Bežični SMART senzori načela i primjena

Vicić, Petar

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:811068

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-21**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET

Stručni studij Elektroenergetika

BEŽIČNI SMART SENZORI - NAČELA I PRIMJENA

Završni rad

Petar Vicić

Osijek, 2023.

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

Obrazac Z1S: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za završni ispit na preddiplomskom stručnom studiju

Osijek, 16.09.2023.

Odboru za završne i diplomske ispite

Imenovanje Povjerenstva za završni ispit na preddiplomskom stručnom studiju

Ime i prezime Pristupnika:	Petar Vicić
Studij, smjer:	Stručni prijediplomski studij Elektrotehnika, smjer Elektroenergetika
Mat. br. Pristupnika, godina upisa:	A 4659, 27.07.2020.
OIB Pristupnika:	73294643139
Mentor:	Doc. dr. sc. Venco Ćorluka
Sumentor:	,
Sumentor iz tvrtke:	
Predsjednik Povjerenstva:	doc. dr. sc. Goran Rozing
Član Povjerenstva 1:	Doc. dr. sc. Venco Ćorluka
Član Povjerenstva 2:	dr. sc. Krešimir Miklošević
Naslov završnog rada:	Bežični SMART senzori načela i primjena
Znanstvena grana završnog rada:	**Elektroenergetika (zn. polje elektrotehnika)**
Zadatak završnog rada	
Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (završnog rada):	Vrlo dobar (4)
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 2 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 2 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 2 bod/boda Razina samostalnosti: 3 razina
Datum prijedloga ocjene od strane mentora:	16.09.2023.

Potvrda mentora o predaji konačne verzije rada:	Mentor elektronički potpisao predaju konačne verzije.
	Datum:

FERIT
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek, 08.11.2023.

Ime i prezime studenta:	Petar Vicić
Studij:	Stručni prijediplomski studij Elektrotehnika, smjer Elektroenergetika
Mat. br. studenta, godina upisa:	A 4659, 27.07.2020.
Turnitin podudaranje [%]:	9

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom**: Bežični SMART senzori načela i primjena**

izrađen pod vodstvom mentora Doc. dr. sc. Venco Ćorluka

i sumentora ,

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

Potpis studenta:

Sadržaj

1. Uvod ... 1
   1.1. Zadatak ... 1
2. Senzori ... 2
   2.1. Podjela senzora ... 2
      2.1.1. Podjela prema principu rada ... 3
      2.1.2. Podjela prema vrsti izlaznog signala ... 3
      2.1.3. Podjela prema vrsti mjerne veličine ... 4
   2.2. Primjer rada optičkog senzora ... 5
   2.3. Građa senzora ... 6
   2.4. Primjena senzora ... 7
3. Internet stvari (Internet of things) ... 9
4. Bežični SMART senzori ... 12
   4.1. Primjena bežičnih SMART senzora ... 12
   4.2. Građa bežičnih SMART senzora ... 13
   4.3. Tehnologije prijenosa podataka kod bežičnih SMART senzora ... 15
      4.3.1. Wi-Fi ... 16
      4.3.2. Bluetooth ... 18
      4.3.3. NFC ... 20
      4.3.4. Zigbee ... 21
      4.3.5. Cellular ... 24
      4.3.6. LoRa ... 27
   4.4. Standardi bežičnih SMART senzora ... 29
      4.4.1. IEEE standardi ... 29
      4.4.2. IEC standardi ... 31

5. Pametna kuća 32
5.1. Što je pametna kuća? 32
5.2. Povijest pametnih kuća 33
5.3. Sustavi pametnih kuća 34
5.4. Prijenos podataka kod pametnih kuća 36
5.5. Prednosti i nedostatci pametnih kuća 37
5.6. Ušteda energije pametnih kuća 38
6. Zaključak 40
7. Literatura 41
8. Popis slika 42
9. Popis tablica 45
10. Sažetak 46
11. Abstract 47
12. Životopis 48

1. Uvod

U suvremenom svijetu senzori su postali neizostavni dijelovi tehnoloških sustava kojima se koristimo. Ovi uređaji imaju ključnu ulogu kod tih sustava u detekciji, mjerenju i pretvaranju različitih fizičkih, kemijskih ili bioloških veličina u električne signale. Imaju široku primjenu koja se proteže na razna područja poput industrije, medicine, komunikacije, transporta itd.

Postoji više vrsta senzora, a njihova raznolikost se ogleda u sposobnosti detekcije, mjerenja i prijenosa podatke koje je senzor prikupio s promjenama u okolini. Neki od njih su: optički, akustični, kemijski i ultrazvučni senzori te senzori magnetskih polja, temperature i tlaka o kojima ću reći nešto više tijekom ovog završnog rada.

Širok raspon naprava te mnoge tehnologije i sustavi koji se koriste za prikupljanje i analizu podataka, praćenje i upravljanje procesima, otkrivanje i rješavanje problema kao i povećanje učinkovitosti i kvalitete opreme i sustava, uvelike se oslanjaju upravo na ove senzore.

1.1. Zadatak

Cilj ovog završnog rada je objasniti što su to bežični SMART senzori, koja im je namjena, reći nešto o njihovoj širokoj primjeni, standardima koji se moraju zadovoljavati korištenjem senzora, prijenosu podataka te je potrebno sve navedeno pokrijepiti primjerom o korištenju senzora.

2. Senzori

Kako bi osigurali električne signale ili druge vrste izlaznih podataka koje može obraditi računalni sustav ili drugi uređaj, senzori mjere ili detektiraju fizičke, kemijske ili biološke aspekte okoliša. Riječ „senzor“ dolazi od latinskog izraza „sensus“ što znači „osjet“, „osjetilo“ ili „osjećaj“. Sukladno tome, riječ „senzor“ se primjenjuje za svaki uređaj ili komponentu koja ima sposobnost osjetiti ili raspoznati određene fizičke, kemijske ili biološke promjene u okolini. Bolje rečeno, senzor je alat koji pretvara električni signal iz fizičkog fenomena. Kao rezultat toga, senzori služe kao sastavni dio veze između fizičkog svijeta i električnog svijeta. Cilj je smanjiti cijenu i veličinu senzora kako bi njihova primjena postala što brojnija, a napredak u tehnologiji omogućio je upravo smanjenje dimenzija i cijene senzora, poboljšanje selektivnosti i povećanje njihove osjetljivosti. Danas senzore pronalazimo u svakodnevnom životu, nekad na mjestima na kojim ih nikad ne bismo očekivali, no treba napomenuti da su oni sastavni dio tehnoloških sustava oko nas.

2.1. Podjela senzora

Ovisno o karakteristikama koje prate, načinu na koji rade, vrsti izlaza koji proizvode i drugim kriterijima, senzori se mogu kategorizirati na različite načine. Osnovna podjela senzora se temelji prema:

- principu rada (aktivni i pasivni)
- vrsti izlaznog signala (analogni i digitalni)
- vrsti mjerne veličine (optički, akustični, kemijski, ultrazvučni itd.).

Slika 2.1. Senzori

2.1.1. Podjela prema principu rada

Senzori se mogu podijeliti prema principu rada koji se koristi za očitavanje ili detekciju. Ta podjela se sastoji od:

- **aktivnih senzora**; aktivno obrađuju ulazne podatke kako bi generirali izlazni signal, a za svoj rad koriste vanjsko napajanje. Generirani izlazni signal proporcionalan je mjerenoj veličini, a neki od primjera aktivnih senzora su: fotodioda, ultrazvučni senzor, senzor tlaka.
- **pasivnih senzora**; za svoj rad ne koriste vanjsko napajanje, već mijenjaju svoje karakteristike ovisno o promjenama u okolini. Izlazni signal pasivnih senzora može biti promjena u električnoj veličini kao što je promjena otpora, kapaciteta ili napona. Primjeri pasivnih senzora: senzori otpora, induktivni i kapacitivni senzori.

2.1.2. Podjela prema vrsti izlaznog signala

Ova podjela senzora temelji se na tome kakav oblik signala senzor generira kao odgovor na mjerenu veličinu. Izlazni signal može biti generiran od strane:

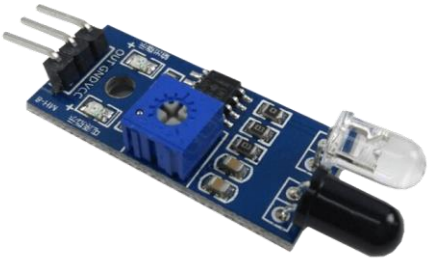
- **analognih senzora**; generiraju analogne signale na temelju promjena mjernih veličina. Izlazni signal može biti prikazan u obliku napona, struje, otpora itd. Primjeri analognih senzora: senzor tlaka (mjeri tlak u plinovima ili tekućinama, a rezultat je analogni signal ovisan o tom tlaku), senzor vlage (mjeri razinu vlage na tlu ili u zraku te generira analogni signal), senzor zvuka (na temelju intenziteta zvuka generira analogni signal) itd.
- **digitalnih senzora**; na izlazu generiraju digitalne signale koji mogu biti prikazani kao binarni (0 i 1) ili signali viših razina (0, 1, 2, 3) te koji se mogu upotrijebiti i obraditi u digitalnim sustavima. Ovi senzori često koriste analogno-digitalnu pretvorbu u svrhu digitalizacije analognog signala. Primjeri digitalnih senzora: optički enkoder (pretvara optički ili mehanički pomak u digitalne signale), Hall-ov senzor (generira digitalne signale u prisutnosti detektiranih magnetskih polja), digitalni senzor kisika (digitalno mjeri koncentraciju kisika).

2.1.3. Podjela prema vrsti mjerne veličine

Senzori se često dijele prema vrsti mjerne veličine koju mjere. Neki od najkorištenijih vrsta senzora su:

- **optički senzori**; koriste svjetlo za otkrivanje karakteristika poput boje, položaja, udaljenosti i brzine
- **akustični senzori**; koriste zvuk za mjerenje vibracija, brzine i udaljenosti
- **infracrveni senzori**; pomoću infracrvenog zračenja prepoznaju karakteristike kao što su toplina, vlaga i sl.
- **kemijski senzori**; koriste kemijske reakcije za mjerenje količine ili prisutnosti različitih tvari poput plinova i tekućina
- **senzori magnetskih polja**; određivanje magnetskih polova, postojanja metala i sl.
- **ultrazvučni senzori**; mjere udaljenost i brzinu pomoću ultrazvučnog zračenja
- **senzori temperature**; identificiranje topline i hladnoće
- **senzori tlaka**; određivanje visine, težine itd.

Slika 2.2. Optički senzor

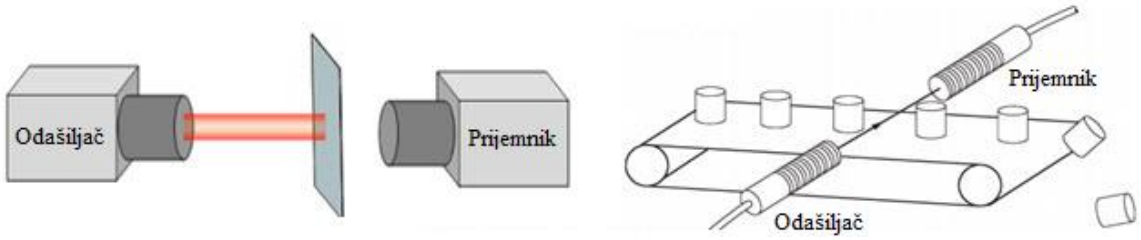


Slika 2.3. Infracrveni senzor

Slika 2.4. Senzor tlaka

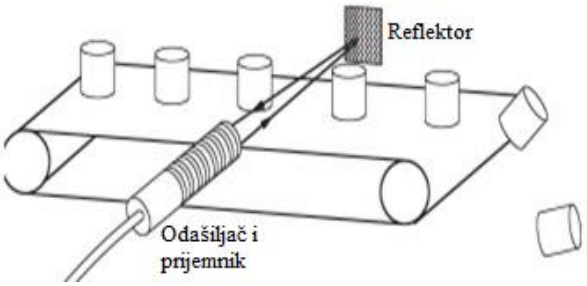
2.2. Primjer rada optičkog senzora

Senzori kroz zraku - Sustav se sastoji od dvije odvojene komponente, odnosno odašiljača i prijemnika koji su postavljeni jedan nasuprot drugog. Odašiljač šalje svjetlosnu zraku na prijemnik, a prijemnik prekid svjetlosne zrake tumači kao signal prekidača.



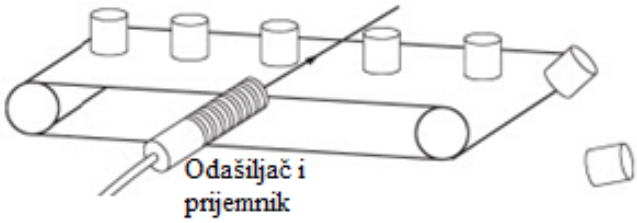
Slika 2.5. Princip rada senzora kroz zraku

Retro-reflektirajući senzori - Odašiljač i prijamnik su u istom kućištu, kroz reflektor se emitirana svjetlosna zraka usmjerava natrag na prijamnik, a prekid svjetlosnog snopa generira signal.



Slika 2.6. Princip rada retro-reflektirajućeg senzora

Senzori difuzne refleksije - Odašiljač i prijemnik su u jednom kućištu, a propuštenu svjetlost reflektira objekt koji treba detektirati te se kreira signal.



Slika 2.7. Princip rada senzora difuzne refleksije

2.3. Građa senzora

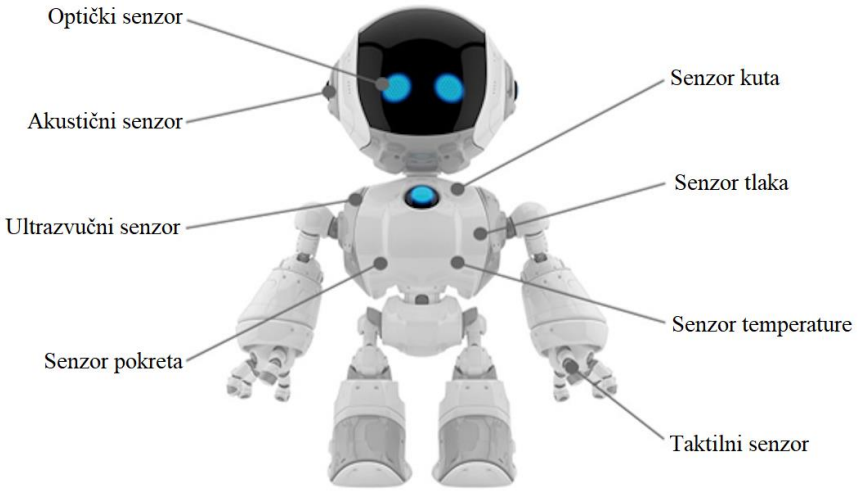
Neovisno o vrsti, senzori su sastavljeni od nekoliko osnovnih komponenti koje služe za pretvaranje fizičkih, kemijskih ili bioloških aspekata okoliša u električne signale koji se nadalje mogu izmjeriti, analizirati i obraditi. Glavne komponente senzora su:

- **senzorski element**; osjetljivi dio senzora koji reagira na određenu veličinu ili karakteristiku okoline. To može biti materijal koji mijenja svoje električne, fizičke, mehaničke, kemijske ili optičke karakteristike sukladno promjenama u okolini.
- **pretvarač**; komponenta senzora koja pretvara ulazni fizički, kemijski ili biološki signal u električni signal koji se onda može izmjeriti i obraditi.
- **izlazni uređaj**; generira izlazni signal na temelju signala koje je detektirao senzorski element i pretvorio pretvarač. Taj signal može biti analogni (promjena otpora, napona ili struje u odnosu na vrijednost ulaznog signala ili parametara koji su detektirani senzorom), digitalni (digitalni signal poput binarnog signala, npr. 0 i 1), impulsni (prenošenje informacija putem impulsa ili pulsa) i frekvencijski (frekvencijski signal koji je povezan s određenom veličinom ili proporcionalan nekom parametru).
- **pojačalo**; element senzora koji služi za pojačavanje slabog izlaznog signala u svrhe poboljšanja osjetljivosti i točnosti mjerenja. Ono pojačava amplitudu, snagu ili kvalitetu izlaznog signala prije nego što se taj signal preusmjeri na daljnju analizu, obradu ili upotrebu.
- **napajanje**; za svoj rad senzori obično zahtijevaju napajanje, a ono je najčešće u obliku električne struje ili napona koji pruža energiju za rad senzora. To su najčešće baterije, solarni paneli, generatori i električna mreža.
- **sučelje**; omogućuje povezivanje i komunikaciju s drugim uređajima i komponentama sustava. Najčešće su to analogna (generirani analogni signal se izravno obrađuje i koristiti od strane analognih ulaza drugih komponentni) i digitalna (binarni kod se koristi od strane drugih uređaja) sučelja.

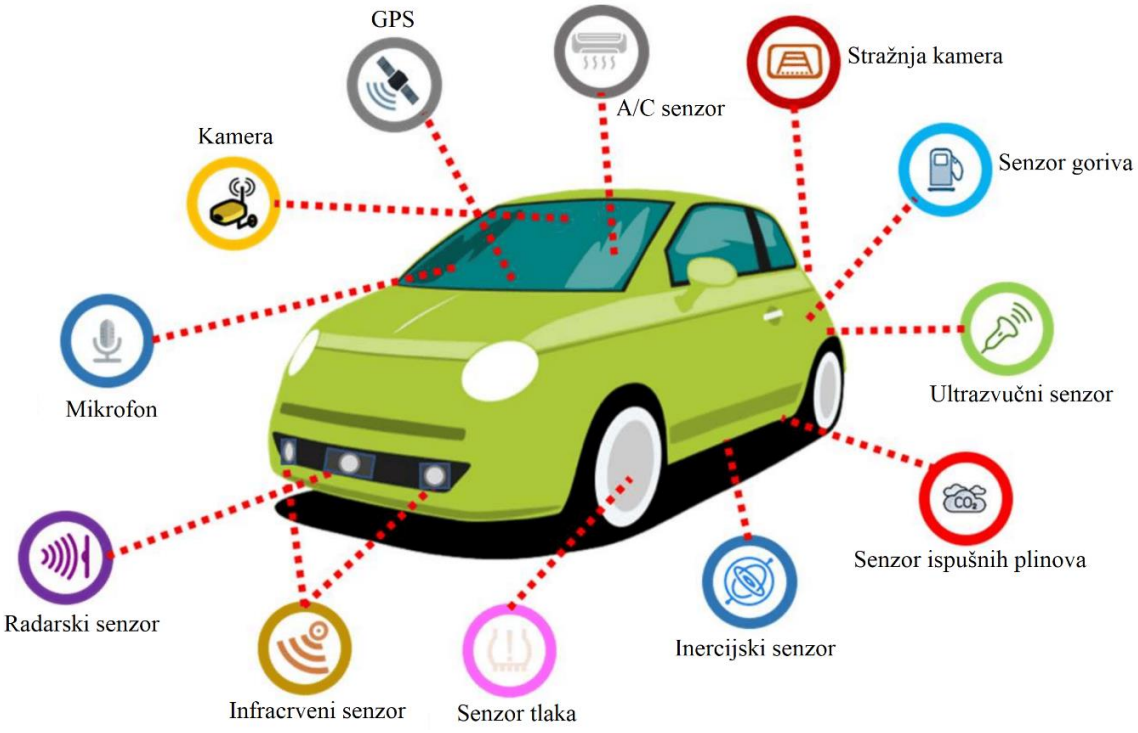
2.4. Primjena senzora

Raznovrsnost, efikasnost i korisnost čine senzore neizostavnim dijelom naše svakodnevice pa samim time senzori imaju široku primjenu u različitim aplikacijama, industrijama i područjima. Svojom pojavom omogućuju automatizaciju, veću razinu sigurnosti i povećanje performansi i kvalitete, a neki od primjera gdje se koriste senzori su:

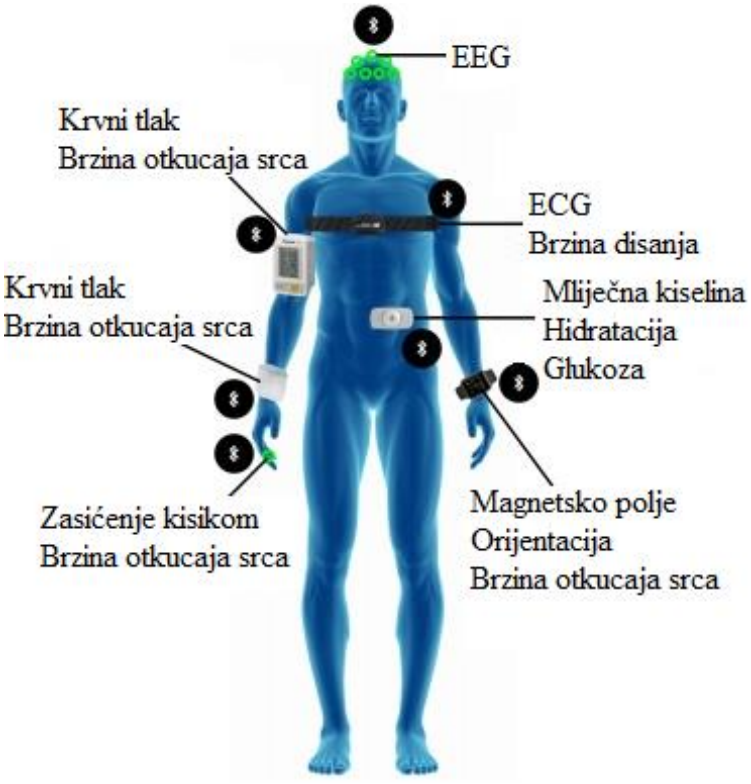
- **industrija -** nadzor i upravljanje proizvodnim procesima te mjerenje parametara poput brzine, temperature, tlaka, vibracija i razine tekućine što vodi automatizaciji sustava i osiguravanju sigurnosti, kvalitete i učinkovitosti
- **medicina -** praćenje vitalnih znakova pacijenata te obavještavanje liječnika i medicinskog osoblja
- **sigurnosni sustavi** – detektiranje opasnosti poput požara, dima, poplave, plina i provale.
- **pametni telefoni i satovi** – praćenje otkucaja srca i zdravlja, detektiranje lokacije i pokreta te mjerenje koraka
- **robotika** – prepoznavanje objekata i udaljenosti, interakcija s okolinom, praćenje pokreta i lokacije te detektiranje zvuka, tlaka i temperature
- **automobilska industrija** – povećanje sigurnosti, performansa vozila i udobnosti vožnje u pogledu detektiranja brzine, prepreka, temperature, tlaka, lokacije itd.
- **nadgledanje okoliša** – očitavanje razina buke, smoga i kvalitete zraka, vlažnosti, pH vrijednosti i meteoroloških uvjeta.



Slika 2.8. Senzori u robotici



Slika 2.9. Senzori u automobilu



Slika 2.10. Senzori u medicini i veličine koje mjere

3. Internet stvari (Internet of things)

Internet stvari, eng. Internet of things (IoT) je mrežna infrastruktura koja predstavlja povezivanje fizičkih uređaja (senzori, vozila, pametni kućanski aparata itd.) s internetom u svrhe međusobnog komuniciranja i razmjenjivanja podatka. Cilj je omogućiti takvim uređajima prikupljanje, razmjenu i analiziranje podataka kako bi oni automatski mogli obaviti neki zadatak bez čovjeka ili s minimalnim ljudskim utjecajem.

„Pojam IoT-a uveo je Kevin Ashton 1999. godine. Ashton je izjavio da će se količina podataka toliko drastično povećati da će čovječanstvu biti potrebna pomoć strojeva kako bi moglo mudro upravljati velikim skupovima podataka i koristiti ih. Deset godina kasnije rekao je i da ćemo uz podatke koje prikupljaju IoT uređaji:

...moći sve pratiti i izbrojati te ćemo uvelike smanjiti otpad, gubitke i troškove. Znat ćemo kada se stvari trebaju zamijeniti, popraviti ili vratiti i jesu li svježe ili im je istekao rok valjanosti. (Ashton, 2009.).

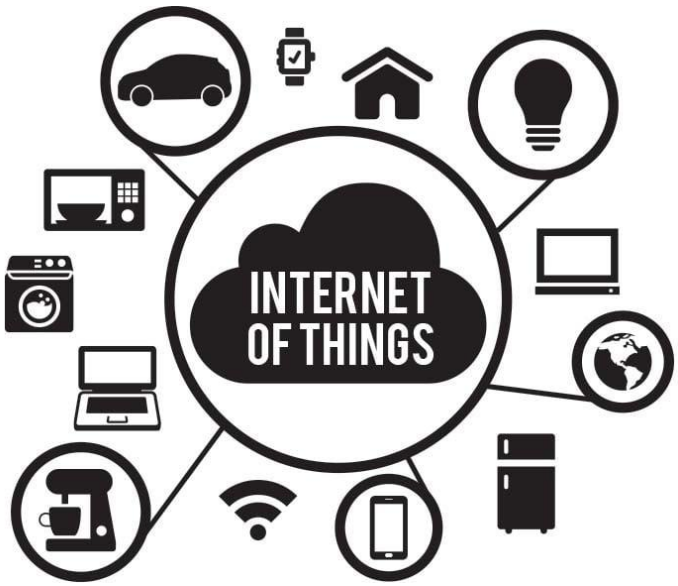
On je smatrao da će IoT moći promijeniti svijet na jednak način kao što je to učinio internet. A njegovo predviđanje postalo je stvarnost. Oko 2003. približno 500 milijuna uređaja bilo je povezano. Godine 2010. njihov se broj povećao na 12,5 milijardi. Ciscovo istraživanje predviđalo je da će 2015. na svijetu biti 25 milijardi povezanih uređaja, a 2020. približno 50 milijardi (Cisco, 2011.) što je jednako predviđanju iz 2018. (Davis, 2018.).“

Internet stvari omogućuje spajanje velikog broja uređaja koji pomoću ugrađenih senzora prikupljaju podatke iz okoline te samostalno komuniciraju jedni s drugima te s raznim aplikacijama i sustavima.
Postoje tri vrste komunikacije:

- komunikacija stvari s ljudima
- komunikacija između stvari
- komunikacije između uređaja

Internet stvari se koristi u različitim područjima i sektorima, najupečatljiviji od njih su:

- **industrija i proizvodnja**; nadgledanje, upravljanje, automatizacija te optimizacija industrijskih procesa i resursa što vodi povećanju produktivnost i smanjenju troškova
- **poljoprivreda**; kontrola i nadgledanje poljoprivrednih operacija poput upravljanja navodnjavanjem i gnojidbom, praćenja uvjeta tla, temperature, vlage te nadzor voća, povrća i stoke
- **pametni domovi**; povezivanje pametnih kućanskih aparata poput rasvjete, termostata i sigurnosnih sustava što vodi daljinskom upravljanju, poboljšanu udobnosti i sigurnosti te energetskoj učinkovitosti
- **pametni gradovi**; kontroliranje prometa, javne rasvjete, otpada i zagađenja kako bi se poboljšala efikasnost, sigurnost i kvaliteta života
- **medicina**; nadgledanje zdravlja pacijenata, upravljanje kroničnim bolestima te konzultacija s liječnicima
- **transport**; upravljanje vozilima, praćenje njihovih lokacija i ruta te nadgledanje tereta što može dovesti većoj efikasnosti i smanjenju vremena isporuke.



Slika 3.1. Internet stvari (Internet of things) i uređaji koje povezuje

Proces Internet of things uređaja:

- pametni uređaji skupljaju i prosljeđuju podatke pomoću interneta ostalim uređajima
- podatci su analizirani centralno u data centrima i cloud servisima ili pomoću edge computinga
- završne informacije i instrukcije, koje su temeljene na analizi podataka, vraćaju se drugim IoT uređajima.

Internet stvari donosi mnoge prednosti, no također postoje i neke mane.

Prednosti Interneta stvari su:

- poboljšana učinkovitost; povezivanje i razmjena podataka između velikog broja uređaja što vodi povećanoj učinkovitosti i automatizaciji određenih procesa
- veća udobnost; poboljšanje udobnosti i praktičnosti svakodnevnog života
- veća produktivnost: sustavi i senzori poboljšavaju praćenje učinkovitosti pojedinih procesa i strojeva te poboljšavaju praćenje i upravljanje inventarom što vodi većoj produktivnosti, uštedi vremena i manjim troškovima
- bolja sigurnost; poboljšanje sigurnosti i stabilnosti.

Mane Interneta stvari su:

- kompleksnost; kompleksnost postavljanja IoT sustava i cloud servera koji spremaju veliku količinu podataka
- sigurnosni rizici; nesigurnost privatnosti i podataka može dovesti do krađe identiteta, kibernetičkih i hakerskih napada te neovlaštenog pristupa
- ovisnost uređaja o dostupnosti internetske veze: ne zahtijevaju svi IoT uređaji internetsku vezu, ali u tom slučaju odabrani uređaj mora biti povezan s uređajima koji su dio mreže
- kompatibilnost; poteškoće u komunikaciji i povezivanju s obzirom na veliki broj različitih uređaja i sustava.

4. Bežični SMART senzori

Bežični SMART senzori koriste bežičnu tehnologiju kako bi prikupljali podatke iz okoline te ih odaslali u centralnu jedinicu za analizu i obradu prikupljenih podataka. Ovi uređaji su opremljeni senzorskim elementima, mikrokontrolerima i komunikacijskim modulima koji služe za prijenos podataka putem bežičnih tehnologija kao što su; Wi-Fi, Bluetooth, NFC, Zigbee, LoRa i Cellular. Omogućavaju nadgledanje, praćenje i kontrolu mnogih aspekata okoline na većim udaljenostima pri čemu opskrbljuju korisnika korisnim informacijama i omogućavaju mu donošenje neke procjene ili odluke. Treba spomenuti da se povezivanjem ovih senzora s Internet stvari (Internet of things) platformama i pametnim operacijskim sustavima postiže suradnja s drugim pametnim uređajima i automatizacija.

4.1. Primjena bežičnih SMART senzora

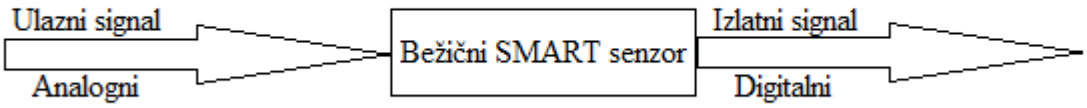
Raznolikost primjene jedna je od glavnih karakteristika bežičnih SMART senzora. Kao glavni sektori se ističu:

- **zdravstvo**; razni medicinski uređaji koriste bežične SMART senzore koji im omogućavaju praćenje zdravlja pacijenata, dijagnosticiranje bolesti, praćenje plana liječenja i nadziranje stanja tokom rehabilitacije
- **poljoprivreda**; omogućuju povećanje produktivnosti, smanjenje troškova i bolju kvalitetu proizvoda tako što prate uvijete rasta biljaka, temperaturu, vlagu, kvalitetu zemlje te kontroliraju navodnjavanje
- **pametne kuće**; automatizacija kućnih sistema što vodi boljem standardu života i većoj ugodnosti, a neki od primjera su: pametna rasvjeta, vrata, prozori i sjenila za prozore te pametni sigurnosni sustavi
- **pametni gradovi**; praćenje prometa, upravljanje javnom rasvjetom, praćenje kvalitete zraka, upravljanje otpadom itd. što rezultira boljoj kvaliteti života, optimizaciji resursa i poboljšanju učinkovitosti
- **industrija**; nadzor i upravljanje procesima, nadgledanje inventara i skladišta, praćenje rada strojeva, njihovih performansi i zagrijavanja kako bi se postigla bolja efikasnost, kvaliteta i manji troškovi
- **prijevoz**; autonomna vožnja, praćenje stanja vozila, određivanje najbolje rute, praćenje lokacije i stanja ceste.

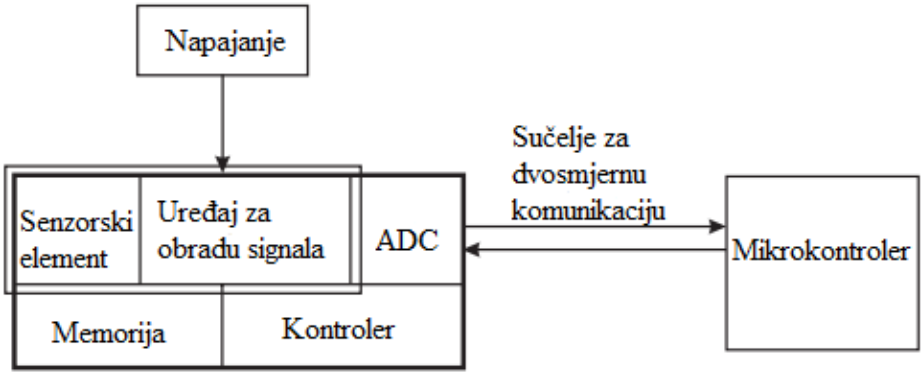
4.2. Građa bežičnih SMART senzora

Osnovne komponente koje bežičnim SMART senzorima omogućuju prikupljanje i prijenos podataka su:

- **senzorski element** - fizički uređaji koji prikupljaju informacije i mjere određene parametre ili karakteristike okoline
- **mikrokontroler** - mali računalni čip koji upravlja radom senzora i kontrolira prikupljanje i obradu podataka te omogućuje bežičnu komunikaciju
- **bežični komunikacijski modul** - omogućava bežičnu komunikaciju s drugim uređajima ili mrežom koristeći tehnologije bežičnog prijenosa podataka
- **uređaj za obradu signala** – služi za obradu podataka, filtriranje i pojačavanje signala na temelju prikupljenih podataka, a može biti ugrađen u mikrokontroler ili se može nalaziti u povezanom pametnom uređaju
- **memorija** – pohranjuje podatke koje senzor prikuplja ili podatke koji su nužni za rad senzora te omogućuje senzoru da zadrži podatke i pristupi im u nekom određenom vremenskom periodu
- **analogno-digitalni pretvarač (ADC)** - osnovna funkcija mu je pretvorba analognih signala u digitalni oblik, a na taj način se digitalni signal može procesirati te slati drugim digitalnim uređajima ili sistemima
- **napajanje** - ovisno o primjeni, pojedini senzori zahtijevaju različite vrste napajanja, a najčešće se koriste: baterija, solarni paneli ili izmjenična struja
- **kućište** - vanjsko okruženje senzora i njegovih unutarnjih komponenti koje ih štiti od oštećenja i vanjskih utjecaja, omogućuje lakšu montažu i pomaže u estetskom aspektu okruženja.



Slika 4.1. Blok shema bežičnog SMART senzora



Slika 4.2. Model bežičnog SMART senzora

4.3. Tehnologije prijenosa podataka kod bežičnih SMART senzora

Bežični prijenos podataka je tehnologija pomoću koje se podatci mogu razmjenjivati bežično što isključuje potrebu za fizičkim kabelima ili žicama. To znači da se informacije mogu slati putem bežičnih tehnologija poput radiovalova, infracrvenih zraka i mikrovalova.

Većina ovih tehnologija se temelje na obitelji standarda IEEE 802 kojeg je uveo Institut inženjera elektrotehnike i elektronike (IEEE) za lokalne mreže (LAN), osobne mreže (PAN) i gradske mreže (MAN).

Podatkovna komunikacija između različitih uređaja, uključujući mobilne telefone, računala, tablete, senzore i pametne uređaje, obično se ostvaruje putem ove tehnologije. U mnogim industrijama, uključujući telekomunikacije, prijenos podataka, medicinu, sigurnost, industriju i druge discipline, bežični prijenos podataka postaje sve prisutniji u svakodnevnom životu, a ovisno o tehnologiji koja se koristi, za bežični prijenos podataka može se koristiti nekoliko različitih frekvencija, brzina prijenosa podataka i komponentni. **Bežični prijenos podataka obično uključuje slijedeće komponente:**

- uređaj za odašiljanje; prenosi podatke i signale u zrak pomoću određene bežične tehnologije
- prijemnik; obrađuje podatke koji se prenose bežičnom tehnologijom i prima signale
- antena; koristi se za slanje i primanje signala, odnosno za slanje kod uređaja za odašiljanje te za primanje signala kod prijemnika
- softver; računalni programi, aplikacije i operativni sustavi koji služe za kontrolu bežične tehnologije i obradu podataka koji se dostavljaju ili primaju putem bežične veze.

Ovi elementi zajedno omogućuju slanje podataka bežičnom tehnologijom. Dodatne komponente, uključujući modeme, usmjerivače, pojačivače antene i druge uređaje, mogu biti potrebne ovisno o tehnologiji koja se koristi.

Bežične tehnologije koje se najčešće koriste za prijenos podataka su: **Wi-Fi, Bluetooth, NFC, Zigbee, LoRa i Cellular.**

4.3.1. Wi-Fi

Brz i pouzdan prijenos podataka između senzora i drugih umreženih uređaja omogućen je bežičnim prijenosom podataka pomoću Wi-Fi tehnologije. Ova tehnologija je zamišljena kao zamjena za LAN kablove, a temelji se na IEEE 802.11 standardu za implementaciju računalne komunikacije bežične lokalne mreže (WLAN). Neke od karakteristika za Wi-Fi su: brzi prijenos podataka (10-50 Mbits/s), širok spektar primjene, najpopularniji raspon 2.4-5 GHz te velika potrošnja energije. Budući da su Wi-Fi mreže široko korištene i dostupne u praktički svakom domu i na radnom mjestu, dodavanje senzora postojećoj mreži vrlo je jednostavno.

Podatci se ovom tehnologijom prenose na sljedeći način:

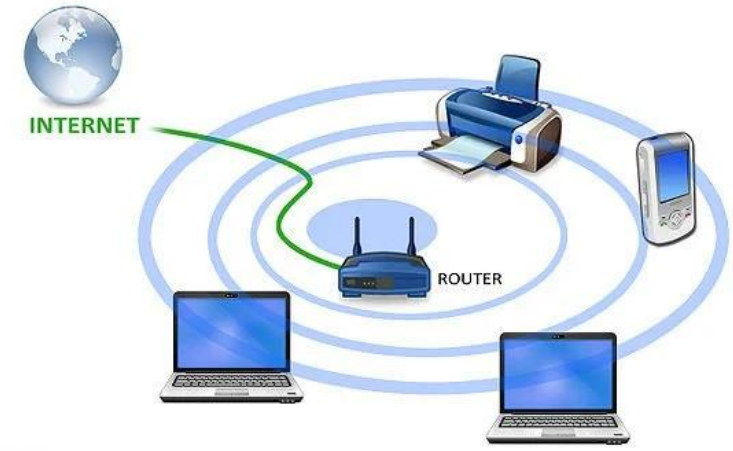
Senzor prikuplja podatke o mjerenoj veličini te ih pretvara u digitalni oblik. Korištenjem antene, senzor se spaja na Wi-Fi mrežu koja je zaštićena lozinkom ili sličnim sigurnosnih sustavom. Pomoću Wi-Fi protokola senzor šalje podatke prijemniku koji je spojen na istu Wi-Fi mrežu te se u softveru koji sadrži programe i aplikacije ti podatci obrađuju. Navedeni softver nudi mogućnost analize podataka koje je skupio senzor te se ti podatci za daljnju upotrebu isporučuju u obliku grafova, dijagrama, tablica i listi.

Iako se Wi-Fi temelji na standardu IEEE 802.11, postoje inačice ovog standarda koje rade na drugačijim frekvencijama te postižu različite brzine.

Generacija	IEEE Standard	Frekvencija [GHz]	Brzina [Mbit/s]
Wi-Fi 0	802.11	2.4	1-2
Wi-Fi 1	802.11b	2.4	1-11
Wi-Fi 2	802.11a	5	6-54
Wi-Fi 3	802.11g	2.4	6-54
Wi-Fi 4	802.11n	2.4 / 5	72-600
Wi-Fi 5	802.11ac	5	433-6933
Wi-Fi 6	802.11ax	2,4 / 5 / 6	574-9608

Tablica 4.1. Wi-Fi generacije

Slika 4.3. Ruter s antenama potreban za slanje i primanje podatka



Slika 4.4. Izgled Wi-Fi mreže

Slika 4.5. Wi-Fi simboli

4.3.2. Bluetooth

Bežična tehnologija koja omogućuje komunikaciju između uređaja koji su u blizini u rasponu od 10-100 metara naziva se Bluetooth. Od strane IEEE standardiziran je kao IEEE 802.15.1, a definira fizički sloj i specifikaciju kontrole pristupa medijima za bežično povezivanje s fiksnim, prijenosnim i pokretnim uređajima unutar ili u osobnom radnom prostoru. Bez upotrebe kabela, uređaji poput pametnih telefona, računala, slušalica, zvučnika i druge elektroničke opreme mogu lako prenositi podatke zahvaljujući ovoj tehnologiji. U današnjem svijetu pronalazi široku primjenu, a neki od primjera su: prijenos podataka između uređaja kao što su računala, tableti i pametni telefoni, pametni mjerni instrumenti, povezivanje računala i ulaznih uređaja, povezivanje bežičnih zvučnika, pojačala i slušalica, povezivanje kamera, senzora i sličnih uređaja.

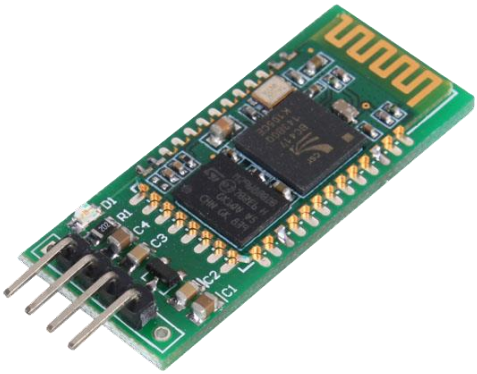
Karakteristike ove tehnologije su: jednostavnost, pouzdanost, niska cijena, kompatibilnost s mnogim uređajima te niska potrošnja energije.

Prije započinjanja komunikacije dva Bluetooth uređaja moraju se upariti i prepoznati jedan drugog kako bi uspostavili par, a to se čini tako što se uključi Bluetooth te se odabere uređaj na koji se želi priključiti. Kod oba uređaja mora se stisnuti na gumb za uparivanje kako bi se uspostavila veza. Kada su uređaji spojeni, Bluetooth koristi radio signale niske snage kako bi održao vezu između uređaja. Slanje i primanje signala omogućeno je pomoću Bluetooth modula koji se nalazi u odabranim uređajima, a za koju je namjenu, Bluetooth određuje preko ugrađenih protokola. Frekvencija od 2,4 GHz koju koristi Bluetooth tehnologija podijeljena je na 79 kanala što znači da više uređaja može koristiti istu frekvenciju bez međusobnog ometanja zbog ove podjele.

Postoje tri glavne podjele Bluetootha koje se razlikuju po dometu i brzini koju postižu.

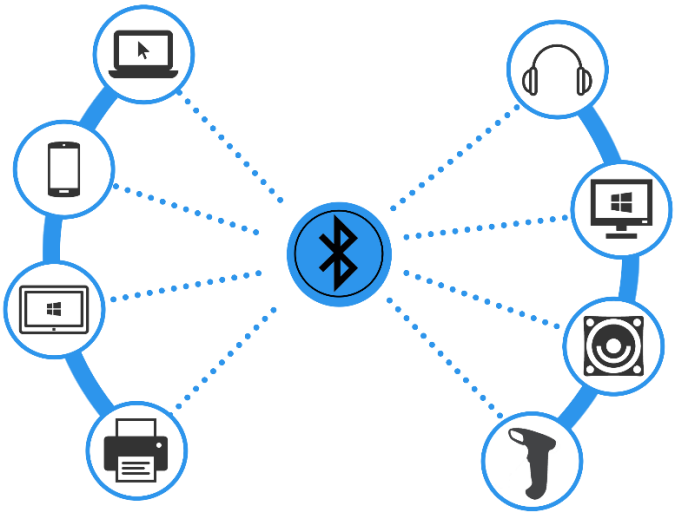
Bluetooth klasa	Domet [m]	Brzina [Mbit/s]	Namjena
1 - Extended Range	100	24	Bežične slušalice, zvučnici i slično
2 - Basic Rate	10	2.1	Pametni telefoni, tableti, prijenosna računala
3 - High Speed	1	0.3	Bežični ulazni uređaji računala

Tablica 4.2. Bluetooth klase



Slika 4.6. Bluetooth modul koji se koristi u pametnim telefonima

Slika 4.7. Bluetooth simbol



Slika 4.8. Izgled Bluetooth mreže i uređaji koje podržava

4.3.3. NFC

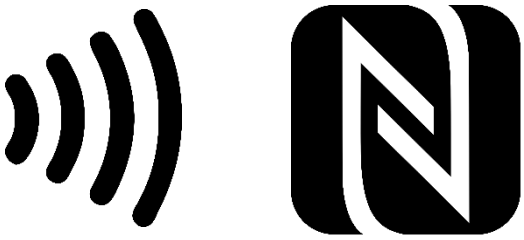
Tehnologija zvana NFC (Near Field Communication) olakšava bežičnu komunikaciju između dva uređaja na maloj udaljenosti, najčešće do 10 cm. Šalje podatke između uređaja pomoću elektromagnetskog polja i radi na frekvenciji od 13,56 MHz. NFC se primarno koristi za mobilna plaćanja, prijenos datoteka i druge komunikacije u neposrednoj blizini, ali se također koristi u pametnim kućama, pametnim bravama i drugim uređajima koji podržavaju bežičnu komunikaciju.

Postoje tri vrste NFC komunikacije:

- aktivna - oba uređaja su aktivna, odnosno mogu slati i primati podatke jedan od drugoga. Brzina koja se postiže u ovom slučaju je 212 kbit/s, a primjer aktivne komunikacije je prijenos datoteka između dva pametna telefona.
- pasivna - jedan uređaj prima podatke od drugog uređaja te nazad ne šalje podatke tom uređaju. Brzina je 106 kbit/s, a primjer je očitavanje NFC naljepnice za dobivanje više informacija o nekom proizvodu.
- pasivno-aktivna – dva aktivna uređaja žele uspostaviti komunikaciju, ali jedan uređaj djeluje aktivno, a drugi pasivno. Brzina koja se postiže je 424 kbit/s, a najčešći primjer je plaćanje u trgovini, korištenjem bankovnih kartica koje se prislanjaju na NFC čitač.

Možemo primijetiti da su brzine koje se postižu NFC komunikacijom relativno niske u usporedbi s Wi-Fi i Bluetooth tehnologijama, ali zbog svoje jednostavnosti NFC danas pronalazi sve veću primjenu.

Slika 4.9. Primjer NFC čitača koji se koristi u trgovinama



Slika 4.10. NFC simboli

4.3.4. Zigbee

Zigbee je tehnologija koja pruža bežični prijenos podataka kod senzora, kontrolera, upravljačkih sustava, aktuatora i instrumenata. Bazirana je na standardu IEEE 802.15.4 koji definira rad bežične osobne mreže niske brzine. Zigbee je bežični protokol za male količine podataka koji omogućuje prijenos do 100 m, a **neke od karakteristika su**:

- energetska efikasnost; odnosno niska potrošnja energije
- sigurna i pouzdana komunikacija
- samostalna i učinkovita mreža
- podržavanje velikog broja uređaja u mreži.

Niska potrošnja energije omogućuje da uređaji koji su spojeni u mrežu mogu dugo raditi na baterijsko napajanje. Sigurna i pouzdana komunikacija znači da ova metoda ima razne enkripcije i autentifikacije. Samostalna mreža je ona mreža koja omogućuje izravno povezivanje uređaja, a da se pritom ne koristi centralna upravljačka jedinica. Učinkovitost mreže se odnosi na malo kašnjenje; odnosno prijenos podataka u stvarnom vremenu. Podržavanje velikog broja uređaja u mreži je korisno kod aplikacija koje imaju puno različitih uređaja koji se međusobno povezuju.

Ova tehnologija danas pronalazi široku primjenu, a neki od primjera su:

- pametne kuće i zgrade (povezivanje kamera, senzora, rasvjete i zvučnika)
- automatizacija u industrijama (daljinsko upravljanje i kontroliranje, praćenje temperature, buke itd.)
- zdravstvo (praćenje očitavanja medicinskih uređaja te brže reagiranje u kritičnim slučajevima)
- poljoprivreda (praćenje razine temperature i vlage, kontroliranje navodnjavanja).

Slika 4.11. Zigbee logo / simbol

Podatci se u Zigbee mreži prenose pomoću radio signala frekvencije 2,4 GHz, 868 MHz ili 915 MHz.

Lokacija	Frekvencija [GHz]	Domet [m]	Brzina [kbit/s]	Karakteristike
Europa, Sjeverna Amerika, Azija	2,4	10 - 75	250	visoka brzina prijenosa podataka, podržavanje tehnologija koje rade na istoj frekvenciji
Europa	0.868	100	20	bolji prodor kroz prepreke, veći domet
Sjeverna Amerika	0. 915	100	40	bolji prodor kroz prepreke i zidove, veći domet

Tablica 4.3. Karakteristike Zigbee mreže

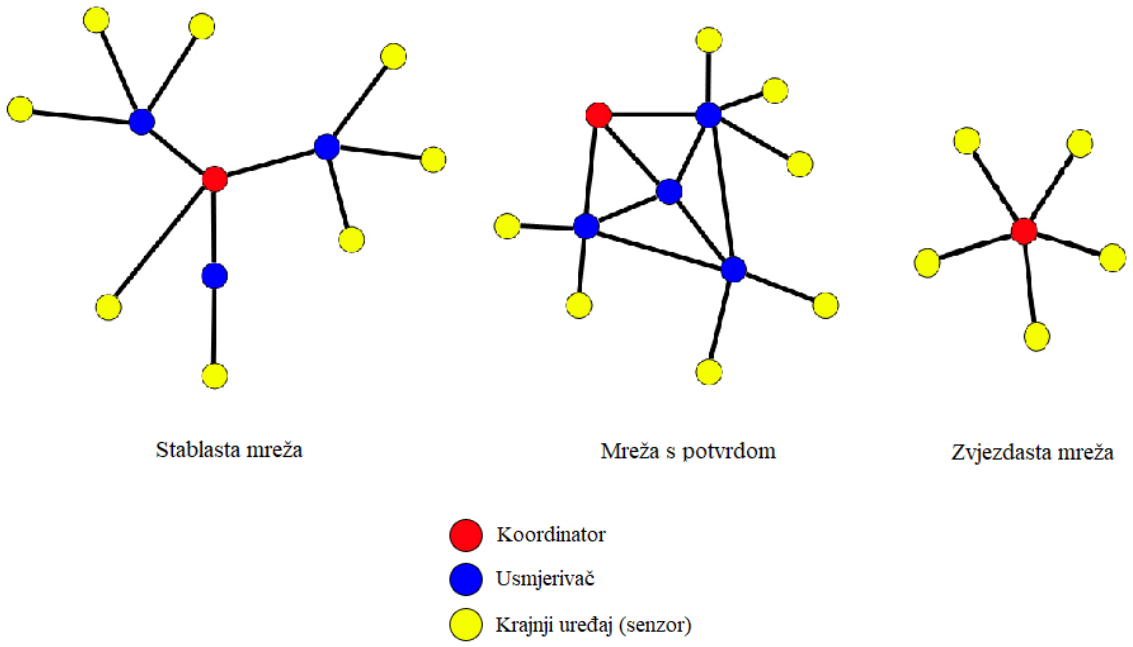
Dijelovi Zigbee mreže:

- Zigbee uređaji; uređaji koji prenose podatke pomoću Zigbee mreže te sadrže Zigbee čip
- krajnje točke; uređaji koji služe za obavljanje specifičnih zadatka u Zigbee mreži
- usmjernici; uređaji koji usmjeravaju podatke i proširuju domet Zigbee mreže
- koordinator; centralni dio mreže čiji je zadatak održavanje i pokretanje Zigbee mreže
- mrežni ključevi; osiguravaju siguran prijenos podataka pomoću enkripcije
- kanali; Zigbee koristi radio-frekvencijske kanale za bežični prijenos podataka.

Slika 4.12. Zigbee čip

Postoje tri vrste Zigbee mreže, a one su:

- zvjezdasta mreža; svi uređaji su izravno povezani s centralnom kontrolnom jedinicom, odnosno svi uređaji moraju biti u dometu centralnog koordinatora te je ova mreža lagana za konfiguriranje i održavanje
- stablasta mreža; hijerarhijska struktura uređaja, odnosno svaki Zigbee uređaj može upravljati skupinom uređaja, složenija je za konfiguriranje i održavanje, ali omogućuje veći domet
- mreža s potvrdom; svaki prijenos podataka zahtijeva potvrdu o ispravnom primanju što osigurava ispravan i pouzdan prijenos podataka, ali smanjuje brzinu prijenosa podataka.

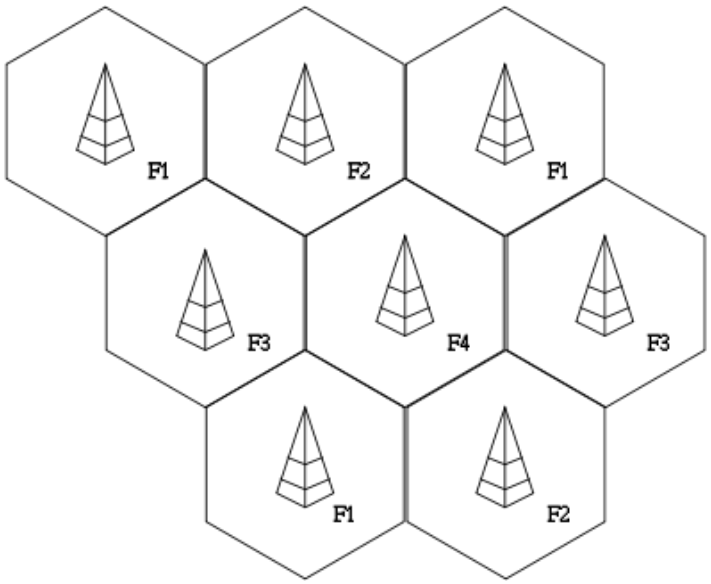


Slika 4.13. Zigbee mreže

U Zigbee mreži, podatci se prenose paketima tako što izvor podataka, odnosno neki senzor ili uređaj generira podatke koji se prenose mrežom. Podatci se zatim paketiraju te sadrže informacije o adresi primatelja, izvora te samim podacima. Pomoću adrese podatci se šalju određenom dijelu mreže, a usmjernici određuju najbolji i najbrži put za prijenos paketa do krajnjih uređaja. Prijenos paketa se izvodi pomoću radiovalova na odgovarajućoj frekvenciji, a koordinator služi za enkripciju spomenutih podataka, dodjeljivanje adrese i usmjeravanje podataka. Krajnji uređaj prima paket podataka te ako je adresa točna, izdvaja podatke paketa i obrađuje ih.

4.3.5. Cellular

Cellular su mreže koje omogućuju bežični prijenos podataka između senzora ili pametnih uređaja putem baznih stanica. Naziv "cellular" su dobile po raspodjeli mreže u ćelije (engl. cells) koje su geografski definirana područja pokrivenosti. Bazne stanice tvore mrežu, a postavljene su na različitim lokacijama i pokrivaju određeno geografsko područje koje se naziva ćelija. Treba napomenuti da svaka bazna stanica komunicira s uređajima koji su unutar dosega te ćelije, a kad se uređaj kreće izvan područja jedne ćelije, komunikacija se prenosi na susjednu ćeliju bez prekida što omogućuje neprekidnu vezu tijekom kretanja. Navedeni proces prebacivanja između ćelija naziva se "handover" ili "roaming".



Slika 4.14. Cellular mreža

Prednosti cellular mreža:

- pokrivenost - široka geografska pokrivenost, odnosno slanje podataka s gotovo bilo koje lokacije koja je obuhvaćena mobilnom mrežom
- pouzdanost - pouzdan prijenos podataka sa širokom dostupnosti i otpornosti na smetnje
- skalabilnost - podržavaju veliki broj uređaja
- sigurnost - enkripcijom podataka se osigurava visoka razina privatnost i sigurnosti.

Cellular mreže koriste različite generacije tehnologija za bežičnu komunikaciju, a one su:

Generacija	Pod generacija	Brzina	Domet	Frekvencija
2G	GPRS	56 kbit/s - 114 kbit/s	1 – 35 km	900 Mhz, 1800 Mhz
	EDGE	120 kbit/s - 384 kbit/s		
3G	UMTS	384 kbit/s do 2 Mbit/s	1 – 5 km	900 Mhz, 1200 Mhz
	HSPA	1 Mbit/s - 14 Mbit/s		
	HSPA +	4 Mbit/s - 42 Mbit/s		
4G	LTE	5 Mbit/s - 100 Mbit/s	1 – 30 km	700 Mhz, 800 Mhz, 1800 Mhz, 2600 Mhz
	LTE-Advanced	100 Mbit/s - 1 Gbit/s		
	LTE-Advanced Pro	500 Mbit/s - 3 Gbit/s		
5G	NR	100 Mbit/s - 10 Gbit/s	200 m - 2 km	2.5 Ghz, 3.5 Ghz

Tablica 4.4. Generacije cellular mreže

Gore navedene vrijednosti su samo općenite procjene i stvarni domet cellular mreža može varirati ovisno o mnogim čimbenicima. Neki od tih čimbenika su frekvencijski pojas, snaga signala, prisutnost prepreka, kvaliteta signala i regija.

Primjena cellular mreža:

- mobilna komunikacija – telefonski pozivi, internetski pristup i SMS poruke
- Internet stvari – povezivanje senzora i električnih pametnih uređaja
- praćenje – GPS praćenje položaja ljudi ili vozila
- pametni gradovi – povezivanje uređaja i senzora diljem grada
- medicina – praćenje pacijenata i njihovog zdravlja, konzultiranje s liječnikom.

Slika 4.15. Simboli cellular mreže

Prijenos podataka se kod cellular mreža odvija slijedećim redoslijedom:

- senzor generira podatke; digitalizacija podataka i spremanje za prijenos
- komunikacija s mrežom; pomoću cellular modula senzor se povezuje s mrežom
- prijenos podataka; koristeći 2G, 3G, 4G ili 5G tehnologiju podaci pakiraju i šalju do najbliže bazne stanice
- mrežna infrastruktura; obrada, preusmjeravanje i sigurnost podataka
- prijenos podataka do krajnjeg odredišta; nakon spajanja s mrežom, podatci se šalju do odredišta
- obrada i uporaba; analiziranje i obrađivanje podataka.

Slika 4.16. Cellular radio toranj

4.3.6. LoRa

LoRa (Long Range) je bežična tehnologija koja služi za prijenos podataka kod senzora uz nisku potrošnju energije, ali na velike udaljenosti. Točan domet nije definiran zato što ovisi o raznim elementima poput okoline, snage prijenosa, prepreka i frekvencije. U ruralnim područjima, odnosno na mjestima gdje ima manje prepreka, LoRa mreža može doseći i nekoliko desetaka kilometara, a u urbanim područjima, s puno prepreka i smetnji, domet mreže ograničen je na nekoliko stotina metara do nekoliko kilometara. LoRa koristi različite frekvencijske opsege ovisno o dijelu svijeta u kojem se koristi pa je tako osnovna frekvencija za Europu 868 MHz u dok se u Sjevernoj Americi koristi frekvencija od 915 MHz.

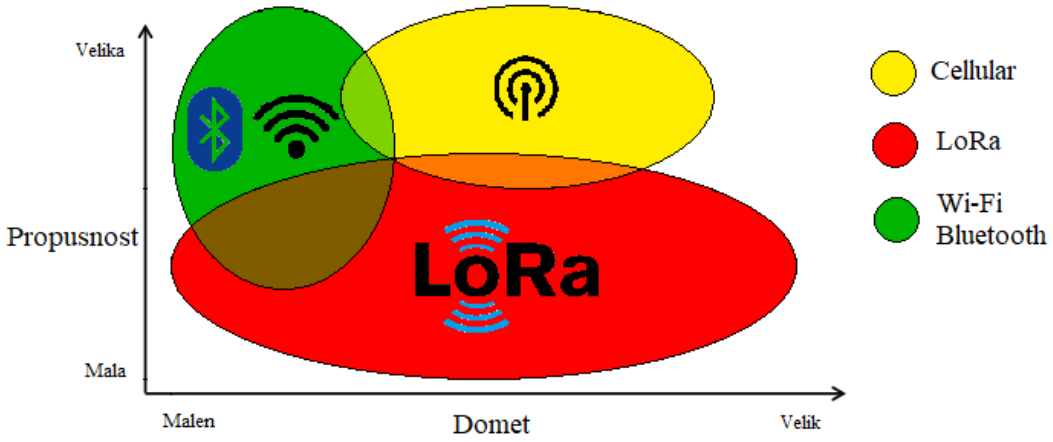
Dijelovi LoRa mreže:

- senzori - prikupljaju podatke te ih pretvaraju u digitalne signale
- LoRa čvorovi - povezuju senzore s LoRa mrežom, odnosno skupljaju podatke od senzora i šalju ih kroz mrežu
- bazne stanice - služe za prijam podataka s LoRa čvorova i slanje podataka prema internetu
- LoRa mrežni poslužitelji - računalni sustavi koji obrađuju zahtjeve, usmjeravaju podatke prema odgovarajućim aplikacijama, šifriraju i dešifriraju podatke i autentificiraju čvorove
- aplikacije - obrađuju i analiziraju primljene podatke za svrhu donošenja odluke, generiranja izvještaja ili pokretanje određene funkcije.

Slika 4.17. LoRa simbol / logo

Karakteristike LoRa mreže:

- sigurnost; šifriranje podataka i autentifikacija čvorova
- niska potrošnja energije; optimizacijom potrošnje energije pojedini senzori mogu raditi godinama s jednim setom baterija
- domet; impresivan domet koji ovisi o raznim elementima
- podržavanje velikog broja uređaja u mreži; mogućnost istovremenog povezivanja tisuća ili čak milijuna senzora što rezultira širokom primjenom
- niska cijena; u usporedbi s drugim bežičnim tehnologijama, dijelovi i postavljanje mreže su jeftiniji.



Slika 4.18. Domet i propusnost LoRa mreže u usporedbi s drugim bežičnim tehnologijama

Primjena LoRa mreže:

- pametni gradovi - upravljanje javnom rasvjetom, analiziranje kvalitete vode i zraka, nadgledanje parkirnih mjesta na parkiralištu, praćenje razine otpada itd.
- poljoprivreda - praćenje i kontroliranje uvjeta uzgoja; temperatura, vlažnost tla, osvjetljenje i pH vrijednost u svrhe navodnjavanja, nadgledanja životinja, gnojidbe itd.
- industrijska automatizacija - nadzor, upravljanje i prikupljanje podataka u industrijskom postrojenju
- sigurnost i praćenje - slanje lokacijskih podataka, podataka o kretanju i stanju resursa ili osoba.

4.4. Standardi bežičnih SMART senzora

Standardi su dokumenti koji definiraju specifikacije, svojstva, smjernice, kriterije ili osobine za specifični sustav, proizvod ili uslugu. Temelji su na kojima se zasnivaju uspješne i kvalitetne industrije ili tvrtke, a kao rezultat omogućuju bolju sigurnost, efikasnost, kvalitetu i smanjenje troškova.

4.4.1. IEEE standardi

Prvi standardi bežičnih SMART senzora određeni su procesima Instituta inženjera elektrotehnike i elektronike (IEEE) i Nacionalnog instituta za standarde i procese (NIST). Obuhvaćaju obitelj standarda IEEE 1451 koji opisuje skup otvorenih, uobičajenih, o mreži neovisnih komunikacijskih sučelja za povezivanje sondi (senzora ili aktuatora) s mikroprocesorima, instrumentacijskim sustavima i mrežama upravljanja/polja.

Obitelj IEEE 1451 sadrži sedam standarda, a njihove uloge su:

IEEE 1451.0	Standard za pametno sučelje sonde za senzore i aktuatore – objedinjuje komunikacijske protokole, zajedničke funkcije te formate elektroničkih podataka o sondi (TEDS).
IEEE 1451.1	Standard za sučelje pametnog pretvarača za senzore i aktuatore – informacijski model aplikacijskog procesora sposobnog za mrežu.
IEEE 1451.2	Standard za sučelje pametnog pretvarača za senzore i aktuatore – odnosi se na komunikacijske protokole između pretvarača i mikroprocesora te TEDS formata.
IEEE 1451.3	Standard za sučelje pametnog pretvarača za senzore i aktuatore – usredotočuje se na digitalnu komunikaciju i TEDS formati za distribuirane višekapničke sustave.
IEEE 1451.4	Standard za sučelje pametnog pretvarača za senzore i aktuatore – obuhvaća komunikacijske protokole mješovitog načina rada i TEDS formate.
IEEE 1451.5	Standard za pametno sučelje sonde za senzore i aktuatore – odnosi se na protokole bežične komunikacije i TEDS formate.
IEEE 1451.6	Standard za sučelje pametnog pretvarača za senzore i aktuatore – objedinjuje komunikacijske protokole sustava pretvornika za sustave radiofrekvencijske identifikacije (RFID) i formate elektroničkih podatkovnih listova pretvornika.

Tablica 4.5. Standard IEEE 1451 i njegove inačice

Slijedeća obitelj standarda kojima su određeni bežični SMART senzori je IEEE 802. Ona obuhvaća lokalne mreže (LAN), osobne mreže (PAN) i gradske mreže (MAN), a imala je dvadeset i četiri člana označena brojevima od 802.1 do 802.24, no trenutno nisu sve radne skupine aktivne. Radne skupine IEEE 802 već su obuhvaćene u poglavlju 4.3. „Tehnologije prijenosa podataka kod bežičnih SMART senzora“ ovog rada te ih iz tog razloga neću ponovno obrađivati.

Slika 4.19. IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) logo

4.4.2. IEC standardi

IEC standardi su parametri i norme koje je razvila Međunarodna elektrotehnička komisija s ciljem postizanja veće razine sigurnosti, kvalitete te kompatibilnosti. Uz IEEE standarde vodeća su svjetska organizacija koja se bavi razvojem novih smjernica i karakteristika u područjima elektrotehnike i računalstva.

Tijekom svojeg djelovanja razvili su mnoštvo standarda karakterističnih za bežične SMART senzore i tehnologije vezane uz njih. Neki od standarda i njihove uloge su:

IEC 62571	Komunikacijski protokoli za bežične uređaje i senzore koji se koriste u svrhe električne energije i automatizacije sustava.
IEC 62899	Izvedbeni zahtjevi za bežične uređaje i senzore koji primjenu pronalaze u različitim industrijama.
IEC 62952	Zahtjevi u pametnim kućama i zgradama koji se odnose na sigurnost i kompatibilnost pametnih uređaja i senzora.
IEC 63173	Zahtjevi pametnih gradova za kompatibilnost i sigurnost IoT uređaja i mreže.
IEC 63188	Zahtjevi bežičnih senzora koji primjenu pronalaze u industrijskim aplikacijama za mjerenje, ispitivanje i kontrolu.
IEC 63171	Sigurnosni zahtjevi za bežične uređaje i senzore koji se koriste u različitim industrijskim granama.

Tablica 4.6. IEC standardi vezani za bežične SMART senzore

Treba napomenuti da se IEEE i IEC standardni zbog razvoja tehnologije i postizanja novih ciljeva konstantno unaprjeđuju i razvijaju te treba biti dobro upoznat s njihovim najnovijim informacijama.

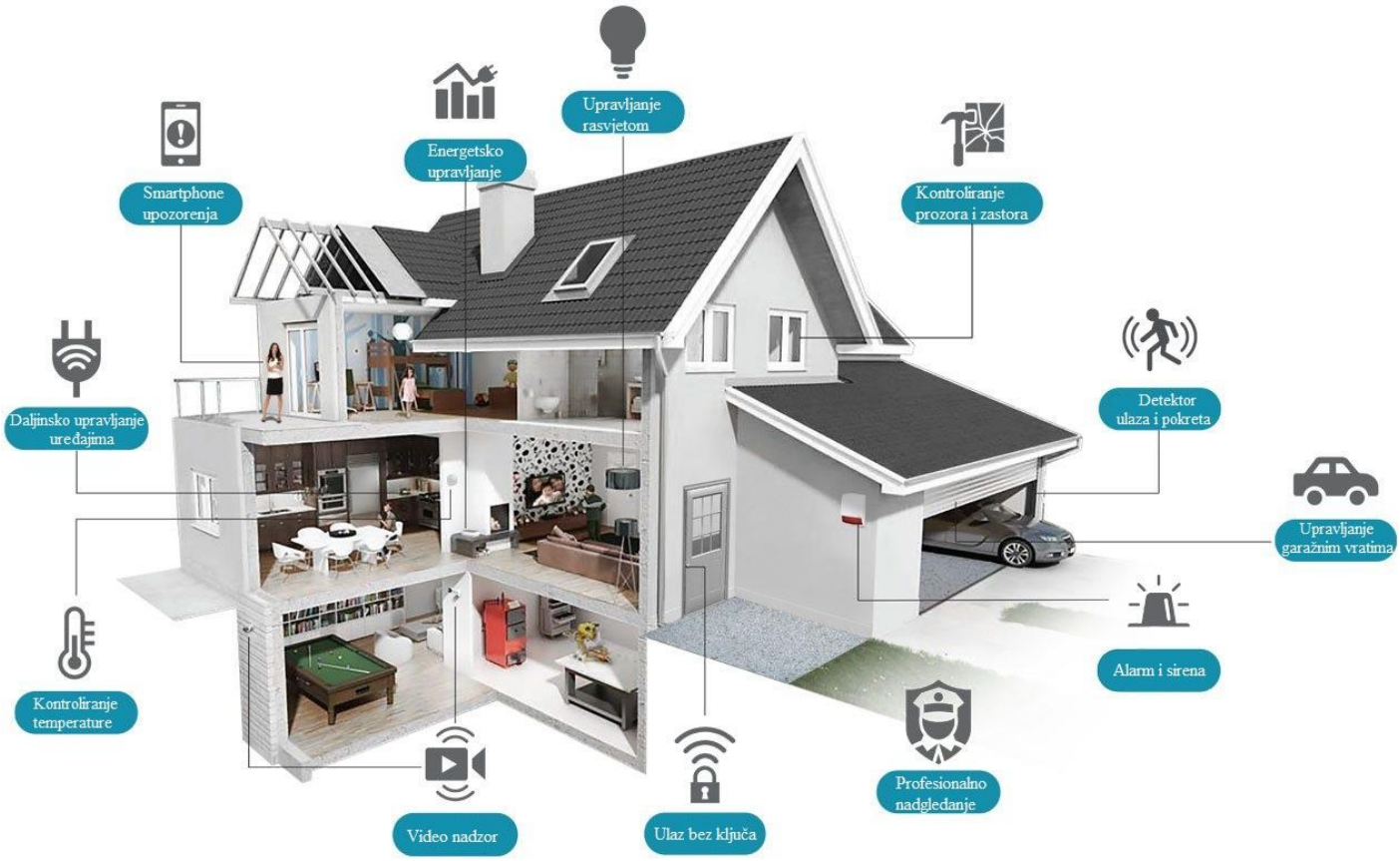
Slika 4.20. IEC (International Electrotechnical Commission) logo

5. Pametna kuća

Bežični SMART senzori u današnjem svijetu pronalaze široku upotrebu, a na primjeru pametne kuće prikazat ću njihovu primjenu. Objasnit ću što su pametne kuće, reći nešto o njihovoj povijesti, sustavima, prijenosu podataka, uštedi te prednostima i manama.

5.1. Što je pametna kuća?

Pametna kuća je sustav koji obuhvaća korištenje tehnologije, senzora, različitih visokotehnoloških uređaja i mreže u svrhe poboljšanja energetske učinkovitosti, funkcionalnosti i sigurnosti kuće te udobnosti korisnika. Ova vrsta objekta omogućava kontroliranje navedenim elementima iz središnjeg izvora, odnosno omogućava automatizaciju i daljinsko upravljanje različitim sustavima unutar doma. Treba napomenuti da pametna kuća ima mogućnost potpune adaptacije željama i potrebama pojedinaca, a to je ostvarivo zato što je osnovna instalacija podložna programiranju i izmjenama.



Slika 5.1. Pametna kuća

5.2. Povijest pametnih kuća

Ideja o automatizaciji kuća javila se još sredinom 20. stoljeća, no te kuće su bile više usredotočene na pojedinačne sustave. S razvojem računala i interneta dolazi do komunikacije između više sustava te unapređenja pametnih kuća.

Tijekom 60- ih i početkom 70-ih godina 20. stoljeća automatizacija kuća svodila se na automatsko kontroliranje osvjetljenjem, grijanjem te hlađenjem. 80-ih i 90-ih godina 20. stoljeća dolazi do razvoja računalne tehnologije, a najupečatljivije promjene na pametnim kućama iz tog doba su međusobna komunikacija između uređaja te daljinsko upravljanje pomoću računala. Početkom 21. stoljeća dolazi do razvoja interneta te se počinju pojavljivati pametni sigurnosni sustavi, pametni rasvjetni sustavi, sustavi za upravljanje multimedijom te pametni sustavi klimatizacije i temperature kojima se upravlja bežično pomoću mobilnih aplikacija. Treba spomenuti da važnu ulogu kod ovih sustava ima Internet stvari koji omogućava korisnicima nadgledanje i kontroliranje pametnih kuća i kad pojedinac nije kod kuće. Upravo to su prepoznale velike tehnološke tvrtke poput Apple-a, Amazon-a i Google-a koje su zaslužne za razvoj pametnih asistenata koje danas možemo pronaći u skoro svakoj pametnoj kući. Ovi pametni asistenti nude upravljanje uređajima i kućanskim aparatima pomoću glasa, stvaranje određene atmosfere ili rutine te kontroliranje sustava informacija, sigurnosti, multimedije i drugih.

Slika 5.2. Amazon Alexa

Slika 5.3. Google Home

5.3. Sustavi pametnih kuća

Postoji nekoliko ključnih automatizacijskih sustava koji korisniku omogućavaju lakše kontroliranje i nadziranje pametne kuće te samostalnu uštedu energije i sigurnost. Neki od najkorištenijih sustava pametnih kuća su:

a) sigurnosni sustavi

Sigurnosni sustavi su neophodni u svakoj pametnoj kući. Oni se sastoje od senzora pokreta, nadzornih kamera, protuprovalnih aparata, alarma i sirena. Služe za zaštitu te za ostvarivanje dojma sigurnosti korisnika, a pomoću sigurnosnih sustava se upravlja zastorima, rasvjetom, televizijom i dr. Treba spomenuti da sigurnosni sustav može imitirati ponašanje korisnika i kad on nije u pametnoj kući što može zavarati i uplašiti provalnike. U slučaju da ipak dođe do provale, sigurnosni sustav uključuje alarm, poziva policiju, zaključava vrata, spušta zastore te upozorava vlasnika putem pametnog telefona ili drugih uređaja.

b) sustavi rasvjete

Pomoću sustava rasvjete korisnik može upravljati osvjetljenjem, mijenjati boje, stvarati rutine te prigušivati svijetlost. Upravljanje se izvodi pomoću pametnih prekidača, pametnih telefona, senzora ili glasovnih naredbi. Senzori mogu prepoznati kada je korisnik u nekom dijelu pametne kuće ili kada je odsutan te tako prigušiti ili ugasiti svijetlo što vodi uštedi energije te većoj ugodnosti korisnika.

c) sustavi grijanja, ventilacije i klimatizacije

Koristeći ove sustave, korisnik može kontrolirati temperaturu i kvalitetu zraka pametne kuće. Ovi sustavi se sastoje od senzora temperature, pokreta, osvjetljenja itd. koji prepoznaju neko stanje u kući te samostalno reagiraju ili šalju obavijest korisniku koji s navedenim elementima upravlja pomoću pametnog telefona ili glasovno. Tako, na primjer, sustav prilagođava temperaturu pametne kuće ovisno o vanjskoj temperaturi, omogućava upravljanje temperaturama u svakoj prostoriji, ovisno boravi li korisnik u njoj ili ne, te upravlja zastorima ovisno o dobu dana ili godišnjem dobu. Ovaj sustav omogućava optimalno korištenje grijanja, ventilacije i klimatizacije što rezultira velikom doprinosu uštede energije.

d) multimedijalni sustavi

Ovi sustavi obuhvaćaju uređaje za kućnu zabavu poput televizora, projektora i audio-sustava. Odabirom filma ili glazbe koju želite gledati/slušati, pametna kuća prilagodit će atmosferu u prostoriji, prigušiti svjetla, spustiti zastore/rolete, spustiti platno i projektor. Želite li da vas nitko ne smeta, sustav će onemogućiti zvonjavu na ulaznim vratima, isključiti telefone... Sve ovo vodi većoj ugodnosti i zadovoljnijem korisniku.

e) sustavi pametnih kućanskih aparata

Sustavi kućne automatizacije korisniku omogućuju upravljanje pametnim kućanskim aparatima, postavljanje rutine ili rasporeda te primanje obavijesti o radu pojedinih uređaja. Najkorišteniji pametni kućanski aparati koje obuhvaćaju ovi sustavi su: pametni hladnjaci, tosteri, perilice, sušilice rublja, aparati za kavu, perilice posuđa i usisavači. Ovi aparati se povezuju sa sustavom pametnih kuća putem bežičnih tehnologija radi lakšeg upravljanja i nadgledanja spomenutih aparata.

Slika 5.4. Načini upravljanja sustava pametnih kuća

5.4. Prijenos podataka kod pametnih kuća

Podatci se u pametnim kućama prenose putem različitih tehnologija ovisno o spojenim uređajima i sustavima. Glavna podjela bi bila na bežični i žičani prijenos podataka, no s obzirom da se ovaj rad temelji na bežičnim SMART senzorima, analizirat ću bežični prijenos podataka.

Senzori primaju razne podatke iz okoline koje šalju centralnoj jedinici, odnosno procesoru. Centralni procesor obrađuje podatke koje je dobio od senzora te na temelju unaprijed definiranih normi i pravila donosi neku odluku. Ta odluka se zatim prenosi uređajima i sustavima pametne kuće te dolazi do međusobne interakcije spomenutih uređaja i sustava.

Najpoznatije bežične tehnologije za prijenos podataka kod pametnih kuća su:

- Wi-Fi
- Bluetooth
- NFC
- Zigbee
- LoRa
- Cellular

Navedene bežične tehnologije su već opisane u poglavlju 4.3. ovog rada te ih iz tog razloga neću ponovno obrađivati, no treba napomenuti da se, u slučaju slanja podataka na udaljene poslužitelje, iz sigurnosnih razloga i radi osiguranja privatnosti korisnika, navedeni podatci enkriptiraju i šifriraju. Upravo zbog toga mnogi sustavi pametnih kuća koriste lokalnu mrežu za prijenos podataka unutar kuće te se tako podatci ne šalju na udaljene poslužitelje.

Slika 5.5. Prijenos podataka u pametnoj kući

5.5. Prednosti i nedostatci pametnih kuća

Razvojem pametnih kuća njihove prednosti se povećavaju pa bi tako u budućnosti pametne kuće trebale biti savršeno prilagođene korisniku. Iako su opremljene naprednom tehnologijom, pametnim uređajima i internetom ipak imaju neke nedostatke.

Prednosti pametnih kuća:

- veća energetska učinkovitost – pomoću sustava kao što su; sustavi rasvjete, grijanja, ventilacije i klimatizacije, energetske kuće korisniku omogućuju smanjenu potrošnju i uštedu energije
- povezivanje uređaja – pametne kuće omogućuju povezivanje velikog broja uređaja, kontroliranje s jednog mjesta te daljinsko i glasovno upravljanje
- bolja sigurnost – sigurnosni sustav pametne kuće je opremljen senzorima pokreta, nadzornim kamerama, protuprovalnim aparatima, alarmima i sirenama pomoću kojih korisnik može dobiti bolji nadzor te upozorenja u slučajevima i kad je izvan kuće
- poboljšana korisnost i udobnost – automatizacija, stvaranje atmosfere ili praćenje neke rutine neki su od razloga zašto pametna kuća korisniku stvara osjećaj boljeg načina života i ugodnosti.

Nedostatci pametnih kuća:

- velika cijena – zbog toga što su opremljene pametnim uređajima i naprednim tehnologijama te zato što imaju troškove instaliranja i održavanja sustava, pametne kuće su vrlo skupe
- povezivanje uređaja i kompatibilnost – u nekim slučajevima velik broj različitih sustava, korisničkih sučelja i programa može dovesti do poteškoća u povezivanju uređaja i upravljanju
- sigurnosni rizici – pametnu kuću treba dobro osigurati od neovlaštenog pristupa i hakera zbog njene povezanosti s internetom
- ovisnost o internetu i tehnologiji – u slučaju da dođe do nestanka interneta ili kvara, sustavi pametnih kuća ne mogu dobro komunicirati te neki dijelovi pametne kuće ne mogu ispravno raditi.

5.6. Ušteda energije pametnih kuća

Zbog velikog broja raznih uređaja, senzora i sustava od kojih je građena, pametna kuća troši velike količine energije. Upravo zbog toga je nužna optimizacija potrošnje i međusobna komunikacija između sustava kako bi se uštedila energija. Razvojem tehnologije uštede će biti sve veće, no trenutno su ovo neki od načina kako pametna kuća može doprinijeti smanjenju potrošnje energije:

a) automatizirana rasvjeta

Omogućuje precizno i učinkovito upravljanje osvjetljenjem pametne kuće. Korištenjem pametnih senzora i tajmera, svijetla se mogu automatski uključivati, isključivati ili prilagođavati slučajevima kada korisnik nije u nekoj prostoriji, s obzirom na jačinu osvijetljena prirodne svijetlosti ili po potrebi.

b) efikasno upravljanje grijanjem, ventilacijom i klimatizacijom

Pomoću pametnih senzora i termostata pametna kuća može prilagođavati temperature i kvalitetu zraka u svakoj prostoriji. Klima u pojedinoj ili više soba može se programirati, ne samo na temelju temperature okoline ili doba dana, nego i prema tome jesu li ili nisu ljudi u sobi, položaju prozora... Navedeni sustav može pratiti neku rutinu i rasporede korisnika te tako omogućiti najbolje uvijete za život.

c) sustav solarne energije

Većina pametnih kuća ima instalirane solarne panele za optimalno korištenje solarne energije. Korisnik u svakom trenutku može pratiti količinu energije koja je proizvedena ili se proizvodi te njom upravljati. U slučaju da proizvede previše solarne energije, pametna kuća automatski šalje višak u mrežu ili baterijama.

d) upravljanje pametnim uređajima

Pametna kuća korisniku omogućuje daljinsko upravljanje pametnim uređajima pomoću mobilnih aplikacija ili glasa. Korisnik tako može optimizirati rad svakog uređaja, pratiti i kontrolirati potrošnju njegove energije kako bi se ostvarili najbolji uvjeti.

e) energetska analiza i statistika

Energetska analiza i statistika za korisnika predstavljaju praćenje potrošnje energije pojedinih uređaja ili sustava te detaljne izvještaje potrošnje. Pojedinac tako može otkriti potencijalne probleme i kvarove te optimizirati uređaje koji troše previše energije.

f) automatizirani vrtovi

Iako se najveće uštede događaju unutar pametne kuće, sustavi automatizacije vrtova također mogu doprinijeti uštedi energije. Pomoću senzora vlage i vremenskih uvjeta pametna kuća može kontrolirati zalijevanje vrtova po potrebi biljke te tako smanjiti potrošnju vode.

Pametne kuće su dizajnirane na način kako bi se maksimalno iskoristila raspoloživa energija. Automatizacijom grijanja/hlađenja može se dobiti od 30 do 40 % uštede u odnosu na klasične sustave dok uštede na električnoj energiji mogu biti do 5%.

6. Zaključak

U današnjem dobu svjedoci smo rapidnog tehnološkog napretka u kojem bežični SMART senzori imaju veliku ulogu u razvoju pametnih sustava i aplikacija. Razvojem digitalizacije i automatizacije ljudi se sve više oslanjaju na senzore pa tako razni pametni uređaji i sustavi koriste senzore za detekciju, mjerenje, analiziranje, pretvorbu i prijenos raznih podataka pomoću čega dolazi do povećanja učinkovitosti, smanjenja troškova, bolje sigurnosti te unaprjeđenja korisničkog iskustva. Spajanjem bežičnih SMART senzora s Internetom stvari otvaraju se vrata širokom spektru mogućnosti na globalnoj razini, a upravo su oni ključni element u brzom razvoju tehnologije. Pomoću vješto odabranih komponenti, daljinskog upravljanja i sposobnosti da prikupljaju informacije i međusobno komuniciraju s drugim senzorima i pametnim uređajima bežični SMART senzori nam poboljšavaju svakodnevni život i olakšavaju rad. Možemo zaključiti da su, iako na prvi pogled nevidljivi, bežični SMART senzori jedan od temelja života kakvog poznajemo, a s njihovim razvojem budućnost tehnologije i svijeta je na vrlo dobrom putu.

7. Literatura

[1] J. Wilson, Sensor Technology Handbook, United Kingdom, 2005.

[2] R. Frank, Understanding SMART sensors, second edition, United States of America, 2000.

[3] Murat Denera, Cevat Bostancıoğlu, Smart Technologies with Wireless Sensor Networks, Turkey, 2015.

[4] Dipali Chaudhari, 20 Different Types of Sensors Used in Industry, https://dipslab.com/sensor-types/

[5] Optical Sensor Basics and Applications, https://www.elprocus.com/optical-sensors-types-basics-and-applications/

[6] Wikipedia – IEEE 802, https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802

[7] Wikipedia – IEEE 1451, https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_1451

[8] Wikipedia – NFC, https://en.wikipedia.org/wiki/NFC

[9] Wikipedia – Zigbee, https://en.wikipedia.org/wiki/Zigbee

[10] Wikipedia – LoRa, https://en.wikipedia.org/wiki/LoRa

[11] Wikipedia – Bluetooth, https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth

[12] Wikipedia - Internet stvari, https://hr.wikipedia.org/wiki/Internet_stvari

[13] Domagoj Šipek, Što je IoT?, https://duplico.io/sto-je-iot-ili-internet-of-things/

[14] Minnalearn, Internet stvari, https://courses.minnalearn.com/hr/courses/emerging-technologies/the-internet-of-things/

[15] EKO Zagreb, Inteligentna kuća (Smart Home, Smart House), http://www.eko.zagreb.hr/inteligentna-kuca-smart-home-smart-house/109

[16] Martina Strukić, Sitnim ulaganjima do velikih ušteda u domu, https://living.vecernji.hr/nekretnine/sitnim-ulaganjima-do-velikih-usteda-u-domu-1175267

[17] Gradnja Kuće, 3 glavna razloga za instalaciju pametne kuće, https://gradnjakuce.com/3-glavna-razloga-za-instalaciju-pametne-kuce/

8. Popis slika

Slika 2.1. Senzori 2
[https://components101.com/article/different-types-of-sensors-and-sensing-technologies]

Slika 2.2. Optički senzor 4
[https://www.amazon.com/-/es/Telemecanique-xub0bnsnl2-Sensor-fotoel%C3%A9ctrico-NPN-xub/dp/B00CONE0RU]

Slika 2.3. Infracrveni senzor 4
[https://www.industrybuying.com/misc-sensors-and-controllers-techdelivers-IND.MIS.120691013/]

Slika 2.4. Senzor tlaka 4
[https://www.rs-online.id/p/pressure-trans-0-500mbar-g-4-20ma/8285729/]

Slika 2.5. Princip rada senzora kroz zraku 5
[https://www.elprocus.com/optical-sensors-types-basics-and-applications/]

Slika 2.6. Princip rada retro-reflektirajućeg senzora 5
[https://www.elprocus.com/optical-sensors-types-basics-and-applications/]

Slika 2.7. Princip rada senzora difuzne refleksije 5
[https://www.elprocus.com/optical-sensors-types-basics-and-applications/]

Slika 2.8. Senzori u robotici 7
[https://www.idtechex.com/tw/webinar/sensors-for-robotics-the-road-to-more-intelligent-robots/473]

Slika 2.9. Senzori u automobilu 8
[https://sportinglife360.com/what-are-different-types-of-sensors-used-in-vehicles-in-2021.html]

Slika 2.10. Senzori u medicini i veličine koje mjere 8
https://www.rfwireless-world.com/Articles/Medical-sensor-basics-and-medical-sensor-types.html

Slika 3.1. Internet stvari (Internet of things) i uređaji koje povezuje 10
[https://thenewstack.io/what-does-it-mean-to-be-on-the-internet-of-things/]

Slika 4.1. Blok shema bežičnog SMART senzora 14

Slika 4.2. Model bežičnog SMART senzora 14
[R. Frank, Understanding SMART sensors, second edition, 7. stranica]

Slika 4.3. Ruter s antenama potreban za slanje i primanje podatka 17
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wireless-modem.svg]

Slika 4.4. Izgled Wi-Fi mreže 17
[https://www.techquintal.com/what-is-wifi-and-how-does-wifi-work/]

Slika 4.5. Wi-Fi simboli 17
[https://pixabay.com/vectors/wi-fi-wifi-symbol-wireless-2119225/]

Slika 4.6. Bluetooth modul koji se koristi u pametnim telefonima 19
[https://www.inventelectronics.com/product/hc-06-bluetooth-module/]

Slika 4.7. Bluetooth simbol 19
[https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Bluetooth.svg]

Slika 4.8. Izgled Bluetooth mreže i uređaji koje podržava 19
[https://nerdtechy.com/make-bluetooth-discoverable]

Slika 4.9. Primjer NFC čitača koji se koristi u trgovinama 20
[https://www.zettle.com/gb/payments/card-reader/accept-card-payments]

Slika 4.10. NFC simboli 20
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NFC_logo.svg]

Slika 4.11. Zigbee logo / simbol 21
[https://www.tuv.com/sweden/en/zigbee®-certification.html]

Slika 4.12. Zigbee čip 22
[https://www.amazon.de/-/en/Antenna-Wireless-Transfer-250kbps-Encryption/dp/B07SCYK3JX]

Slika 4.13. Zigbee mreže 23
[https://www.assured-systems.com/uk/what-is-a-zigbee-network/]

Slika 4.14. Cellular mreža 24
[https://en.wikipedia.org/wiki/Cellular_network#/media/File:Frequency_reuse.svg]

Slika 4.15. Simboli cellular mreže 26
[https://pngtree.com/freepng/4g-lte-icon-design-template-vector-isolated_4085380.html]

[https://www.pngwing.com/en/free-png-ntauy]

[https://www.flaticon.com/free-icon/5g_2313143]

Slika 4.16. Cellular radio toranj 26
[https://www.pngegg.com/en/png-ispxp]

Slika 4.17. LoRa simbol / logo 27
[https://devopedia.org/lora]

Slika 4.18. Domet i propusnost LoRa mreže u usporedbi s drugim bežičnim tehnologijama 28
Slika 4.19. IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) logo 30
[https://1000logos.net/ieee-logo/]

Slika 4.20. IEC (International Electrotechnical Commission) logo 31
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:International_Electrotechnical_Commission_Logo.svg]

Slika 5.1. Pametna kuća 32
[https://mmelectro.com/solution-home-automation/]

Slika 5.2. Amazon Alexa 33
[https://www.stickpng.com/img/electronics/smart-speakers/amazon-echo]

Slika 5.3. Google Home 33
[https://www.cwelecautomation.com.au/smart-speakers-for-home-automation/]

Slika 5.4. Načini upravljanja sustava pametnih kuća 35
[https://www.jung.de/uk/9444/products/technology/jung-enet-smart-home/]

Slika 5.5. Prijenos podataka u pametnoj kući 36
[https://gndsolutions.in/smart-home-solutions/]

9. Popis tablica

Tablica 4.1. Wi-Fi generacije 16
Tablica 4.2. Bluetooth klase 18
Tablica 4.3. Karakteristike Zigbee mreže 22
Tablica 4.4. Generacije cellular mreže 25
Tablica 4.5. Standard IEEE 1451 i njegove inačice 29
Tablica 4.6. IEC standardi vezani za bežične SMART senzore 31

10. Sažetak

Tijekom rada pokušao sam što detaljnije istražiti što su to senzori, način na koji rade te prikazao njihovu podjelu prema principu rada, izlaznom signalu te mjerenoj veličini. Pojasnio sam kako senzori omogućuju precizno i pouzdano mjerenje širokog spektra veličina ovisno o potrebama sustava i aplikacija. Kod primjene senzora, objasnio sam koje sve industrije ovise o ovim komponentama i koja je njihova uloga u tom procesu. Razumijevanje građe senzora omogućuje nam bolji uvid u njihovu strukturu pa sam tako spoznao da je zajednička komponenta svakog senzora senzorski element koji služi za detekciju neke veličine ili reagira na promjenu koja se dogodila u okolini. Uz senzorski element tu su najčešće pretvarač, pojačalo, napajanje te sučelje, a oni svi zajedno tvore jednu funkcionalnu cjelinu. Dio rada obuhvatio je Internet stvari (IoT), odnosno mrežnu infrastrukturu koja senzorima omogućuje da budu dio globalne mreže i zajedno djeluju. Ovim putem senzori međusobno izmjenjuju podatke, obavljaju određene funkcije, a pritom imaju mogućnost daljinskog upravljanja. U poglavlju koje je detaljnije govorilo o bežičnim SMART senzorima analizirao sam njihovu primjenu, građu te tehnologije prijenosa podataka koje se koriste. Zaključio sam da se bežični SMART senzori koriste u raznim industrijama, a neke od njih su: medicina, poljoprivreda, prijevoz te pametne kuće i gradovi. Kod ovih senzora, prijenos podataka se vrši pomoću interneta raznim bežičnim tehnologijama prijenosa (Wi-Fi, Bluetooth, NFC, Zigbee, LoRa i Cellular), a zbog toga ovi senzori, uz već navedene komponente, moraju sadržavati mikrokontroler, bežični komunikacijski modul, analogno-digitalni pretvarač, memoriju te uređaj za obradu signala. Kako bi se osigurala funkcionalnost i kompatibilnosti senzora pametnih uređaja i sustava, moraju se poštovati određeni standardi, a najznačajniji od njih su IEC i IEEE standardi koji su obrađeni u poglavlju 4.4. Kao primjer primjene bežičnih SMART senzora odabrane su pametne kuće koje se temelje i ne mogu funkcionirati bez senzora i pametnih uređaja. To su cjeline koje korisniku omogućuju daljinsko upravljanje različitim sustavima unutar doma i automatizaciju, a za rezultat daju veću udobnost unutar doma te poboljšanje energetske učinkovitosti, funkcionalnosti i sigurnosti kuće.U ovom poglavlju je također opisana povijest pametnih kuća, njezini sustavi, prijenos podataka, prednosti i nedostatci pametnih kuća te je rad zaključen uštedama koje pametne kuća donose korisniku.

Ključne riječi: Senzori, Internet stvari, Bežični SMART senzori, Tehnologije bežičnog prijenosa podataka, Standardi bežičnih SMART senzora, Pametna kuća.

11. Abstract - WIRELESS SMART SENSORS - PRINCIPLES AND APPLICATION

During the work, I tried to investigate in as much detail as possible what sensors are, how they work, and their division according to the principle of operation, output signal, and measured size. I explained how the sensors enable precise and reliable measurement of a wide range of quantities, depending on the needs of the system and applications. When applying sensors, I explained which industries depend on these components and what their role is in that process. Understanding the structure of sensors gives us a better insight into their structure, so I realized that the common component of every sensor is a sensor element that serves to detect a certain size or reacts to a change that occurs in the environment. In addition to the sensor element, there is usually a converter, an amplifier, a power supply, and an interface, and they all together form one functional unit. Part of the work covered the Internet of Things (IoT), i.e., the network infrastructure that enables sensors to be part of a global network and work together. In this way, the sensors exchange data with each other, perform certain functions, and at the same time have the possibility of remote control. In the chapter that spoke in more detail about wireless SMART sensors, I analyzed their application, construction, and data transmission technologies. I concluded that wireless SMART sensors are used in various industries, some of them are: medicine, agriculture, transportation, and smart homes and cities. With these sensors, data transmission is carried out using the Internet using various wireless transmission technologies (Wi-Fi, Bluetooth, NFC, Zigbee, LoRa, and Cellular), and therefore these sensors, in addition to the components already mentioned, must contain a microcontroller, a wireless communication module, an analog-to-digital converter, memory, and a signal processing device. In order to ensure the functionality and compatibility of sensors in smart devices and systems, certain standards must be respected, the most important of which are the IEC and IEEE standards, which are discussed in Chapter 4.4. As an example of the application of wireless SMART sensors, I chose smart houses that are based on and cannot function without sensors and smart devices. These are units that enable the user to remotely control various systems within the home and automate them, and as a result, they provide greater comfort within the home and improve the energy efficiency, functionality, and safety of the home. This chapter also describes the history of smart homes, their systems, data transmission, advantages and disadvantages, and concludes with the savings that smart homes bring to the user.

Keywords: Sensors, Internet of Things, Wireless SMART sensors, Wireless data transmission technologies, Wireless SMART sensor standards, Smart home.

12. Životopis

Petar Vicić rođen je 20. srpnja 2001. godine u Osijeku. U Valpovu završava Osnovnu školu Matije Petra Katančića, a zatim i Srednju školu Valpovo – smjer elektrotehničar. Tijekom srednjoškolskog obrazovanja sudjeluje u dva Erasmus+ projekta na područjima Španjolske i Slovenije gdje se stručno osposobljava u poljima automatizacije, robotike, pneumatike i hidraulike. Nakon završetka srednje škole upisuje Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija – smjer elektroenergetika.