11 (Wi-Fi)),
- tehnologije širokog područja pokrivenosti (2G/GSM, 3G/UMTS, 4G/LTE, 5G),
- tehnologije širokog područja pokrivenosti s malom snagom (LPWAN, Low Power Wide Area Network).



Slika 4. Međusobna povezivost senzora [8]



Ovakav koncept omogućava upravljanje na daljinu u svrhu povezivanja svakodnevnih fizičkih uređaja na internet, što omogućava razmjenu podataka u svakome trenutku (Slika 5.) Na slici se nalazi pojednostavljeni prikaz povezivanja senzora s korisnikovim terminalnim uređajem preko servisa u oblaku. [9]



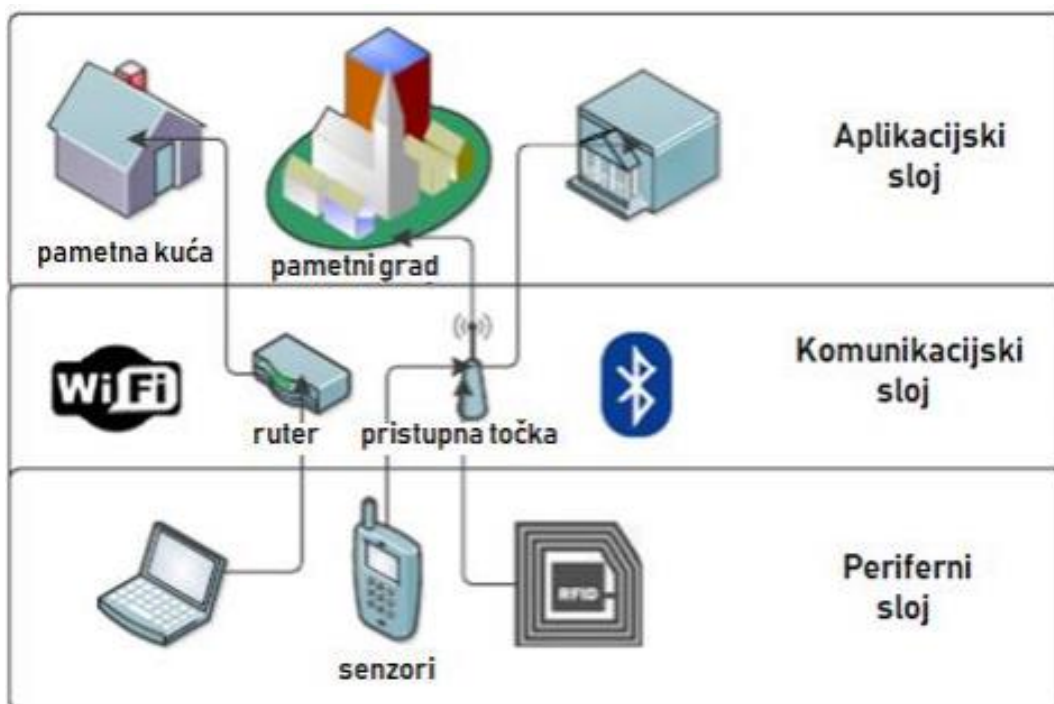
Slika 5. Shema funkcioniranja IoT sustava [9]

Rad osnovan na konceptu umreženosti omogućuje direktnu komunikaciju među fizičkim uređajima odnosno komunikaciju između dva ili više uređaja (eng. Machine to Machine - M2M), stoga IoT pronalazi svoju primjenu u industriji, kućnoj automatizaciji, medicini, trgovini, transportu i raznim drugim okruženjima. [10]

### 3.1. Arhitektura IoT tehnologije

Internet of Things tehnologija temeljena je na tri tehnološka sloja (Slika 6.) [3]:

- sloj percepcije (hardverski sloj) – u ovome sloju obavljaju se funkcije identifikacije objekata te proces prikupljanja podataka. Sloj sadrži razne senzore i čipove te termalne uređaje na kojima su informacije prikazane. Može se sastojati i od RFID oznaka te njihovih čitača/pisača;
- komunikacijski sloj – sloj koji obavlja prijenos informacija koje su se prikupile putem percepcijskog tj. Hardverskog sloja. Glavni dijelovi komunikacijskoga sloja su bežične i žične mreže, Internet i sustavi koji mrežom upravljaju;
- aplikacijski sloj (softverski sloj) – aplikacijski sloj služi za pohranu podataka, analizu te otkrivanje događaja od interesa, upotrebljavaju se inteligentna rješenja i obavljaju razne funkcije od strane korisnika.



Slika 6. Arhitektura IoT [3]

## 3.2. Prednosti i nedostaci IoT tehnologije

IoT kao i svi razvijeni sustavi sadrži razne prednosti i nedostatke.

### 3.2.1. Prednosti

Neke od prednosti su [11]:

- učinkovito raspolaganje resursima, to jest spoznaja funkcionalnosti i načina rada određenog sustava, te samim time omogućava korisnicima učinkovitije korištenje resursa;
- smanjen ljudski napor time što će uređaji međusobnom komunikacijom izvršiti određene zadatke;
- ušteda vremena;
- automatsko prikupljanje podataka putem ugrađenih senzora;
- poboljšani rad međusobnom komunikacijom fizičkih uređaja čime je omogućen uvid u potpuni rad sustava i detekcija anomalija.

### 3.2.2. Nedostaci

IoT razvitkom tehnologije smanjuje i količinu svojih nedostataka no uvijek se pronalaze sljedeći [11]:

- sigurnost – radom na mreži pruža izloženost svim mrežnim napadima,
- IoT sustav sadrži velik broj izloženih osobnih podataka,
- složenost i trošak izgradnje sustava – dizajn, razvoj, održavanje i puštanje u pogon velikih IoT sustava je zahtjevan zadatak jer bez kompatibilnosti svih dijelova sustava, sustav nikako neće funkcionirati.

## 4. PAMETNI DOM

Pametni dom (Smart Home – pametna kuća) označava pojam povezanosti raznih termalnih uređaja u unutrašnjosti i neposrednoj okolini kuće. Danas se može nabrojati preko 20 uređaja unutar doma koji mogu biti međusobno povezani. Primjeri uređaja koji se mogu povezati su termostati, hladnjaci, sigurnosne kamere, detektori dima, žarulje, sustavi za zabavu, prozori, brave na vratima kuće, sustavi za hlađenje i grijanje doma te mnogi drugi. [3]

Pametni dom se može opremiti ugrađivanjem raznih senzora i uređaja povezanih na internet putem kojega su svi ti uređaji spojeni na jedno središte putem kojega će međusobno komunicirati i omogućiti korisniku upravljanje putem mobilnoga uređaja ili drugog umreženog uređaja. Ti isti uređaji moraju biti kompatibilni kako bi se moglo upravljati istim kroz jedno zajedničko korisničko sučelje. [12]

Uređaji u pametnome domu mogu se povezati žično ili bežično, no u većini slučajeva, napretkom tehnologije, uređaji su povezani bežičnim putem.

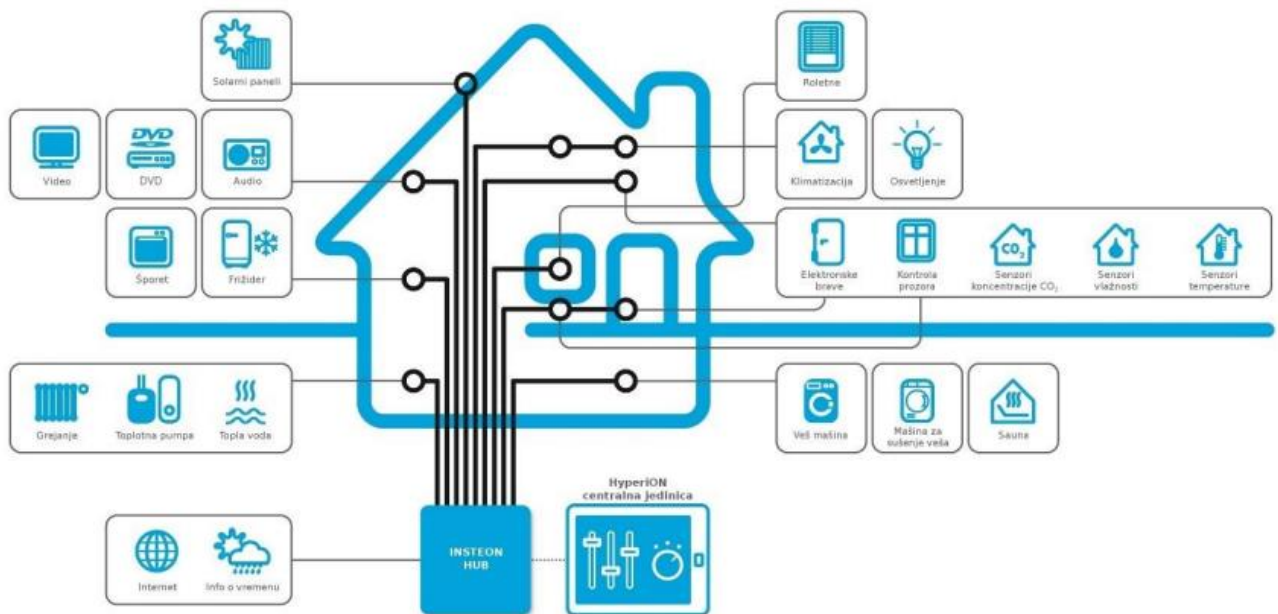
### 4.1. Sustavi u pametnom domu

Pametni dom sastoji se od velikoga broja senzora ugrađenih u uređaje koje ljudi koriste u svakodnevici. Nadalje, uređaji mogu sadržavati jedan ili više pametnih senzora ugrađenih u li na samome uređaju.

Neki od pametnih sustava u domu su sljedeći i vidljivi su na slici 7. [13].:

- sustavi za upravljanje i nadzor,
- sustav za upravljanje trošilima,
- sustavi grijanja,
- sustavi hlađenja,
- sustavi za zabavu,

- i ostali.



Slika 7. Koncept arhitekture mreže okruženja pametne kuće [14]

#### 4.1.1. Pametno osvetljenje

Sustavi pametnoga osvetljenja sustavi su koji međusobno lako i jednostavno komuniciraju te su lako ugradivi i prilično jeftini za ugradnju u domu.

Za većinu pametne rasvjete koriste se pametni prekidači i utikači. Sustavi za rasvjetu u pametnome domu sastoje se od mnogih senzora. Neki su senzori svjetlosti, senzori temperature i drugi. Pomoću aplikacije na pametnom terminalnom uređaju mogu se kontrolirati sve pametne žarulje (vidljiva na slici 8.) te ju koristiti i za programiranje scena i rasporeda osvetljenja. [12]



**Slika 8. Yeelight pametna žarulja (višebojna), (nalazi se u sklopu Laboratorija za modeliranje i optimiranje informacijsko-komunikacijskih mreža i usluga na Fakultetu prometnih znanosti)**

Uštede pri potrošnji električne energije postižu se primjenom senzora za rasvjetu, senzora koji detektiraju prisutnost i razne druge ulazne signale. [13]

Senzori detekcije prisutnosti ili odsutnosti djeluju na prisutnost ljudi ili bilo kakvih pokretnih objekata u svom vidnom polju. Uz pomoć detektora kretanja detektiraju svaki pokret u prostoru, elektronskom upravljačkom jedinicom upravljaju kakva će biti reakcija na određeni pokret te prekidačem kojim upravlja (relej). Senzor osjetljiv na pokret je toliko razvijen da ne djeluje samo na prisutnost već i odsutnost korisnika ili pokretnog objekta u prostoru. [13]

#### 4.1.2. Sustavi grijanja

Sustavi grijanja omogućuju kontrolu zagrijavanja svih prostorija u kući čak i kada korisnik nije u svome domu.

Pametni sustavi grijanja omogućuju uštedu energije time da ne daju paljenje grijanja dok su prozori otvoreni te sadrži li sustav i vanjski temperaturni senzor unutarnji prostor će se grijati u skladu s godišnji dobom.

Senzori koji mogu biti korišteni kod sustava grijanja su senzori temperature, pokreta, senzor osvjetljenja, senzor vlažnosti zraka i drugi. [13]

Slika 9. prikazuje pametni termostat Nest koji služi za mijenjanje temperature s udaljenog mjesta uz pomoć aplikacije. Uređaj pamti i kada korisnika nema u prostoriji te potom korigira temperaturu prostorije. Na lijevoj strani može se vidjeti Heat Link uređaj koji upravlja bojlerom.



**Slika 9. Heat Link (lijevo) i Nest pametni termostat (desno), (senzori u sklopu Laboratorija za modeliranje i optimiranje informacijsko-komunikacijskih mreža i usluga na Fakultetu prometnih znanosti)**

#### 4.1.3. Sustav za upravljanje trošilima

Sustav za upravljanje trošilima pruža korisniku mogućnost upravljanja više uređaja odjednom. Mogućnost je paljenje ili gašenje uređaja u zadanom vremenu, što je dobro primijeniti u trenucima niže cijene električne energije radi uštede iste. [13]

Središnja jedinica za upravljanje povezana je sa svim sensorima u pametnom domu. Povezanost omogućuje upravljanje trošilima sukladno na kojemu je mjestu korisnik ili stanju prozora i vrata te vanjskoj temperaturi. [13]

#### 4.1.4. Sustav sigurnosne zaštite

Zaštita uz pomoć klasičnih alarma koji u sebi imaju senzore pokreta su osnovni elementi sustava zaštite.

Korisniku se nudi i simulacija prisustva dok korisnik nije u svom domu kako bi se izbjegle provale. Simulacije mogu biti paljenje i gašenje rasvjete, podizanje i spuštanje roleta ili upravljanje audio sustavom doma. [13]

Postoje razne verzije sigurnosnih kamera koje se koriste za pametni dom, a to mogu biti unutarnje kamere, vanjske kamere koje mogu imati i svjetlo za osvjetljavanje puta te kamere ugrađene u zvona na vratima koje omogućuju i interakciju s posjetiteljima čak i ako domaćina nema u domu. [3]

Slika 10. prikazuje jedan sigurnosni sustav u pametnom domu. Sustav se sastoji od Wi-Fi kamere koja sadrži senzore za vrata i prozore, senzor pokreta te senzor temperature i senzor vlažnosti zraka.





**Slika 10. Edimax komplet uređaja za pametnu kuću (komplet je u sklopu Laboratorija za modeliranje i optimiranje informacijsko-komunikacijskih mreža i usluga na Fakultetu prometnih znanosti)**

#### 4.1.5. Sustavi ozvučenja i video sustavi

Integracijom audio i video sustava pametna kuća omogućuje korisniku da prilikom odabira filma ili glazbe prilagodi i druge sustave pametne kuće odabiru kako bi atmosfera bila što ugodnija. Na primjer to može biti onemogućavanje zvona, prigušivanje rasvjete, utišavanje telefona ili spuštanje zastora.

U sustavu ozvučenja i video sustavima pametne kuće mogu se koristiti razni senzori koji su međusobno integrirani, a neki od njih su senzor zvuka, senzor pokreta, senzor svjetla te optički senzor. [13]

#### 4.1.6. Ostali pametni sustavi

Svi pametni sustavi u pametnoj kući mogu biti međusobno povezani i djelovati u isto vrijeme.

Pametni dom može sadržavati bezbroj pametnih sustava, a oni malo rjeđe zastupljeni su:

- pametno navodnjavanje,
- pametni detektori dima i ugljičnog monoksida,
- pametni sustavi okućnice,
- automatizacija bazena,
- i drugi.

Integracijom svih sustava pametnom domu najčešće korišteni senzori su:

- senzori pokreta,
- senzori svjetlosti,
- senzori prisutnosti ili odsutnosti,
- senzori za temperaturu,
- senzori za kišu,
- senzori za vlažnost tla,
- senzori za vlažnost zraka,
- senzori plinova,
- senzori poplave,
- senzori dima.

## **4.2. Prednosti i nedostaci pametnih domova**

### **4.2.1. Prednosti**

Prednosti pametnog doma su velike te se razvitkom tehnologije i povećavaju, a to su [15]:

- ušteda potrošnje električne energije (mogućnost određivanja kada će uređaji u domu raditi ili se gasiti po izmjerenim parametrima iz okoline umjesto da cijelo vrijeme crpe električnu energiju) čime su uvelike i smanjeni troškovi korisnika,
- kvalitetniji način života olakšanim upravljanjem sustava u domu,

- sigurnost stanovanja ugrađivanjem naprednih pametnih sustava kao što je sigurnosna kamera i razni detektori,
- praktičnost uporabe svih elemenata doma (svjetla će se paliti/gasiti sama umjesto na prekidač).

#### 4.2.2. Nedostaci

Kao i svaki pametni sustav, pametni dom ima i svoje nedostatke [15]:

- sigurnosni rizici i greške zbog izloženosti velike količine prikupljenih podataka što olakšava i napade od treće strane,
- troškovi kreiranja pametnih sustava ugradnjom potrebne inovativne opreme koja mora biti usklađena po određenim karakteristikama kako bi mogla skupno funkcionirati.

## 5. PAMETNI GRAD

Pametni grad (Smart City) obuhvaća koncept integriranog i održivog grada koji će povećati kvalitetu života ljudi i znatno poboljšati odnose prema prirodi. [3]

Smart senzori i komunikacijske tehnologije nose glavnu ulogu i služe za povezivanje senzora u jednu funkcionalnu cjelinu. Pametni gradovi sadrže razne senzore koji mjere fizičke veličine po raznim kriterijima iz okoliša, prate infrastrukturu prometa i cijeloga sustava pametnoga grada, zgrade, ceste, mostove, kuće i drugo. [3]

### 5.1. Arhitektura pametnih gradova

Pametni grad sastoji se od 4 osnovna sloja, a to su [3]:

- senzorski sloj,
- komunikacijski sloj,
- platformski sloj,
- aplikacijski sloj.

Svaki sloj ima određene funkcije koje obavlja od prikupljanja informacija do pametnog upravljanja.

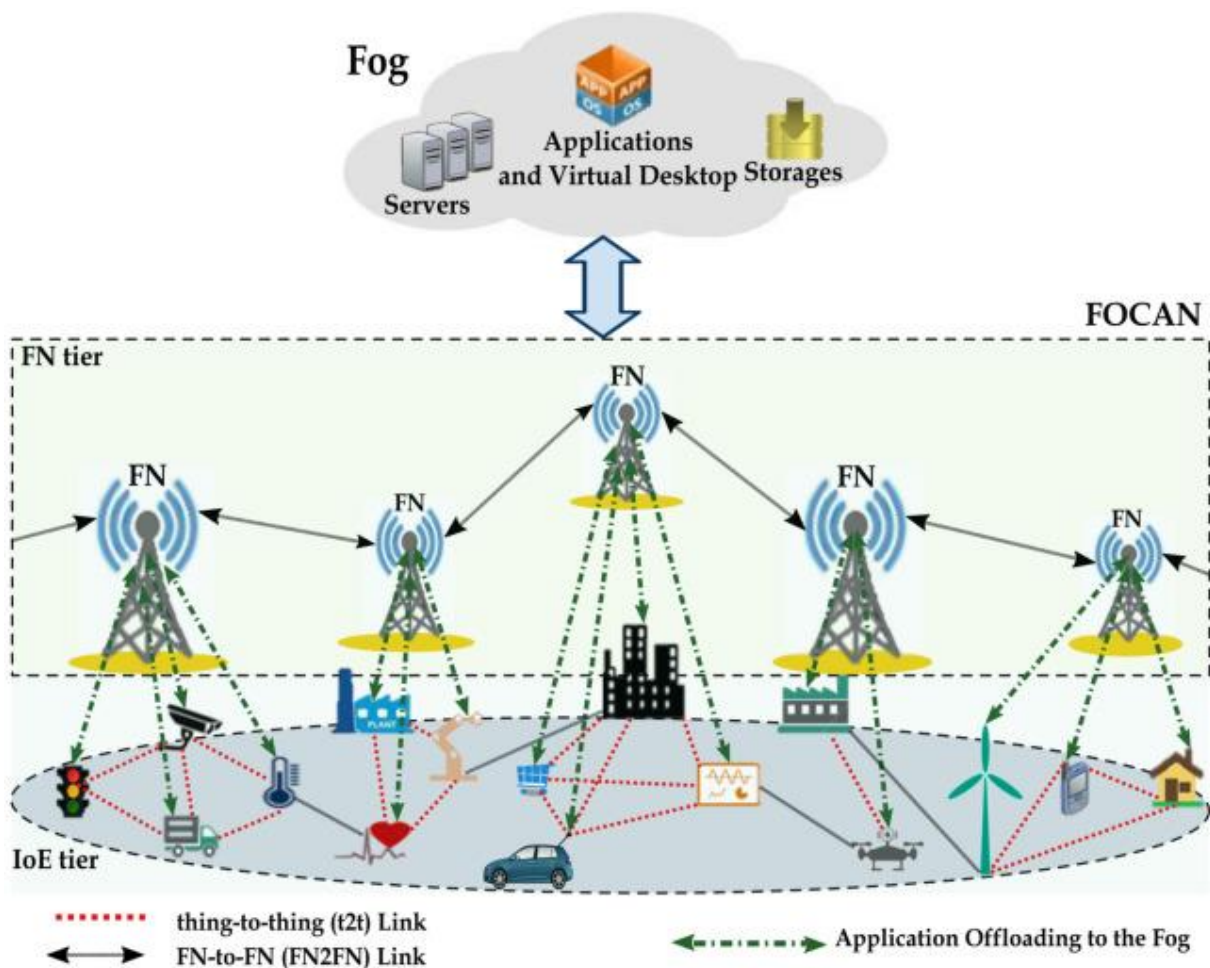
Funkcija senzorskoga sloja je detekcija događaja od interesa kako bi se prikupili bitni podaci za funkcioniranje ostatka sustava pametnoga grada. To mogu biti senzori svjetlosti, senzori magneta, senzori vlage i te razni detektori dima i ostalih fizičkih veličina.

Komunikacijski sloj obavlja funkcije slanja i razmjene podataka na Internetu između krajnjih uređaja.

Platformski sloj ima funkciju održavanja i upravljanja mrežom. U platformskom sloju vrši se obrada podataka i brine se o sigurnosti informacija korisnika.

Aplikacijski sloj služi isključivo za upravljanje pametnim uređajima od strane korisnika putem nekih od termalnih uređaja na kojemu su aplikacije implementirane.

Na prikazu ispod (slika 11.) može se vidjeti prikaz arhitekture pametnog grada. Senzori u pametnome gradu mogu se primijeniti u svim granama industrije što čini donji sloj slike. Zatim na primjeru ulične rasvjete se može dati primjer i opisati strukturu pametnoga grada. Sensorima se detektira koje je doba dana uz pomoć senzora svjetlosti. Podaci se šalju linkovima do čvorišta gdje se sijeku svi linkovi senzora te se usmjeravanjem kroz mrežu šalju do glavne nadzorne ploče za rasvjetu gdje se informacije očitavaju i spremaju u raznim serverima. Nadalje istom ili sličnom putanjom povrate informacije i naredbe šalju se natrag u svaku lampu.



Slika 11. Arhitektura pametnog grada [16]

## 5.2. Primjena senzora u pametnim gradovima

Senzori u pametnom gradu povezani su bežičnim putem (WSN mreža) zato što je grad veliko područje s velikom brojem senzora da bi se svi povezali žičnim putem. [8]

Najviše zastupljeni primjeri primjene senzora u pametnim gradovima su:

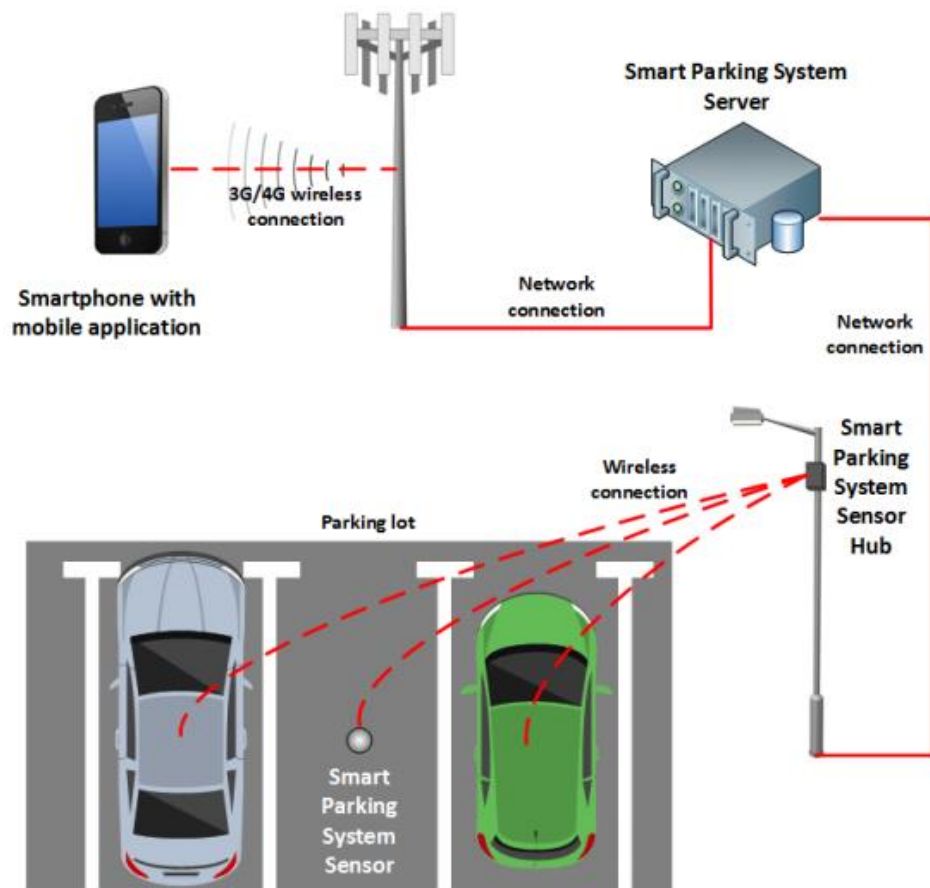
- pametni parking,
- detekcija mobitela,
- prometne gužve,
- pametna rasvjeta,
- pametne ceste,
- pametne zgrade,
- automobilska industrija,
- medicina,
- sustavi za grijanje i hlađenje.

### 5.2.1. Pametni parking

Primjena pametnih parkinga u svim gradovima donesla bi smanjenu emisiju štetnih plinova, smanjenu potrošnju goriva i samoga vremena potrage za parkirnim mjestom što stvara problem u većini velikih gradova. [3]

Pametni parking sadrži veliku količinu senzora koji detektiraju ima li vozila ili ne na mjestu za parkiranje te prikupljene informacije šalju dalje do čvora na koji su svi senzori konstantno spojeni kako bi se informacijama moglo pristupiti što je prikazano na slici 12 [17]

Svi prikupljeni podaci nalaze se u serveru koji obrađuje podatke i šalje ih preko bežične mreže na terminalni uređaj, u ovome slučaju na mobilni terminalni uređaj koji aplikacijom očitava primljene podatke i prikazuje korisniku koje je parkirno mjesto slobodno.



Slika 12. Arhitektura mreže za pametni parking [18]

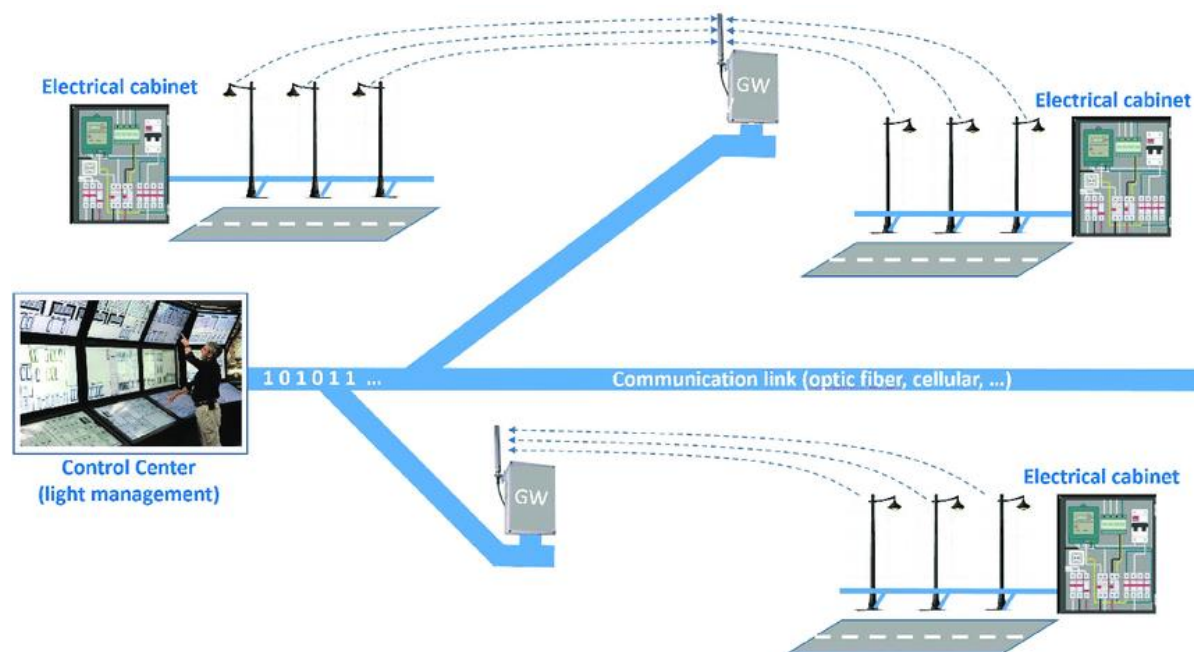
Pod pametni parking spadaju senzori pokreta, magnetski senzori, senzori udaljenosti, ultrazvučni senzori, fotoelektrični senzori i drugi.

### 5.2.2. Pametna rasvjeta

Rasvjeta u gradovima troši velike količine električne energije. Pametnom rasvjetom omogućeno je praćenje potrošnje energije kako bi se što više smanjili troškovi i zagađenje okoliša što je u današnjici veliki problem.

Pametna rasvjeta omogućava prilagodbu intenziteta svjetlosti potrebi (ovisno koje je doba dana i prolazi li tko ispod rasvjete). Pametna svjetla bi u slučaju kvara dojavila problem centralnoj bazi, te bi rasvjeta bila u najbržem vremenu popravljena i omogućila stanovništvu sigurnost u gradu što je jedna od važnih ciljeva koncepta pametnoga grada. [17]

Na slici 13. nalazi se prikaz arhitekture mreže pametne rasvjete. Senzori na lampama detektiraju koje je doba dana ili ima li koga u ulici ili ne te se ti podaci žičnim putem šalju u električni kabinet. Podaci iz kabineta se zatim bežičnim putem prenose od čvora do čvora po gradu sve do kontrolne jedinice za cijeli sustav rasvjete. Analizom dobivenih informacija kontrolna jedinica šalje informaciju pametnoj rasvjeti kada se trebaju upaliti i kojim intenzitetom svjetla.



Slika 13. Arhitektura mreže za pametnu rasvjetu [19]

## 6. INDUSTRIJA 4.0

Industrija 4.0 je industrijska revolucija u kojoj se koriste umreženi uređaji u razne svrhe čime je znatno naprednija od zadnje tri revolucije industrije. Industrija 4.0 predstavlja digitalizaciju i unapređenje procesa transformacije procesa raznih industrija. Temelji se na inteligentnom umrežavanju uređaja naprednim informacijsko-komunikacijskim tehnologijama. [20]



## 6.1. Razvojni koraci industrije

Prva industrijska revolucija (18. stoljeće) obilježena je parnim strojem koji omogućuje mehanički potpomognutu proizvodnju. [21]

Druga industrijska revolucija (početak 20. stoljeća) temelji se na električnoj energiji koja je pokrenula masovnu proizvodnju. [21]

Treća industrijska revolucija bila je 1970-ih godina kada se razvio IT i računalna tehnologija koja je omogućila automatizaciju proizvodnje koja se i danas razvija. [21]

Četvrta industrijska revolucija (Industrija 4.0) omogućila je umrežavanje uređaja u proizvodne pogone. [21]

Slika 14. prikazuje razvoj industrije kroz vrijeme.



Slika 14. Razvoj industrije [22]

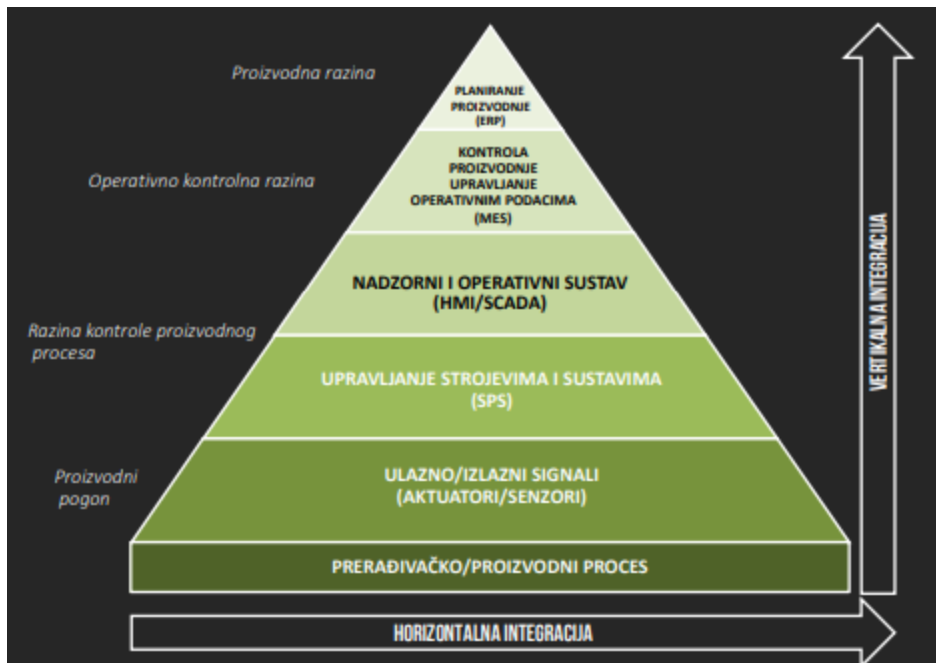
## 6.2. Tehnologije i pojmovi industrije 4.0

Industrija 4.0 usko je vezana za razne tehnologije i pojmovi [20]:

- Industrijski Internet stvari (IoT),
- robotika, umjetna inteligencija, autonomna vozila i 3D printanje,
- proširena stvarnost (augmented reality),
- simulacije,
- Računalni oblak (Cloud Computing),
- kibernetička sigurnost,
- Veliki podaci (Big data) i analitika,
- horizontalna i vertikalna integracija sustava (Slika 15.).

Horizontalna integracija sustava obuhvaća povezanost lokacija proizvodnje, zastupljenost kupaca u samom procesu proizvodnje, razmjenu informacija putem cijeloga procesa i inteligentnu komunikaciju u poslovima nabave, proizvodnje i prijevoza do samog korisnika uz to da je i on sam upućen o svim koracima od narudžbe pa sve do dostavljanja proizvoda na naručenu lokaciju. [21]

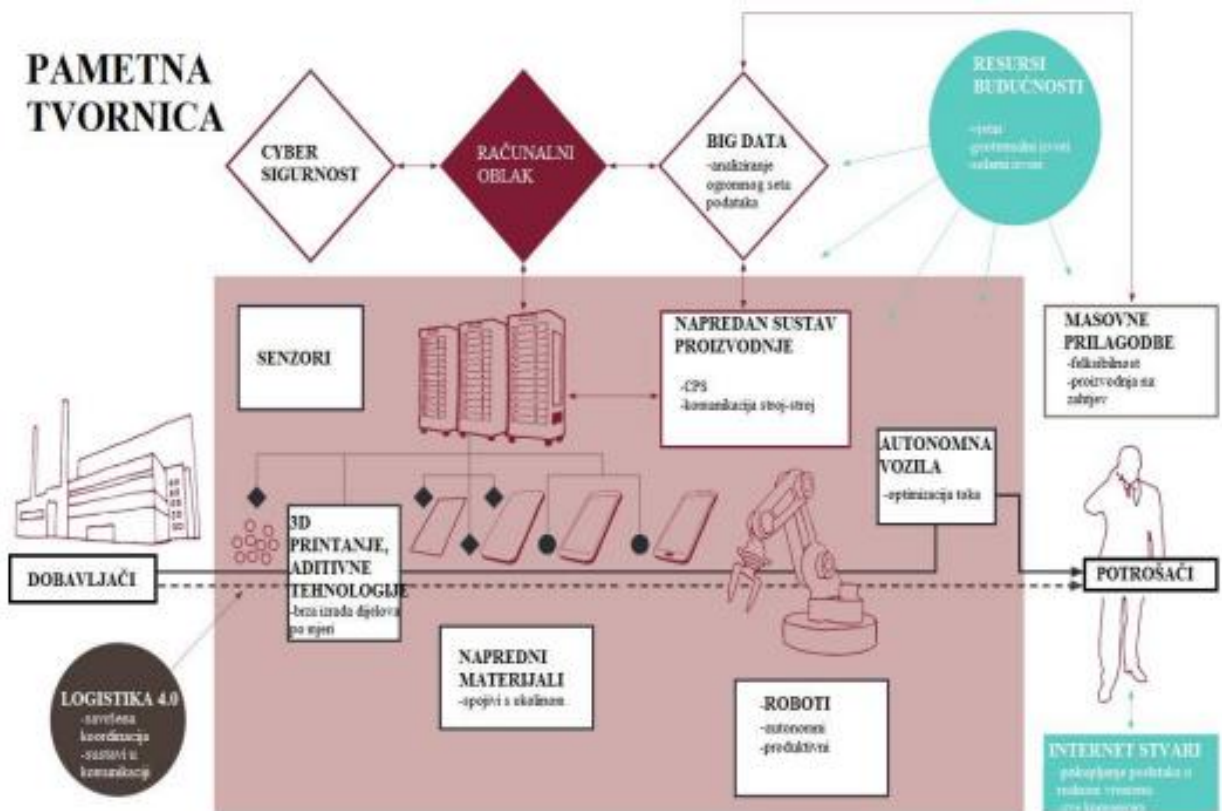
Vertikalna integracija označava povezanost unutar tvrtke proizvođača. Uključeni su procesi operativne kontrolne razine u kojoj se kontrolira i upravlja proizvodnjom, procesi upravljanja strojevima i sustavima proizvodnje pa skroz do proizvodnog pogona gdje se nalaze senzori te u kojemu je izražena povezanost cijelog sustava to jest svih razina vertikalne integracije. [21]



Slika 15. Horizontala i vertikalna integracija sustava industrije 4.0 [21]

### 6.3. Primjeri industrije 4.0

Industrija 4.0 stvara "pametnu tvornicu" unutar koje kibernetičko-fizički sustavi nadgledaju sve procese u stvarnom vremenu te sastavljaju prikaz virtualnog modela realnog fizičkog okruženja. Na temelju pristiglih informacija od interesa donose se određene odluke. Nadalje više sustava preko interneta stvari (IoT) međusobno komuniciraju i surađuju s ljudima u stvarnom vremenu. Prikaz pametne tvornice sa svim svojim dijelovima prikazan je slikom 16. [23]



Slika 16. Pametna tvornica [24]

Primjena senzora u poljoprivredi se znatno razvila. Primjer je naziv precizan uzgoj što označava praćenje uzgoja različitim mjerenjima koje omogućavaju senzori vlažnosti, temperature i drugi kako bi poboljšali proizvodnju.

Aditivna proizvodnja koristi se u zrakoplovnim tvrtkama pri izradi dijelova kako bi se smanjila težina aviona i time smanjili i troškovi skupih sirovina (titan). [20]

U medicini izrađuju se implantati po mjeri koje radi 3D printer nakon što senzori skeniraju pacijentovu anatomiju tijela. Senzori su došli do visoke razvijenosti da u današnje vrijeme mogu skenirati individualne dijelove tijela čovjeka. [20]

Deutsche Bahn AG je u svoju željezničku infrastrukturu ugradio bezbroj senzora koji detektiraju informacije o narudžbama, nabavci karata, cijeloj prometnoj infrastrukturi u stvarnom vremenu kako bi se što više prilagodili korisnikovim potrebama i zahtjevima. [20]

Prediktivno održavanje je održavanje uređaja konstantnim nadzorom i predikcijom kvarova. Prediktivnim održavanjem povećana je učinkovitost i kvaliteta rada konstantnim očitavanjem svih parametara u stvarnome vremenu.

U tvornicama neprekinute proizvodnje tehnologije industrije 4.0 uvelike su unaprijedile cijeli koncept proizvodnje. Senzori postavljeni na ili u određene strojeve potpomažu neprekinutom procesu proizvodnje očitavanjem raznih fizičkih veličina u trenutku te prediktivnim održavanjem kako ne bi došlo do nepotrebnih zastoja. Ugradnjom pretvornika (transmitter) ubrzava se proizvodnja bržim i točnijim vaganjem. Visokopreciznim mjernim senzorom (Slika 16.) očitava se težina proizvoda automatskim načinom. Očitane podatke zatim šalje na kontrolnu jedinicu tvornice. [25]



Slika 16. Visokoprecizni mjerni senzor [25]

Primjena automatiziranih robota u automobilske industrije uvelike je povećala samu brzinu proizvodnje i omogućila prilagodbu proizvoda zahtjevima korisnika. Roboti (slika 17.) imaju ugrađene senzore kako bi bolje obavili rad, neki od senzora su senzori za mjerenje temperature, vizualni senzori, senzori prisutnosti, laserski senzor i drugi ovisno o namjeni robota. Napredni roboti mogu surađivati s čovjekom koristeći senzore prisutnosti i kamere. [26]



Slika 17. Napredna robotska ruka [26]

Amazon Go Grocery trgovina je bez prisutnosti blagajne i trgovaca. Korisnici ulaze u trgovinu sa svojim mobilnim uređajima na kojima je aplikacija za kupnju te uzimaju proizvode s police. Pametne kamere i senzori prate korisnike i kada kupac izađe iz trgovine naplaćuju mu se proizvodi računom koji je poslan od strane Amazona.

## 6.4. Prednosti i nedostaci industrije 4.0

### 6.4.1. Prednosti

Prednosti industrije 4.0 su razne te uvelike pospješuju samo djelovanje svih industrijskih grana. U industriji 4.0 moguća je obrada individualnih zahtjeva od strane kupaca te je proizvodnja prilagodljiva svakom kupcu kako bi se povećalo zadovoljstvo korisnika, time i sam obujam proizvodnje. Konstantnim pristupom podacima smanjen je pritisak na radnike čime je poboljšana i kvaliteta rada. Umreženosti uređaja povećana je konkurentnost, produktivnost i efikasnost industrijskih grana. Troškovi proizvodnje uvelike su smanjeni

naprednim tehnologijama i nadzorom stanja u svakom trenutku. Jedna od bitnijih prednosti je sama virtualizacija po kojoj industrija 4.0 uvelike odskoče od drugih industrijskih revolucija. [21]

#### 6.4.2. Nedostaci

Industrija 4.0 ima i svoje negativne strane koje su izražene manjkom zaštite podataka upravo zbog umreženosti svih uređaja čime su podaci lakše pristupačni trećoj strani čime je i omogućena manipulacija sustavima proizvodnje. Da bi sve u samoj industriji bilo povezano potrebno je imati i konstantnu povezanost na internet što je na nekim geografskim područjima problem. Nabava ide po potrebi što u nekim situacijama može biti problem zbog zastoja u samom vremenu nabavke. Radna snaga trebala bi biti kvalificirana i obučena za rad na sustavima što predstavlja velik izazov zaposlenicima. Implementacija infrastrukture temeljene na industriji 4.0 nije toliko skupa no skupo je samo održavanje kako bi svi procesi funkcionirali. [21]

## 7. ZAKLJUČAK

U današnje vrijeme može se naići na stotine senzora pa čak i na putu od kuće do posla. Suvremeni čovjek koristi senzore u svim aspektima svoga života, svjesno ili nesvjesno. Napretkom znanosti i tehnologije broj senzora se povećava te i sama njihova primjena u svim granama industrije. Ugradnjom senzora u automobile, automobilska industrija znatno je napredovala. Sigurnost i jednostavnost upravljanja automobilom optimizirane su i prilagođene korisniku. Ugradnjom senzora u uređaje te integracijom istih omogućeno je upravljanje većim sustavima preko jednog korisničkog sučelja. Time su nastali i pametni domovi, pametne zgrade, pametni automobili te pametni gradovi. Internet of Things tehnologija predstavlja koncept koji pruža mogućnost povezivanja uređaja na Internet kako bi mogli međusobno komunicirati i obavljati određene funkcije za koje su namijenjeni.

Ugradnjom pametnih uređaja u pametne domove uređaji će se prilagoditi korisnikovim specifičnim potrebama te će korisnik moći upravljati istima u bilo kojem vremenu i gdje god se on nalazio. Prisustvo senzora u sve većem broju uređaja odrazit će se i na čovjekovu potrebu za stvaranjem pametnih gradova uključujući i razvitak industrije u njima.

U budućnosti će se sve više težiti automatizaciji sustava koja osim što će ubrzati i pojednostaviti korištenje uređaja, pridonijet će i očuvanju okoliša štednjom električne energije te pravilnim raspolaganjem prirodnih resursa.



## LITERATURA

- [1] „Senzori“ Dostupno: <http://web.studenti.math.pmf.unizg.hr/~marrast/Senzori> (Zadnje pristupano: 3.8.2021.)
- [2] Jukić Franjo Josip: Računalni sustav osobnog automobila. Osijek: Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija; 2019. Dostupno: <https://repozitorij.etfos.hr/islandora/object/etfos%3A2227/datastream/PDF/view> (Zadnje pristupano: 3.8.2021.g.)
- [3] Antunović D.: Smart senzori za primjenu u IIoT/Industriji 4.0/Digitalizaciji. Osijek: Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija;2021. Dostupno: <https://repozitorij.etfos.hr/islandora/object/etfos%3A1856/datastream/PDF/view> (Zadnje pristupano: 23.8.2021.g.)
- [4] „Sensors - A Complete Guide (Types, Applications, and Suppliers)“ Dostupno: <https://www.thomasnet.com/articles/instruments-controls/sensors/> (Zadnje pristupano: 15.8.2021.g.)
- [5] „Senzori“ Dostupno: <https://unze.ba> (Zadnje pristupano: 15.8.2021.)
- [6] „Senzori i pretvarači“ Dostupno: <http://www.sau.ac.me/Brodskaaautomatika/senzori.pdf> (Zadnje pristupano: 20.8.2021.g.)
- [7] COMMITTEE ON NEW SENSOR TECHNOLOGIES: MATERIALS AND APPLICATIONS: Expanding the Vision of Sensor Materials Dostupno: <https://www.nap.edu/read/4782/chapter/4#17> (Zadnje pristupano: 17.8.2020.g.)
- [8] Peraković D., Periša M., Forenbacher I.: Senzorske mreže širokog područja pokrivanja, Zagreb 2019./2020. Dostupno: Portal e-učenja Fakulteta prometnih znanosti (Zadnje pristupano: 17.8.2021.g.)

- [9] 9. B. N. Bitar, Internet of Things - IoT, Sveučilišni centar Vraždin, Sveučilište Sjever, Varaždin, 2018. (Zadnje pristupano: 15.8.2021.g.)
- [10] . S. Gills, IoT Agenda - TechTarget, veljača 2020.. Dostupno: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT#:~:text=The%20internet%20of%20things%2C%20or,human%2Dto%2Dcomputer%20interaction.> (Zadnje pristupano: 10.8.2021.g.)
- [11] Javatpoint, Advantages and Disadvantages of (IoT), 2011.-2018.. Dostupno: [https://www.javatpoint.com/iot-advantage-and-disadvantage.](https://www.javatpoint.com/iot-advantage-and-disadvantage) (Zadnje pristupano: 10.8.2021.g.)
- [12] TechHive „Smart home guide for beginners: Make your home more convenient to live in without spending lots of time or money“ Dostupno: <https://www.techhive.com/article/3297744/smart-home-guide-for-beginners-how-to-make-your-home-more-convenient-to-live-in.html> (Zadnje pristupano: 10.8.2021.)
- [13] Bošnjak I.: Tehnologija pametne kuće. Rijeka: Filozofski fakultet u Rijeci, 2021. Dostupno: <https://repository.ffri.uniri.hr/islandora/object/ffri%3A1314/datastream/PDF/view> (Zadnje pristupano: 17.8.2021.g.)
- [14] Pletikos D.: Model pametne kuće. Pula: Politehnika Pula - Visoka tehničko-poslovna škola s pravom javnosti, 2017. Dostupno: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/politehnikapu:90/preview> (Zadnje pristupano: 17.8.2021.g.)
- [15] Investopedia: „Smart Home“ Dostupno: <https://www.investopedia.com/terms/s/smart-home.asp> (Zadnje pristupano: 21.8.2021.g.)
- [16] Vinueza Naranjo P. G., Pooranian Z., Shojafar M., Conti M., Buyya R., FOCAN: A Fog-supported smart city network architecture for management of applications in the Internet of Everything environments. Italija, 2018.; Dostupno: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0743731518304775> (Zadnje pristupano: 2.9.2021.g.)
- [17] Markoč M.: Isplativost pametnih mjera iz područja energetike u okviru koncepta pametnih gradova, Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2019. Dostupno

[http://repozitorij.fsb.hr/9171/1/Marko%C4%8D\\_2019\\_zavr%C5%A1ni\\_preddiplomski.pdf](http://repozitorij.fsb.hr/9171/1/Marko%C4%8D_2019_zavr%C5%A1ni_preddiplomski.pdf) (Zadnje pristupano: 23.8.2021.)

[18] Šarić A.: Smart parking system in the city of Dubrovnik. Dubrovnik: RIT Croatia Dostupno

[http://www.rithink.hr/brochure/pdf/vol6\\_2017/1509301359\\_4\\_Andrej\\_ari\\_Bran\\_ko\\_Mihaljevi\\_SMART\\_PARKING\\_SYSTEM\\_IN\\_THE\\_CITY\\_OF\\_DUBROVNIK.pdf](http://www.rithink.hr/brochure/pdf/vol6_2017/1509301359_4_Andrej_ari_Bran_ko_Mihaljevi_SMART_PARKING_SYSTEM_IN_THE_CITY_OF_DUBROVNIK.pdf) (Zadnje pristupano: 23.8.2021.)

[19] Pasolini G., Toppan P., Zabini F., De Castro C., Andrisano O.: Design, Deployment and Evolution of Heterogeneous Smart Public Lighting Systems, Italija 2019. Dostupno: [https://www.researchgate.net/figure/LoRaWAN-Sigfox-based-smart-lighting-architecture\\_fig3\\_335117767](https://www.researchgate.net/figure/LoRaWAN-Sigfox-based-smart-lighting-architecture_fig3_335117767) (Zadnje pristupano: 2.9.2021.g.)

[20] Happtory: „Što je Industrija 4.0?“ Dostupno: <https://www.happtory.hr/post/industrija-4-0> (Zadnje pristupano: 23.8.2021.g.)

[21] Perić E.: INDUSTRIJA 4.0. Hrvatska gospodarska komora Dostupno: <https://www.hgk.hr/documents/hgk-industrija-4058d8c59722f1e.pdf> (Zadnje pristupano: 23.8.2021.g.)

[22] Veža I.: Industrija 4.0 – novi strojarski izazov. Slavonski Brod, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, 2016. Dostupno: [https://bib.irb.hr/datoteka/830338.Strojarski\\_izazov\\_SB\\_Veza.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/830338.Strojarski_izazov_SB_Veza.pdf) (Zadnje pristupano: 24.8.2021.g.)

[23] Matejak N.: Industrija 4.0 - sadašnjost ili budućnost u Hrvatskoj. Varaždin: Sveučilište Sjever, 2017. Dostupno: <https://repozitorij.unin.hr/islandora/object/unin:1322/preview> (Zadnje pristupano: 24.8.2021.g.)

[24] Hohšteter D.: Vitki i pametni proizvod. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2018. Dostupno: [http://repozitorij.fsb.hr/8609/1/Hoh%C5%A1teter\\_2018\\_završni\\_preddiplomski.pdf](http://repozitorij.fsb.hr/8609/1/Hoh%C5%A1teter_2018_završni_preddiplomski.pdf) (Zadnje pristupano: 2.9.2021.g.)

[25] METTLER TOLEDO Dostupno:

[https://www.mt.com/hr/hr/home/products/Industrial\\_Weighing\\_Solutions/AutomPrecision/High\\_Precision\\_Weigh\\_Modules.html](https://www.mt.com/hr/hr/home/products/Industrial_Weighing_Solutions/AutomPrecision/High_Precision_Weigh_Modules.html) (Zadnje pristupano: 2.9.2021.g.)

[26] Netokracija: Gideonovi roboti dobili pametnu ruku: Samostalno se kreće, sve vidi i popravlja! Dostupno: <https://www.netokracija.com/gideonova-robotska-ruka-160196> (Zadnje pristupano: 2.9.2021.g.)

## POPIS SLIKA

Slika 1. Senzori na automobilu [2] .....	4
Slika 2. Razlika tradicionalnog i pametnog senzora [3] .....	7
Slika 3. Princip rada senzora [3] .....	8
Slika 4. Međusobna povezivost senzora [8].....	10
Slika 5. Shema funkcioniranja IoT sustava [9] .....	11
Slika 6. Arhitektura IoT [3] .....	12
Slika 7. Koncept arhitekture mreže okruženja pametne kuće [14] .....	15
Slika 8. Yeelight pametna žarulja (višebojna), (nalazi se u sklopu Laboratorija za modeliranje i optimiranje informacijsko-komunikacijskih mreža i usluga na Fakultetu prometnih znanosti) .....	16
Slika 9. Heat Link (lijevo) i Nest pametni termostat (desno), (senzori u sklopu Laboratorija za modeliranje i optimiranje informacijsko-komunikacijskih mreža i usluga na Fakultetu prometnih znanosti) .....	17
Slika 10. Edimax komplet uređaja za pametnu kuću (komplet je u sklopu Laboratorija za modeliranje i optimiranje informacijsko-komunikacijskih mreža i usluga na Fakultetu prometnih znanosti) .....	19
Slika 11. Arhitektura pametnog grada [16].....	23
Slika 12. Arhitektura mreže za pametni parking [18] .....	25
Slika 13. Arhitektura mreže za pametnu rasvjetu [19] .....	26
Slika 14. Razvoj industrije [22].....	27
Slika 15. Horizontalna i vertikalna integracija sustava industrije 4.0 [21] .....	29
Slika 16. Pametna tvornica [24] .....	30
Slika 16. Visokoprecizni mjerni senzor [26] .....	31
Slika 17. Napredna robotska ruka [27] .....	32



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  
objavljenju 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 **Vrste i primjene senzora u pametnim okruženjima**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom  
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 6.9.2021

Student/ica:

*Televa Martić*  
\_\_\_\_\_  
(potpis)