

# Primjena multimedijske tehnologije u internet stvarima

---

**Baćanek, Marija**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University North / Sveučilište Sjever**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:711460>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-21**

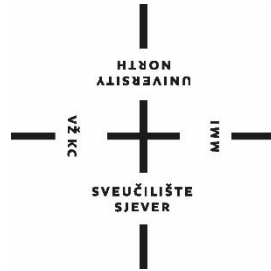


*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE SJEVER  
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**



DIPLOMSKI RAD br. 035/MMD/2021

**PRIMJENA MULTIMEDIJSKE  
TEHNOLOGIJE U INTERNET STVARIMA**

Marija Bačanek, 1240/336D

Varaždin, srpanj 2021.



**SVEUČILIŠTE SJEVER  
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**

**Studij Multimedija**



DIPLOMSKI RAD br. 035/MMD/2021

**PRIMJENA MULTIMEDIJSKE  
TEHNOLOGIJE U INTERNET STVARIMA**

**Student**

Marija Bačanek, 1240/336D

**Mentor**

doc. dr. sc. Robert Geček

Varaždin, srpanj 2021.



# Prijava diplomskog rada

## Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

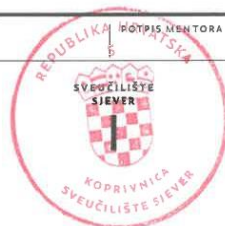
ODJEL	Odjel za multimediju		
STUDIJ	diplomski sveučilišni studij Multimedija		
PRISTUPNIK	Marija Bačanek	JMBAG	0016121455
DATUM	02.07.2021.	KOLEGIJ	Dizajn interaktivnih medija
NASLOV RADA	Primjena multimedijske tehnologije u internet stvarima		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Application of multimedia technology in the Internet of things		
MENTOR	Robert Geček	ZVANJE	doc.art. dr.sc.
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. doc.dr.sc. Andrija Bernik - predsjednik		
	2. doc.dr.sc. Domagoj Frank - član		
	3. doc.art.dr.sc. Robert Geček - mentor		
	4. izv.prof. dr.sc. Emil Dumić - zamjenski član		
	5. _____		

## Zadatak diplomskog rada

BROJ	035/MMD/2021
OPIS	<p>Ovaj rad će se baviti istraživanjem o primjeni multimedijske tehnologije u Internet stvarima. Bit će objašnjeno je što su to točno Internet stvari i kako one funkcioniraju i poboljšavaju upotrebu pametnih uređaja. Primjena multimedijske tehnologije, komponenti, podataka uvelike poboljšava i povećava korisnost Internet stvari. Kako bi se omogućila primjena i rad multimedije u Internet stvarima istražiti će se ključne tehnološke komponente koje to omogućuju, kao što su: multimedijski senzori, računarstvo u oblaku, magli i na rubu, višegentni sustavi, protokoli za multimedijske podatke i mnoge druge. Proučiti će se gdje se sve mogu primjenjivati i na koji način multimedijske Internet stvari pomažu u poboljšanju i razvoju velikog broja raznih sustava od industrijske proizvodnje, poljoprivrede, pametnog zdravstva do zabavne industrije i mnogih drugih, te brojne pogodnosti koje pružaju za krajnjeg korisnika.</p>

ZADATAK URUČEN

*f.f. 2021.*



## **PREGOVOR**

Zahvaljujem svojem mentoru doc. dr. sc. Robertu Gečeku koji mi je svojim korisnim savjetima i kvalitetnim uputama olakšao izradu diplomskog rada te pružio pomoć uvijek kada sam je trebala.

Marija Bačanek

## Sažetak

Ovaj rad se bavi istraživanjem o primjeni multimedijske tehnologije u Internet stvarima. Objasnjeno je što su to točno Internet stvari i kako one funkcioniraju i poboljšavaju upotrebu pametnih uređaja. Primjena multimedijske tehnologije, komponenti, podataka uvelike poboljšava i povećava korisnost Internet stvari. Kako bi se omogućila primjena i rad multimedije u Internet stvarima istražiti će se ključne tehnološke komponente koje to omogućuju, kao što su: multimedijski senzori, računarstvo u oblaku, magli i na rubu, višeagentni sustavi, protokoli za multimedijske podatke i mnoge druge. Proučit će se gdje se sve mogu primjenjivati i na koji način multimedijske Internet stvari pomažu u poboljšanju i razvoju velikog broja raznolikih sustava od industrijske proizvodnje, poljoprivrede, pametnog zdravstva do zabavne industrije i mnogih drugih, te brojne pogodnosti koje pružaju za krajnjeg korisnika.

**Ključni pojmovi:** Internet stvari, multimedija, tehnologija, pametni uređaji, multimedijski podaci, široka primjena, Internet, korisnik



## Summary

The main research of this work is application of multimedia technologies in Internet of Things. It explains what are the Internet of Things and how they work and improve the use of smart devices. The application of multimedia technologies, components and multimedia data greatly improves and increases the usefulness of the Internet of Things. This work also explains key technological components that enable application and operation of multimedia in the Internet of Things such as multimedia sensors, cloud computing, fog and edge computing, multi-agent systems, multimedia data protocols, and many others. I will research where multimedia Internet things can be applied and how they improve and develop a large number of diverse systems from industrial production, agriculture, smart health to entertainment industries and many others. Here will be also shown many benefits which multimedia Internet of things provide for the end user.

**Key words:** Internet of Things, multimedia, technology, smart devices, multimedia data, wide application, Internet, user



# Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Metode i tehnike rada.....	2
3. Razrada teme: Što su to Internet stvari?.....	3
3.1. Karakteristike Internet stvari.....	3
3.1.1. Dinamične i samoprilagodljive .....	3
3.1.2. Interoperabilni komunikacijski protokoli.....	4
3.1.3. Sposobnost samokonfiguracije.....	4
3.1.4. Jedinostveni identitet.....	4
3.1.5. Integrirane u informacijsku mrežu.....	4
3.1.6. Pametne.....	4
3.2. Zaključivanje informacija i dobivanje znanja iz prikupljenih podataka .....	5
3.3. Primjena Internet stvari .....	6
3.3.1. Primjena Internet stvari u domovima.....	7
3.3.2. Primjena Internet stvari u gradovima .....	8
3.3.3. Primjena Internet stvari u okolišu.....	9
3.3.4. Primjena Internet stvari u industriji.....	10
3.3.5. Primjena internet stvari u prodaji .....	10
3.3.6. Primjena Internet stvari u logistici .....	10
3.3.7. Primjena internet stvari u poljoprivredi.....	10
3.3.8. Primjena Internet stvari u zdravlju i svakodnevnom životu .....	11
4. Dizajn Internet stvari.....	11
4.1. Fizički dizajn Internet stvari .....	11
4.1.1. Protokoli koje koriste Internet stvari .....	12
4.1.1.1. Protokoli sloja podatkovne poveznice.....	13
4.1.1.2. Protokoli mrežnog sloja.....	14
4.1.1.3. Protokoli transportnog sloja.....	14
4.1.1.4. Protokoli aplikacijskog sloja.....	15
4.2. Logički dizajn Internet stvari.....	16
4.2.1. Funkcionalni blokovi .....	16
4.2.2. Komunikacijski model .....	17
4.2.3. Komunikacijski API Internet stvari.....	18
4.3. Kompatibilne tehnologije s Internet stvarima .....	18
4.3.1. Bežična senzorska mreža.....	19
4.3.2. Računarstvo u oblaku .....	19
4.3.3. Analitika velikih podataka .....	20

4.3.4. Komunikacijski protokoli .....	20
4.3.5. Ugrađeni sustavi.....	20
5. Transformacija Internet stvari putem multimedijske tehnologije .....	21
5.1. Prednosti korištenja multimedije u Internet stvarima .....	21
5.2. Stvaranje novog korisničkog iskustva.....	22
5.2.1. Personalizacija .....	23
5.2.2. Autentičnost.....	23
5.2.3. Nosivi uređaji.....	24
6. Tehnološke komponente za primjenu multimedije u Internet stvarima .....	25
6.1. Senzori koji će proširiti korištenje Internet stvari u multimediji .....	30
6.2. Veliki podaci i potreba za većim kapacitetima memorije .....	32
6.3. Izvješćivanje i adresiranje.....	35
6.4. Korištenje računarstva u oblaku za multimedijske podatke .....	36
6.4. Računarstvo u magli i na rubu.....	38
6.5. Mreže definirane softverom.....	40
6.6. Višeagentni sustavi .....	41
7. Područja primjene multimedijских Internet stvari .....	42
7.1. Sustavi upravljanja cestama.....	43
7.2. Sigurnosni sustavi.....	44
7.3. Pametna industrija .....	46
7.4. Pametna poljoprivreda .....	47
7.5. Pametna medicina .....	47
7.6. Zabavna industrija.....	48
7.7. Pametna maloprodaja i marketing.....	49
8. Inovativne multimedijske Internet stvari .....	50
8.1. Poljoprivredni dronovi.....	50
8.2. Nadzorne kamere.....	51
8.3. Pametni roboti .....	53
8.4. Pametni asistenti i kućni uređaji .....	54
9. Pogled u sigurnost Internet stvari .....	55
9.1. Sigurnosne prijetnje.....	55
9.2. Sigurnosni zahtjevi .....	56
9.3. Privatnost .....	56
9.2. Sigurnost multimedijских Internet stvari .....	57
9.2.3. Primjer sigurnosnog sustava pametnih kuća.....	57
10. Zaključak .....	60
11. Literatura .....	61

12. Popis slika .....	66
-----------------------	----

# 1. Uvod

Ovaj rad istražuje i opisuje glavne aspekte primjene multimedije u Internet stvarima. Rad se najviše fokusira na istraživanju tehnološkog načina funkcioniranja sustava. Kako bi pobliže shvatili pojam „Internet stvari“, na početku rada opisać će se što su to točno Internet stvari, koje su njihove karakteristike i koja je njihova primjena. Istražit će se i opisati fizički i logički dizajn Internet stvari te njihova kompatibilnost u radu s određenim tehnologijama. Nakon detaljnog opisa Internet stvari, kreće istraživanje o primjeni multimedijских tehnologija, komponenti i podataka u njima. Istražit će se koje su prednosti korištenja multimedije u Internet stvarima te koje prednosti i inovacije multimedija pruža njihovim korisnicima. Također se proučava interakcija koja se ostvaruje između čovjeka i uređaja pomoću Internet stvari te stvaranje međusobno povezanog iskustva kroz personalizaciju, autentifikaciju i sl. Istražit će se ključne tehnološke komponente koje omogućuju rad multimedije u Internet stvarima, kao što su multimedijски senzori, računarstvo u oblaku, magli i na rubu, višeagentni sustavi, mreže definirane softverom, protokoli za multimedijске podatke i mnogi drugi. Usporedit će se obični uređaji Internet stvari i uređaji Internet stvari za multimediju, te će se proučiti kako uskladiti njihov rad s postojećim tehnologijama i koja tehnološka rješenja je potrebno nadograditi u njima za primjenu multimedije. Također, proučit će se i na koji način primjena multimedije u Internet stvarima pomaže u poboljšanju i razvoju sustava poljoprivrede, zdravstva, sigurnosti, industrijske proizvodnje, sustava upravljanja prometom i mnogih drugih. Istražit će se i neke inovativne multimedijске Internet stvari koje su predstavnici budućeg ekosistema čovjeka i pametnih multimedijских uređaja. Istražit će se kakva je sigurnosna podrška ovih sustava.

Na kraju rada zaključak će sadržavati sažetak cjelokupnog istraživanja primjene multimedije u Internet stvarima. Smatram da je ova tema značajna jer se u današnje vrijeme svijet oko nas sve više digitalizira. Nove tehnologije donose sve veće promjene i sve više toga se obavlja elektroničkim nego ručnim putem. Čovjek se sve više koristi pametnim uređajima. Također, primjena modernih tehnologija nezamisliva je bez osnovnih multimedijских komponenata kao što su fotografija, video, zvuk i mnoge druge. Motivacija za odabir ove teme je što me zanimaju inovacije u tehnologiji i želim naučiti što više o njoj, njezinom načinu funkcioniranja i radu. Također, danas razvoj informacijskih tehnologija sve više utječe na razvoj poslovanja i društva. U budućnosti će tehnologija i dalje napredovati, rasti i obogaćivati se sve širim i inteligentnijim mogućnostima za korištenje. Premda se moj diplomski smjer naziva „Multimedija“, smatram da bi mi ova tema mogla pružati dodatna i kvalitetna znanja, koja bi mi dobro služila u budućem poslu.

## **2. Metode i tehnike rada**

Prilikom razrade ove teme koristile su se metode istraživanja, proučavanja i analitičkog razmišljanja. Najviše su se koristili stručna literatura, stručne knjige i znanstveni članci koji su bili glavne smjernice u razradi teme. Uz znanstvene članke i literaturu, pretraživala sam i Internet na kojem sam pronašla ključne podatke, inovacije, informacije i činjenice o primjeni multimedije u Internet stvarima. Također, pretraživala sam YouTube gdje sam gledala videe i predavanja softverskih inženjera o sustavima Internet stvari i multimedijским uređajima, te sam metodom izravnog poučavanja naučila kako sustavi rade i funkcioniraju.

### 3. Razrada teme: Što su to Internet stvari?

Pojam Internet stvari prvi put spominje Kevin Ashton (britanski tehnološki inženjer i direktor Auto-ID Centra na Massachusettsu, Institutu tehnologije) 1999. godine tijekom prezentacije o upravljanju lancem opskrbe. On je vjerovao da treba promijeniti način na koji ljudi doživljavaju i ostvaruju interakciju s fizičkim stvarima koje nas okružuju, zbog napretka u računalstvu, Internetu i brzini generiranja podataka putem pametnih uređaja. Od tada, prisutno je više različitih definicija koje se odnose na „Internet stvari“ ili „Internet of things“, a većina njih odnosi se na fizičke i virtualne objekte koji imaju svoj jedinstveni identitet te su spojeni na Internet, kako bi se omogućila njihova inteligentna primjena u područjima logistike, poljoprivrede, prodaje, energetike i brojnih drugih industrija. Internet stvari zapravo opisuje povezanost između uređaja i Interneta putem ugrađenih softvera, senzora za međusobnu komunikaciju te razmjenu i prikupljanje podataka. Prema navedenom možemo zaključiti da su Internet stvari *„dinamična globalna mrežna infrastruktura sa samokonfiguracijskim mogućnostima koja se temelji na standardnim i interoperabilnim komunikacijskim protokolima gdje fizičke i virtualne "stvari" imaju identitete, fizičke atribute, virtualne osobnosti i koriste inteligentna sučelja te su neprimjetno integrirane u informacijsku mrežu, često prenose podatke povezane s korisnicima i njihovim okruženjima.“* Bahga et. al. (2014.), 22. [5].

#### 3.1. Karakteristike Internet stvari

Kako bi se поближе shvatio što su to Internet stvari u sljedećim odlomcima navedene su njihove bitne karakteristike.

##### 3.1.1. Dinamične i samoprilagodljive

Jedna od karakteristika Internet stvar je da se one mogu dinamično prilagoditi promjenama te poduzimati radnje koje se temelje na njihovom osjetnom okruženju, radnom stanju ili u korisničkom kontekstu. Ovdje možemo uzeti sustav nadzornih kamera kao primjer dinamične samoprilagodljivosti Internet stvari. Na primjer, kamere od kojih se sastoji nadzorni sustav imaju mogućnost prilagoditi svoje načine rada. Vrlo lako prepoznaju koje je doba dana, tj. dan ili noć, te znaju da prilikom smanjenja svjetlosti trebaju svoj način rada preusmjeriti na infracrveni noćni vid. Neke kamere također imaju mogućnost povećanja rezolucije snimke kada detektiraju neki pokret ili aktivnost [5].



### **3.1.2. Interoperabilni komunikacijski protokoli**

Druga karakteristika bi bila da Internet stvari mogu podržavati brojne komunikacijske protokole koji im pružaju mogućnost komunikacije s infrastrukturom i drugim uređajima [5].

### **3.1.3. Sposobnost samokonfiguracije**

Internet stvari imaju dobru mogućnost samokonfiguracije što im omogućuje da istovremeno rade i komuniciraju s velikim brojem drugih uređaja. Tako se omogućuju mnoge funkcionalnosti. Također, Internet stvari se mogu konfigurirati u skladu s određenom infrastrukturom, nadograditi na najnoviji softver uz minimalnu korisničku ili ručnu intervenciju, te postaviti svoju mrežu [5].

### **3.1.4. Jedinstveni identitet**

Svaki uređaj koji se može nazvati Internetom stvari ima svoj jedinstveni identitet i svoj jedinstveni identifikator, kao što je URI ili IP adresa. Sučelja sustava Internet stvari imaju mogućnost da se prilagođavaju na temelju određenog konteksta te tako omogućuju komunikaciju s okolinom i korisnicima. Putem njihovog sučelja korisnici mogu upravljati Internet stvarima na daljinu, ispitivati uređaje te ih nadgledati u suradnji s konfiguracijom i infrastrukturom upravljanja [5].

### **3.1.5. Integrirane u informacijsku mrežu**

Ova karakteristika omogućuje Internet stvarima da putem mreže u koju su integrirane komuniciraju i razmjenjuju podatke s drugim sustavima i uređajima. Također, imaju mogućnost da opišu sebe i svoje karakteristike te tako budu prepoznate na mreži drugim uređajima ili korisničkim aplikacijama. Ova karakteristika uvelike čini sustave Internet stvari „pametnijima“ zbog stvaranja kolektivne inteligencije između individualnih uređaja koja zajedno sudjeluju u suradnji s infrastrukturom. Podaci prikupljeni od velikog broja povezanih uređaja lakše se analiziraju te se lakše dolazi do željenih rezultata [5].

### **3.1.6. Pametne**

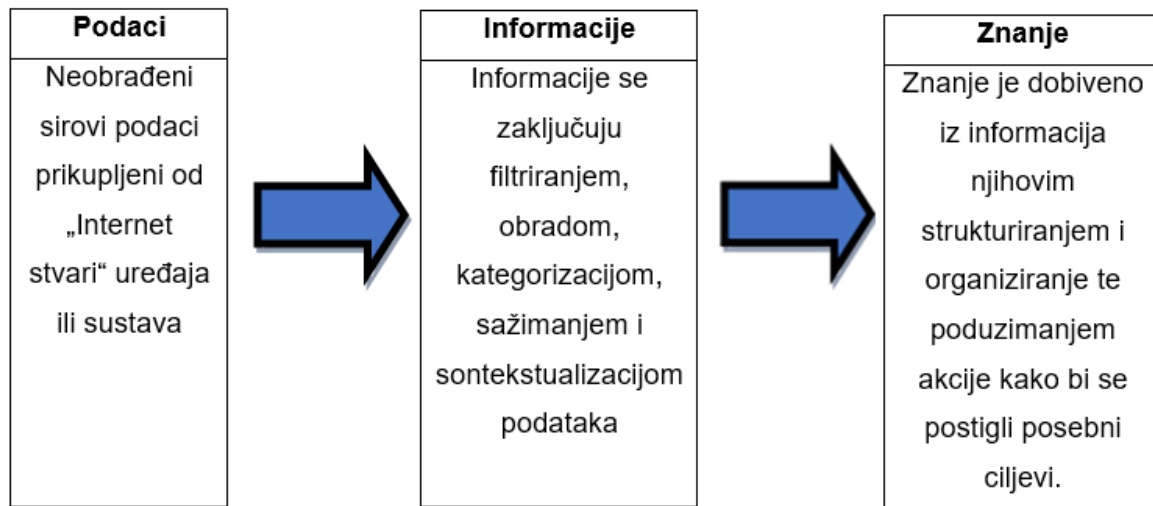
Još jedna bitna karakteristika Internet stvari koju možemo zaključiti iz prethodnih odlomaka je da su one izuzetno „pametne“. Ova karakteristika odvaja Internet stvari od nekih sličnih koncepata kao što je bežična senzorna mreža (Wireless sensor network) i stavlja ih pod

nove koncepte kao što su „pametne mreže“ i „pametni objekti“. Pametne mreže su zapravo komunikacijska infrastruktura. One mogu imati funkcionalnosti kao što je otvorenost i standardizacija komunikacijskih slojeva između čvorova i Interneta te multifunkcionalnost i dostupnost pametnih objekata (zbog izravne IP adrese). Multifunkcionalnost se odnosi na mogućnost da neka mreža koja je namijenjena za jednu aplikaciju bude ujedno upotrebljavana i u neke druge svrhe. Kao primjer može se navesti sustav nadzornih kamera koje nadziru cestovni promet, a ujedno mogu nadzirati i zagađenja okoliša, sigurnost u prometu i sl. [25].

### **3.2. Zaključivanje informacija i dobivanje znanja iz prikupljenih podataka**

Internet stvari su uređaji koji imaju svoj jedinstveni identitet te su povezani na Internet. Mobilni uređaji ili računala povezani putem 4G mreže također imaju svoj jedinstveni identitet te su povezani na Internet. Ono što Internet stvari razlikuje od ostalih uređaja je da su one uređaji koji tradicionalno nisu povezani s Internetom, ali imaju mogućnost kontrole i spajanja na Internet te prilagođenu konfiguraciju. To mogu biti uređaji kao što su Bluetooth slušalice ili VR set za glavu, termostati, upravljački krugovi za električni motor automobila, pumpe za navodnjavanje, Bluetooth zvučnici i sl. Jedna od prednosti Internet stvari je što se vode u koraku s razvojem tehnologija kao što su bežične mreže, mobilni uređaji i ostale bežične komunikacije, tehnologije umrežavanja i tehnologije kao što je računarstvo u oblaku. Internet stvari predstavlja jednu novu revoluciju za vodeće igrače u industriji proizvodnje takvih uređaja te im se otvara cijelo novo tržište. Zbog toga u svoje tradicionalne uređaje ugrađuju hardverske i softverske komponente za spajanje Internet stvari na krajnje točke, čvorišta ili kontrolne centre Interneta. Međutim, opseg Internet stvari nije samo u njihovom spajanju na Internet. Uređajima se također omogućuje da razmjenjuju podatke i informacije vezane uz njihovog korisnika te međusobno komuniciraju, dok u isto vrijeme izvršavaju zajedničke radnje za korisnika ili stroj. Podaci se kontekstualizirano obrađuju u korisne informacije pri čemu oni dobivaju svoje značenje. Aplikacije koje se odvijaju na mrežama Internet stvari, stvaraju i ekstrahiraju informacije koje su se prikupile obradom, filtriranjem, kategorizacijom, kontekstualizacijom te sažimanjem iz podataka niže razine. Informacije koje se dobe, strukturiraju se i organiziraju, kako bi se dobili podaci o korisnicima, sustavu, njegovom okolišu i radu te napretku prema njegovim ciljevima. Da bi ovo pobliže shvatili, kao primjer, mogu se uzeti sirova mjerenja senzora dobivena od strane stanice za nadgledanje vremena. U početku ti podaci nemaju nikakvo značenje te im je potrebno dodati kontekst, što bi u ovom slučaju bio snopovi podataka koji predstavljaju vlažnost zraka i temperaturu mjerenu svaku minutu tijekom praćenja. Tada podaci dobivaju značenje. Nakon toga podaci se kategoriziraju, obrađuju ili

sažimaju te se tako dobivaju informacije. U ovom slučaju prosječna očitavanja vlažnosti i temperature za zadnjih pet minuta dobiva se prosjekom zadnjih pet snopova podataka. Na kraju potrebno je organizirati informacije i razumjeti veze između dijelova tih informacija, kako bi mogli donijeti neki znanstveni zaključak, koji će se zatim provesti u akciju. U ovom slučaju ako se prosječna temperatura povećava korisnik dobiva upozorenje [5]. Ovo se može još pobliže shvatiti i proučiti na sljedećoj slici.

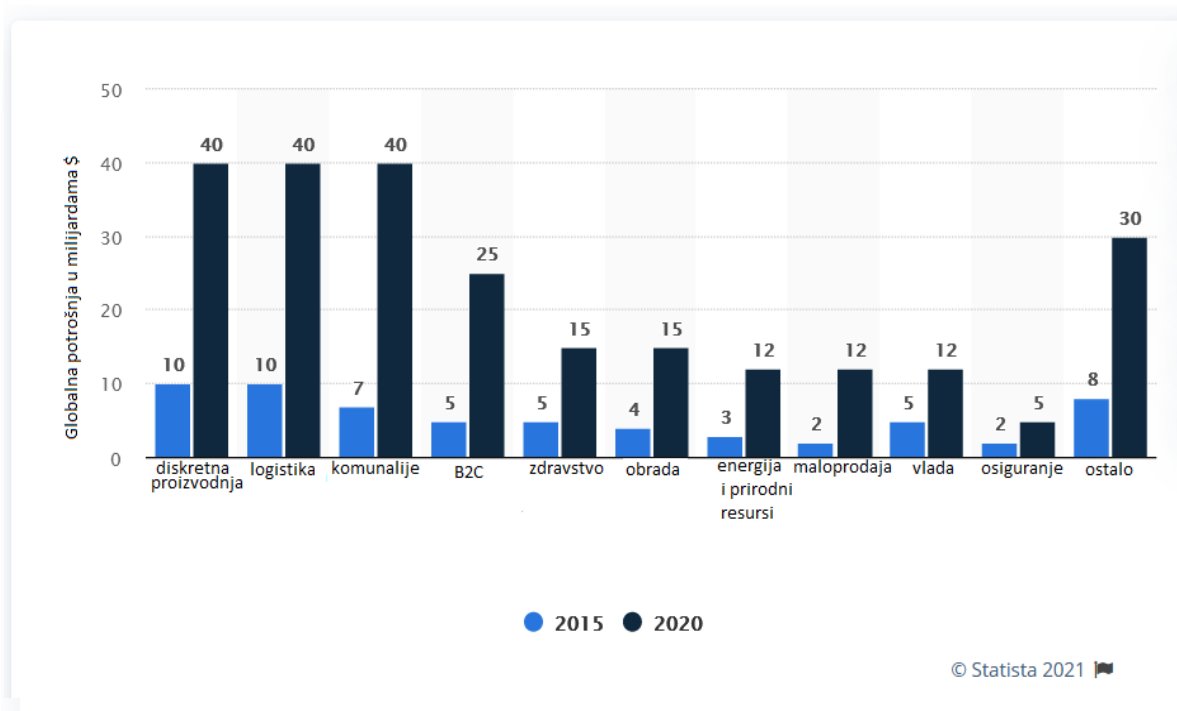


Slika 1 Zaključivanje informacija i dobivanje znanja iz prikupljenih podataka Uređeno prema: Internet od things, A hands on Approach, Figure 1.1.

### 3.3. Primjena Internet stvari

Internet stvari danas imaju vrlo široku primjenu koja se svaki danom sve više proširuje. Danas Internet stvari nalazimo u svojim domovima, industriji, poljoprivredi, pametnim gradovima, okolišu, zdravstvu, sve više u medijskoj i zabavnoj industriji te mnogim drugim industrijskim granama. Na sljedećem grafu možemo vidjeti globalno ulaganje u Internet stvari od strane različitih industrijskih sektora. Možemo vidjeti njihovu vrijednost u 2015. te veliki rast vrijednosti u 2020.

## Globalno ulaganje u Internet stvari u 2015. i 2020. od strane različitih industrijskih sektora (u milijardama \$)



Slika 2 Globalno ulaganje u Internet stvari u 2015. i 2016., uređeno prema: <https://www.statista.com/statistics/1095375/global-spending-on-iiot-by-industry-sector/>

### 3.3.1. Primjena Internet stvari u domovima

Postoji mnogo korisnih načina na koje možemo primijeniti Internet stvari u svojim domovima, a neki od njih su: pametna rasvjeta, pametni kućanski uređaji, protuprovalni sustavi, detektori za dim ili plin i sl.

Primjena Internet stvari kod pametne rasvjete uvelike pomaže u štednji energije jer se pruža mogućnost prilagodbe osvjetljenja u skladu s uvjetima okoline i prostora, te se rasvjeta po potrebi sama može prigušivati, isključivati ili uključivati. Prema tome, razvijena su svjetla koja imaju omogućenu svoju IP adresu, kao što su brojne pametne led svjetiljke i žarulje. Također, korisnik može upravljati bežičnim te na Internet spojenim svjetilkama putem mobilnih ili Web aplikacija. Pametne svjetiljke u sebi imaju ugrađene senzore, kao što su senzori za temperaturu, senzore za popunjenost prostora, senzori razine osvjetljenja (lux level sensors) i sl. Pomoću njih mogu se kontrolirati osvjetljenje, njegova jačina, boja, te prilagođavati razina svjetlosti prema potrebama korisnika, stvoriti ugodan ambient te štedjeti energija.

U današnje vrijeme sve se više pojavljuju „pametni“ kućanski uređaji kao što su pametni TV, pametne perilice i sušilice rublja, hladnjaci, glazbeni sustavi i sustavi za zabavu i mnogi

drugi. Jedna od njihovih prednosti je da pružaju mogućnost njihovog lakšeg upravljanja te korisniku redovito dostavljaju informacije o svojem statusu. Ovdje se pojavljuje i primjena „OpenRemote“ platforme. „*OpenRemote*“ je IoT rješenje otvorenog koda dostupno za pametnu gradnju i automatizaciju pametnog grada, koje integrira mnogo različitih protokola i rješenja te nudi alate za vizualizaciju.“ Wikipedia, (2021.) [31]. OpenRemote omogućuje korisnicima da kontroliraju uređaje putem mobilnih i Web aplikacija. On se sastoji od triju komponenata, a to su kontrolor, dizajner i upravljačka ploča. Kontrolor upravlja s rasporedom i integracijom izvođenja uređaja, dizajner stvara konfiguraciju za kontrolera i dizajnira korisničko sučelje, a putem upravljačke ploče korisnik kontrolira i komunicira s uređajima.

Protuprovalne sustave većinom čine sigurnosne kamere te senzori za detekciju pokreta koji u slučaju mogućih upada šalju upozorenja korisniku. Korisnik može dobiti upozorenje putem obavijesti na mobilnom uređaju, SSM-a, e-maila, može mu se poslati slika ili video isječak, a neki moderniji sustavi mogu čak sami i pozvati policiju.

Danas svaka novija zgrada ili kuća ima detektore za dim koji koriste tehnike prikupljanja uzorka zraka, ionizacije te optičku detekciju, te u slučaju požara aktiviraju protupožarni alarm. Pametni detektori za dim uz sve to mogu poslati upozorenje korisniku ili lokalnoj vatrogasnoj postaji, koristiti ljudski glas i opisati uzrok problema, te pružiti vizualnu sliku o svojem statusu, kao što je zdravlje i razina baterije [5].

### **3.3.2. Primjena Internet stvari u gradovima**

U pametnim gradovima Internet stvari mogu se primijeniti za sustave pametnog parkinga, pametne rasvjete, pametnih cesta, nadziranje zdravlja građevina, videonadzor te za sustave za hitno reagiranje.

Kod sustava pametnog parkinga koriste se senzori koji detektiraju je li određeno parkirno mjesto prazno. Prikupljeni podaci šalju se na Internet te korisnik putem aplikacije na svom pametnom telefonu, tabletu ili sustavu za navigaciju dobiva obavijest. Tako se mogu izbjeći nepotrebne gužve i gubljenje vremena.

Kao i u domovima i u gradovima razvili su se sustavi pametne rasvjete. To pruža velike pogodnosti u vidu štednje energije jer se lakše kontrolira raspored i intenzitet osvjetljenja na cestama, parkovima, zgradama i ostalim površinama.

I u prometu sve se više upotrebljavaju pametni senzori koji pružaju informacije o uvjetima na cesti, trajanju puta, davanju upozorenja o zagušenju u prometu, nesrećama, lošim uvjetima vožnje. Primjena Internet stvari i pametnih senzora u prometu vrlo je korisna jer smanjuje gužve u prometu te čini ceste sigurnijima.

Za nadziranje zdravlja građevina koriste se senzori koji prate razine vibracija na brojnim građevinama, mostovima i sl. Analizom prikupljenih podataka dolazi se do uvida o postojanosti mehaničkih kvarova, pukotina, omogućuje se locirati oštećenje na građevini te izračunati vijek trajanja građevine.

Da bi se osigurala sigurnost i osiguranje po gradovima se postavljaju pametne kamere kako bi se postigao nadzor infrastruktura, događaja i javnog prijevoza. Snimke se mogu pohraniti u „oblaku“ te u slučaju potreba jednostavno pretraživati.

Primjena navedenih sistema Internet stvari za nadgledanje sigurnosti infrastrukture, prometa, nepogoda (požari, poplave i sl.) pomaže u lakšem slanju hitnih upozorenja. Pomoću Internet stvari lakše se analiziraju prikupljeni podaci od strane senzora, kao što su video ili audio podaci, te se analizom može lako provjeriti treba li oglasiti uzbunu ili ne [5].

### **3.3.3. Primjena Internet stvari u okolišu**

Internet stvari na vrlo koristan način mogu se primijeniti i u našem okolišu. Već ranije je opisan sustav za praćenje vremena koji radi na principu senzora koji prikupljaju podatke o vremenskim uvjetima te ih šalju u „oblak“, odakle te podatke uzimaju aplikacije. Korisnici tih aplikacija dobivaju obavijesti i upozorenja o vremenskim prilikama. Vrlo je poznati sustav bežičnih senzora spojenih na mrežu pod nazivom AirPi koji prati obnavlja i šalje informacije o temperaturi, vlažnosti zraka, tlaku zraka, razini UV zraka, razini ugljičnog monoksida i dušika na Internet mrežu.

Osim za praćenje vremena postoje i pametni sistem senzora koji prati razinu štetnih plinova u zraku kao što su najčešće ispušni plinovi automobila i tvornica. Pametni sustav praćenja štetnih plinova sastoji se od nekoliko stanica, koje su međusobno bežično povezane, a svaka u sebi ima senzore koji prate zagađenje zraka, GPS, GPRS te mikrokontroler s čipom. Osim praćenja zagađenja zraka Internet stvari omogućuju i praćenje razine buke u gradu. Sustav se također sastoji od nekoliko stanica raspoređenih po različitim dijelovima grada koje prikupljaju podatke o razini buke i šalju ih na servere ili u oblak. Pomoću tih podataka generiraju se mape u kojima korisnici mogu provjeravati razinu buke u gradu.

Također, postoje i pametni sustavi koji upozoravaju na neke prirodne nepogode kao što su poplave i šumski požari [5].

### **3.3.4. Primjena Internet stvari u industriji**

U industrijskoj proizvodnji Internet stvari najčešće se koriste za dijagnozu i prognoze rada strojeva te provjeru kvalitete zraka i ostalih bitnih čimbenika unutar proizvodnog pogona. Proizvodni strojevi imaju veliki broj komponenata koje moraju savršeno raditi kako bi ispravno izvršile svoju operaciju. Za dijagnostiku strojeva najčešće se koristi metoda CBR (case based reasoning) koje rješava nove probleme na temelju rješenja sličnih prošlih problema. Za kontrolu kvalitete zraka koriste se brojni senzori koji mjere razinu ugljika, dušika, kisika kako se ne bi narušilo zdravlje radnika [5].

### **3.3.5. Primjena internet stvari u prodaji**

Internet stvari vrlo su korisne i u sustavima prodaje. One omogućuju lakše praćenje i upravljanje zalihama. Tu se koristi RFID (Radio-frequency identification) tehnologija koja se pridodaje proizvodima te se pomoću nje prati njihovo stanje na zalihama. Koriste se i sustavi bez kontaktnog plaćanja za koje se koriste NFC ili Bluetooth tehnologije. Također, u zadnje vrijeme javljaju se i pametni automati s hranom te pametne aplikacije za prodaju [5].

### **3.3.6. Primjena Internet stvari u logistici**

U logistici Internet stvari mogu se koristiti za generiranje ruta i slaganje rasporeda. Razvili su se i GPS sustavi za praćenje prijevoznih vozila, kao i sustavi za praćenje stanja robe u transportu, koji su pogodni za praćenje prijevoza hrane i drugih osjetljivih proizvoda. Također, koriste se i uređaji koji rade dijagnostiku vozila, koja se koriste u prijevozu [5].

### **3.3.7. Primjena internet stvari u poljoprivredi**

U poljoprivredi Internet stvari najčešće se koriste kod sustava pametnog navodnjavanja. Ovdje se koriste Internet stvari koje sadrže senzore koji prate količinu vlage u tlu. Najpoznatiji takav sustav je „Kišni oblak (Rain Cloud) razvijen od strane tvrtke Cultivar koji koristi senzore za tlo, ventile za vodu te ima mogućnost WiFi-a.

Osim za navodnjavanje popularne su Internet stvari za staklenike. Takvi sustavi koriste bežičnu mrežu senzora koja prati parametre bitne za uzgoj biljaka kao što su temperatura i vlažnost. Tako se poboljšava upravljanje i održavanje poljoprivrednih proizvoda [5].

### **3.3.8. Primjena Internet stvari u zdravlju i svakodnevnom životu**

U današnje vrijeme sve su popularnije pametne narukvice i remeni koji prate čovjekovo zdravlje. One sadrže senzore za praćenje otkucaja srca, temperature tijela, krvnog tlaka, EEG, ECG, pulsni oksimetar, a također omogućuju i praćenje koraka, prijeđene udaljenosti tijekom dana i sagorenih kalorija, broj sati sna i sl.

S pametnim satovima korisnici ujedno mogu i pretraživati Internet, slušati glazbu, gledati videe, uspostaviti poziv te na njemu koristiti brojne aplikacije. Također, postoje i pametne naočale koje imaju mogućnost snimanja i fotografiranja, pretraživanja Interneta, prikazivanja mapa. Pametne cipele omogućuju praćenje brzine hodanja ili trčanja, a pametni pojasevi prate svakodnevne vježbe i sagorene kalorije [5].

## **4. Dizajn Internet stvari**

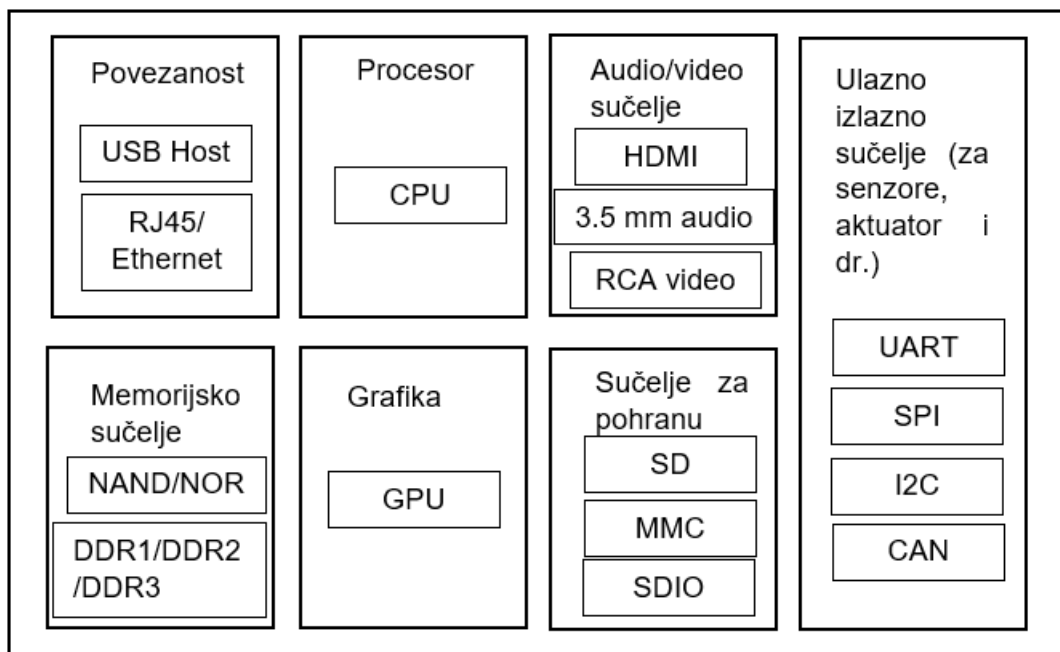
Internet stvari imaju svoj fizički i logički dizajn od kojih će svaki biti objašnjen u sljedećim poglavljima. Također, dizajnirane su tako da rade i budu kompatibilne s mnogim tehnologijama.

### **4.1. Fizički dizajn Internet stvari**

Već ranije je opisano da su Internet stvari pametni uređaji koji imaju svoj jedinstveni identitet te sposobnosti samoupravljanja i samostalnog pokretanja potrebnih radnja, upravljanja na daljinu pomoću aplikacija, rada na principu brojnih senzora... Prikupljeni podaci mogu se mogu razmjenjivati i prikupljati od drugih uređaja putem aplikacija te obrađivati lokalno, slati na centralizirane servere ili obrađivati na aplikacijama u oblaku. Generirani podaci prikupljeni od strane pametnih uređaja procesuiraju se putem sistema za analizu podataka, čime se dolazi do korisnih informacija pomoću kojih se zna koje buduće akcije je potrebno poduzeti.

Na sljedećoj slici može se vidjeti kako izgleda blok dijagram tipičnog uređaja Internet stvari. Svaki uređaj ima nekoliko žičanih i bežičnih sučelja za spajanje s drugim uređajima. To uključuje sučelje za povezivanje s Internetom, sučelje za memoriju i pohranjivanje podataka, audio i video sučelje, sučelje za senzore [5].

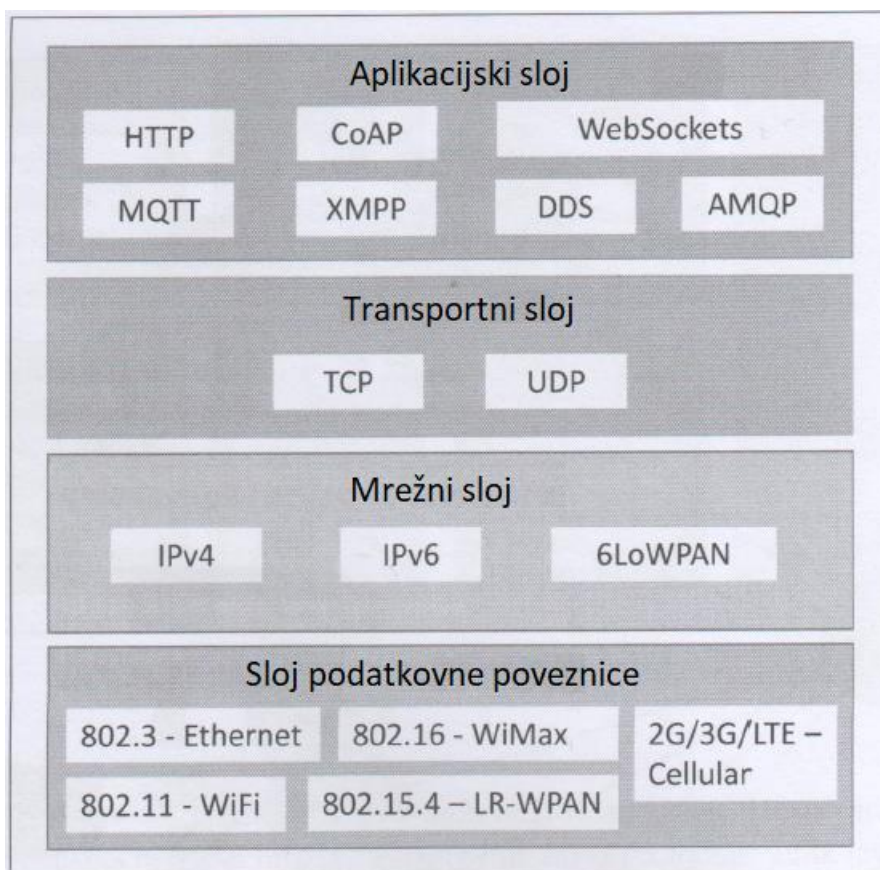




Slika 3 generički blok dijagram uređaja Internet stvari, uređeno prema: Bahga et. al. (2014.), Figure 1.3

#### 4.1.1. Protokoli koje koriste Internet stvari

Internet stvari koriste brojne protokole koji se mogu podijeliti u protokole aplikacijskog, transportnog, mrežnog sloja i sloja podatkovne poveznice. Na sljedećoj slici vidimo slojeve i protokole koji spadaju pod njih i koriste se kod Internet stvari, a svaki će biti detaljnije opisan u nastavku.



Slika 4 Protokoli Internet stvari uređeno prema figure: 1.5 Introduction to Internet of Things

#### 4.1.1.1. Protokoli sloja podatkovne poveznice

U ovome sloju podaci se prenose fizičkim putem preko bakrene parice, koaksijalnim kabelom ili radio valovima. Podatkovni sloj ima i svoj mrežni pristup gdje pruža usluge mrežnom sloju. Njegova je uloga da na određeno računalo prenese podatke podatkovnom sloju koji ih zatim prosljeđuje mrežnom sloju. Sloj podatkovne poveznice određuje na koji način se kodiraju i signaliziraju paketi podataka na uređajima te prenose preko medija na koji je domaćin spojen. Protokoli sloja podatkovne poveznice koji se koriste kod Internet stvari su 802.3 Ethernet, 802.11 WiFi, 802.26 WiMax, 802.15.4 - LR-WPAN te 2G/3G/4G/5G za mobilne mreže.

802.3 Ethernet je skup standarda koji definiraju fizički i podatkovni sloj za Ethernet žičane mreže. Brzina prijenosa podataka na Ethernetu je od 10Mb/s do 40Gb/s. Podaci se mogu prenositi putem koaksijalnog kabela, optikom ili upletenom paricom.

802.11 WiFi je skupina standarda za bežične lokalne mreže. Brzina prijenosa podataka ovim standardima može biti od 1Mb/s do 6.75Gb/s.

802.26 WiMax su standardi za bežični širokopolasni pristup. Brzina prijenosa je od 1.5Mb/s do 1Gb/s.

802.15.4 - LR-WPAN je standard za bežične osobne mreže niske brzine. Brzina prijenosa podataka je od 40Kb/s do 250Kb/s. Komunikacija koja se ostvaruje ovim standardima je jeftina i spora, a koristi se na uređajima s ograničenom snagom.

2G/3G/4G/5G su skupine različitih generacija mrežnih standarda za mobilne uređaje. Internet stvari mogu se spojiti i komunicirati putem mobilnih mreža. Prijenos podataka je od 9.6 Kb/s do 100MB/s, a za 5G i do10Gb/s [5].

#### **4.1.1.2. Protokoli mrežnog sloja**

Mrežni sloj zaslužan je za prijenos IP paketa od izvorne do odredišne mreže. Paketi sadrže u sebi adresu domaćina i usmjeravanja paketa te se pomoću tih adresa orijentiraju kroz višestruke mreže. Hijerarhijske sheme IP adresiranja kao što su IPv4 ili IPv6 vrše identifikaciju domaćina. IPv4 je najrašireniji protokol na Internetu za adresiranje uređaja. Njegova najvažnija karakteristika je da sadrži 32-bitnu IP adresu. IPv6 je novija verzija Internet protokola koji će u budućnosti postati sljedeći standardni protokol. On koristi 128-bitnu vezu. Kod Internet stvari koristi se i 6LoWPAN protokol koji je zapravo proizašao iz ideje da se IP protokol primijeni i na malene uređaje s malo radne snage i ograničenim mogućnostima obrade. Tako i najslabiji uređaji mogu sudjelovati kao Internet stvari. Ovaj protokol omogućio je slanje i primanje IPv6 paketa putem IEEE 802.15.4 mreža. Brzina prijenosa ovog protokola je 250Kb/s [5].

#### **4.1.1.3. Protokoli transportnog sloja**

Transportni sloj zaslužan je za ponovo spajanje i segmentaciju podatka s viših nivoa. Također se koristi i za praćenje, identifikaciju i kontrolu komunikacije između aplikacija. Ovdje imamo dva osnovna protokola, a to su TCP (engl. Transmission Control Protocol) i UDP (engl. User Datagram Protocol). TCP protokol se koristi kod nekih najčešćih aplikacijskih protokola Interneta kao što su HTTP i HTTPS protokoli za pretraživanje Internet stranica, SMTP protokoli za elektroničku poštu, FTP protokol za prijenos datoteka te SSH i telnet protokole za rad na računalu na daljinu. TCP protokol kreira kontinuirani raspored slanja podataka od pošiljatelja do primatelja te otkriva ako se neki podaci dupliciraju ili nedostaju. UDP protokol je više za nespojnu i nepouzdanu vezu transporta paketa te je moguća međusobna komunikacija

bez uspostave stalne veze. On ne provjerava poruke primljenih paketa te se koristi kada nam treba brzo slanje kratkih poruka između aplikacija na spojenim računalima [5].

#### 4.1.1.4. Protokoli aplikacijskog sloja

Protokoli aplikacijskog sloja koriste se za interakciju aplikacijskog sloja s nižim slojevima. Kroz aplikacijski sloj kodiraju se i šalju podaci na mrežu gdje se određenim metodama grupiraju pomoću protokola transportnog sloja. Između aplikacijskog i transportnog sloja nalazi se krajnja točka komunikacije računala koja se naziva socket ili API (engl. Application Programming Interface). U njemu se nalazi lokalni port, lokalna IP adresa, port udaljenog računala, IP adresa udaljenog računala i protokol. Brojevi portova koriste se za adresiranje aplikacija na primjer port 80 za HTTP i sl. Pomoću protokola aplikacijskog sloja stvara se i omogućuje veza te definiraju pravila koja reguliraju kako se podaci prenose. Protokoli sadrže značajne informacije koje se prenose, određuju tipove poruka koje se šalju, određuju na koji način se šalju poruke i odgovori, definiraju brojeve i znakove koji se koriste u programskom jeziku. Najčešći protokoli aplikacijskog sloja koji se koriste kod Internet stvari su HTTP, CoAP, WebSocket, MQTT, XMPP, DDS i AMQP.

HTTP (engl. HyperText Transfer Protocol) služi za prijenos informacija na Webu, od Web servera do Web klijenta ili čitača. Prijenos se odvija pomoću TCP protokola. HTTP je sastavni temelj WWW-a. Radi na principu zahtjev/odgovor gdje klijent koristi HTTP naredbe i šalje zahtjev serveru. HTTP klijent može biti pretraživač ili aplikacija koja se na njemu izvodi u slučaju Internet stvari to može biti aplikacija koja se izvodi na pametnom uređaju.

CoAP (engl. Constrained Application Protocol) je protokol namijenjen za ograničena okruženja s ograničenim uređajima i mrežom, a služi za M2M (machine to machine) aplikacije. M2M su zapravo uređaji povezani direktnom vezom te koriste bilo koji komunikacijski kanal bilo žičani ili bežični. CoAP također koristi model zahtjev/odgovor, a za prijenos koristi UDP protokol. Klijent komunicira sa serverom koristeći datagrame.

WebSocket su protokoli koji pružaju full-duplex komunikaciju kroz priključak s jednom utičnicom za slanje poruka između klijenta i servera. Za prijenos koristi TCP protokol koji cijelo vrijeme ima otvorenu vezu koja omogućava da se tokovi poruka šalju naprijed nazad između klijenta i servera. Klijent može biti uređaj Internet stvari, mobilna aplikacija ili pretraživač.

MQTT je lagani otvoreni protokol koji se bazira na radu objavljivanja i pretplata za prijenos poruka između uređaja. Koristi se klijent-server arhitektura. Uređaj Internet stvari spaja se na server koji se još naziva i MQTT posrednik. Na serveru se tada objavljuju poruke vezane uz

određenu temu. MQTT posrednik tada prosljeđuje poruke klijentima koji su preplaćeni na tu temu. Ovaj protokol se koristi u ograničenim okruženjima gdje uređaji imaju ograničenu memoriju, obradu i slabu mrežnu povezanost.

XMPP (engl. Extensible Messaging and Presence *Protocol*) je otvoreni protokol za razmjenu XML podataka u stvarnom vremenu. XMPP ima široku primjenu i omogućuje razmjene poruka, sindiciranje podataka, gaming, glasovne i video poruke, grupne razgovore. Također, koristi klijent server arhitekturu i decentralizirani je protokol. Podržava putanju podataka i oba smjera klijent-server i server-klijent. Kod uređaja Internet stvari XMPP omogućuje komunikaciju između uređaja u stvarnom vremenu.

DDS (engl. Data Distribution Service) je standard koji omogućava komunikaciju od uređaja od uređaja te pruža pouzdanu, interoperabilnu razmjenu podataka s visokim performansama. Koristi obrazac objavljivanja i pretplate na temu. Izdavač teme je objekt odgovoran za distribuciju, a pretplatnik za primanje podataka.

AMQP (engl. Advanced Message Queuing Protocol) je protokol koji se koristi za razmjenu poslovnih poruka. On usmjerava i orijentira poruke, brine o njihovoj sigurnosti, upravlja redovima čekanja. Podržava model objavljivanja i pretplate, razmjenu poruka od točke do točke, usmjeravanje i postavljanje upita [5].

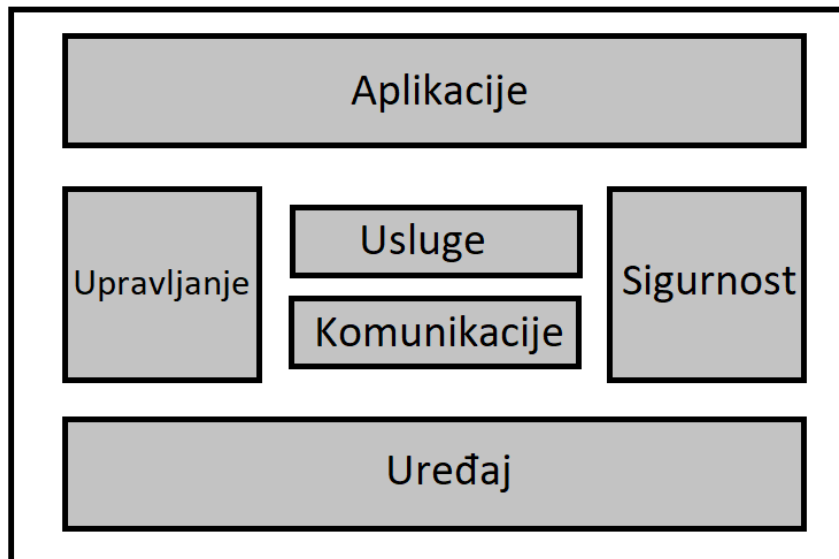
## **4.2. Logički dizajn Internet stvari**

Kod logičkog dizajna Internet stvari korisno je spomenuti njihove funkcionalne blokove i komunikacijska API sučelja.

### **4.2.1. Funkcionalni blokovi**

Funkcionalni blokovi pružaju Internet stvarima brojne mogućnosti kao što su komunikacija, identifikacija, upravljanje, aktivaciju, reagiranje pomoću senzora i mnoge druge. Funkcionalni blokovi kod Internet stvari jesu uređaj, komunikacija, upravljanje, aplikacije, sigurnost i usluge. Uređaje koji se mogu nazvati Internet stvar su već ranije spomenuti. To su uređaji koji imaju mogućnosti reagiranja pomoću senzora, samoupravljanja, praćenja, aktivacije i kontrolnih funkcija. Komunikacijski blokovi upravljaju komunikacijom između uređaja i sustava Internet stvari, a u prethodnom poglavlju opisani su protokoli kojima se koristi. Blokovi usluga Internet stvari uključuju usluge praćenja, otkrivanja i upravljanja uređajima te usluge objavljivanja podataka. Blokovi upravljanja pružaju razne funkcije namijenjene za

upravljanje sustavom Internet stvari. Kako bi Internet stvari bile sigurne blokovi sigurnosti omogućuje autorizaciju, autentifikaciju, sigurnost podataka, poruke i cjelovitost sadržaja. Aplikacijski blokovi namijenjeni su za aplikacije pomoću kojih korisnici mogu upravljati Internet stvarima i sustavima. Tako korisnik ima uvid u rad sustava te mogućnost uvida i analiziranja prikupljenih podataka [5].



Slika 5 Funkcionalni blokovi Internet stvari, uređeno prema: figure 1.6 Introduction to Internet of Things

#### 4.2.2. Komunikacijski model

Kod Internet stvari imamo četiri komunikacijska modela, a to su zahtjev-odgovor, objavljivanje-pretplata, gurni-povuci i ekskluzivni par.

Kod modela zahtjev-odgovor klijent šalje zahtjev poslužitelju tj. serveru koji odgovara na taj zahtjev. Poslužitelj također razmatra na koji način i kako odgovoriti, dohvaća podatke i resurse, priprema i šalje odgovore klijentu. U ovom načinu komunikacije svaki par zahtjev-odgovor je zaseban za sebe i neovisan o drugima.

Model objave-pretplate već je ranije spomenut. Ovdje su izdavači izvor podataka te oni objavljuju podatke o određenoj temi. Tim podacima upravljaju brokери koji ih zatim šalju svim pretplatnicima na tu temu.

Kod modela gurni-povuci, proizvođači podataka guraju podatke u redove čekanja, a klijenti povlače podatke iz tih redova. Redovi čekanja razdvajaju poruke između proizvođača i klijente te proizvođač ne treba biti svjestan svojih klijenta.

Ekskluzivni par je dvosmjerni komunikacijski model s postojanom obostranom vezom između klijenta i servera. Veza je cijelo vrijeme otvorena sve dok klijent ne pošalje zahtjev za raskidom veze. U ovom modelu poslužitelj je svjestan svih otvorenih veza [5].

### **4.2.3. Komunikacijski API Internet stvari**

API (engl. Application programming interface) je aplikacijsko programsko sučelje. Kod Internet stvari imamo dva aplikacijska programska sučelja koja služe za komunikaciju, a to su REST (engl. Representational state transfer) ili reprezentativni prijenos stanja i komunikacija putem Web utičnice.

Reprezentativni prijenos stanja je arhitektonski stil koji koristi podskup HTTP-a. Omogućava dizajniranje Web usluga i stvaranje interaktivnih aplikacijskih programskih sučelja. Web usluge koje slijede ovaj stil nazivaju se RESTful. One moraju pružati svoje Web resurse u tekstualnom obliku da ih omogući čitljive protokolu s unaprijed definiranim skupom operacija. Računalni sustavi na Internetu koji pružaju ove usluge imaju omogućenu interoperabilnost. REST koristi zahtjev-odgovor komunikacijski model. Najčešći protokol koji se koristi za ove zahtjeve i odgovore je HTTP. S toga su omogućene operacije HTTP-a kao što su: GET, HEAD, POST, PUT, PATCH, DELETE, CONNECT, OPTIONS i TRACE. Zbog korištenja ovih operacija RESTful sustavi imaju brže performanse, pouzdanost i mogućnost rasta ponovnom uporabom komponenata kojima se može upravljati i ažurirati bez utjecaja na sustav u cjelini, čak i dok je pokrenut [30].

Aplikacijska programska sučelja bazirana na Web utičnicama omogućava dvosmjernu komunikaciju tj. model ekskluzivnog para između klijenta i poslužitelja. Ovo sučelje ne zahtjeva uspostavu nove veze za svaku novu poruku. Ovdje se također putem HTTP-a šalje zahtjev koji se još naziva i „rukovanje“. Poslužitelj shvaća zahtjev kao poziv za nadogradnju te ako prihvaća protokole klijenta i Web utičnice vraća odgovor na rukovanje. Nakon povezivanja podaci se obostrano prenose. WebSocket su pogodni jer ne stvaraju gužve u mrežnom prometu i kašnjenje poruka jer za svaku poruku nema dodatnih troškova i nije potrebno ponovno postavljanje postavljane veze i zahtjeva za prekid. Kod Internet stvari WebSocket može se koristiti kod aplikacija koje imaju visoku propusnost te nemaju veliko kašnjenje [5].

## **4.3. Kompatibilne tehnologije s Internet stvarima**

Internet stvari dizajnirane tako da rade s određenim tehnologijama kao što su: bežične senzorske mreže, analitiku velikih podataka, računarstvo u oblaku, sigurnosne protokole i

arhitekture, komunikacijske protokole, ugradbene računalne sustave, mobilni Internet, Web usluge i semantičke tražilice. U nastavku su opisane tehnologije koje imaju najbitniju ulogu za rad Internet stvari.

### 4.3.1. Bežična senzorska mreža

Bežična senzorska mreža sastoji se od pametnih uređaja koji u sebi imaju ugrađene senzore koji služe i omogućavaju nadzor okoliša i fizičkih uvjeta. Sastavni dijelovi ove mreže su nekoliko krajnjih čvorova, usmjerivači te koordinatori. Krajnji čvorovi na sebi imaju nekoliko senzora i skupljaju podatke koje usmjerivač šalje koordinatoru. Koordinator prikuplja podatke sa svih čvorova i služi kao pristupnik za povezivanje senzorske mreže s Internetom. Prednost bežičnih senzorskih mreža je da one imaju mogućnost raspoređivanja velikog broja osjetljivih čvorova s niskom cijenom i niskom snagom što im omogućuje kontinuirano praćenje podražaja iz okoline. Ove mreže imaju veliki broj osjetljivih čvorova te njihova ručna konfiguracija nije moguća, s toga ove mreže imaju sposobnost samoorganiziranja. Tako se i u slučaju kvara ili dodavanja novih čvorova mreža može sama ponovo konfigurirati. Neki sustavi bežičnih senzorskih mreža koji koriste Internet stvari su već ranije opisani, a to su sustavi za praćenje vremena, sustavi za nadzor kvalitete zraka u zatvorenom, sustavi za nadzor vlage u tlu, sustavi za nadzor kao što su sustavi nadzornih kamera, sustavi za nadzor zdravlja građevina, sustavi i mnogi drugi. Kod sustavi bežičnih senzorskih mreža najpopularniji je ZigBee, bežični komunikacijski protokol. ZigBee se koristi kod osobnih mreža s malom propusnošću i malom potrošnjom energije, a namijenjen je za aplikacije koje prenose male količine podataka, umrežuju velik broj uređaja te imaju visoku razinu sigurnosti prijenosa [5].

### 4.3.2. Računarstvo u oblaku

*„Računarstvo u oblaku (engleski cloud computing), paradigma je informatičke tehnologije (IT) koja opisuje pružanje IT infrastrukture kao što je prostor za pohranu podataka ili aplikacijski softver kao uslugu putem Interneta.“ Wikipedia, (15.11.2020.) [34].*

Računarstvo u oblaku umrežava i pohranjuje resurse te ih pruža kao usluge korisnicima. Podaci se pružaju automatizirano korisniku na zahtjev bez potrebe za interakcijom s pružateljem usluga računarstva u oblaku. Računarstvu u oblaku može se pristupiti pomoću klijentskih platformi kao što su laptopi, pametni telefoni, radne stanice i tableti, a za pristup potrebno je koristiti standardne pristupne mehanizme koji pružaju pristup neovisan o platformi. Ova tehnologija također omogućuje aspekte s više strana, što znači da dopušta da više



korisnika bude posluženo od strane istog fizičkog hardvera. Ovo je korisno za korisnike koji koriste višestranačko poslovanje. Korisnicima se dodjeljuju virtualni resursi koji se izvode na vrhu fizičkih resursa [5].

### **4.3.3. Analitika velikih podataka**

Analitika velikih podataka odnosi se na podatke koji su velikog volumena, raznoliki i s velikim vremenskim varijacijama te ih je teško obrađivati, pohranjivati, analizirati i s njima upravljati. Prezahtjevni su za tradicionalne baze podataka, programe i alate za obradu podataka. Analitikom ti podaci se mijenjaju, čiste, vizualiziraju i obrađuju. Postoje tri karakteristike velikih podataka, a to su volumen, brzina i različiti oblici podataka. Volumen se odnosi na velike količine podataka kojima je teško upravljati. Brzina podataka odnosi se na koliko brzo se podaci generiraju. Podaci mogu dolaziti u različitim oblicima te mogu biti strukturirani ili nestrukturirani te u oblicima kao što je tekst, slika, zvuk, video, podaci prikupljeni od strane senzora... Internet stvari koriste analitiku podatka za podatke prikupljene od sustava koji rade na principu senzora, kao što su stanice za mjerenje vremena, podatka strojnog senzora prikupljeni od senzora ugrađenih u industrijske i energetske sustave koji prate zdravlje strojeva i otkrivaju kvarove, podataka o zdravlju koje stvaraju pametni uređaji za praćenje zdravlja i kondicije, podataka koji se koriste u sustavima maloprodaje, podataka za praćenje lokacija vozila [5].

### **4.3.4. Komunikacijski protokoli**

Komunikacijski protokoli već su ranije detaljno opisani, a oni su jedna od temeljnih tehnologija koja omogućava pravilan rad Internet stvari. Oni omogućuju spajanje na mrežu, spajanje s aplikacijama, razmjenu i upravljanje podacima na mreži.

### **4.3.5. Ugrađeni sustavi**

Ugrađeni sustavi su posebni računalni sustavi koji imaju posebni hardver i softver koji su dizajnirani za obavljanje različitih vrsta zadataka iz određenog skupa zadataka. Ugrađeni sustavi sastavljeni su od mikroprocesora ili mikrokontrolera, memorija (RAM, ROM, priručna ili catch memorija), mrežnih jedinica (Ethernet, WiFi adapteri), ulazno / izlaznih jedinica (zaslon, tipkovnica itd.) te pohrane (poput flash memorije). Kod ugrađenih sustava možemo pronaći specijalizirane procesore poput grafičkih procesora, procesori s digitalnim signalom i procesori za posebnu primjenu. Internet stvari s ugrađenim sustavima mogu biti pametni satovi, terminali na prodajnim mjestima, automati, digitalni fotoaparati, kućanski uređaji i mnogi drugi [5].

## **5. Transformacija Internet stvari putem multimedijske tehnologije**

U prethodnim poglavljima objašnjene su Internet stvari, objašnjeno je što su, način na koji funkcioniraju i rade. Iz navedenog se može zaključiti da one sa sobom nose brojne pogodnosti i prednosti. Vidimo da se Internet stvari sve više koriste u brojnim industrijama, a primjena multimedijskih tehnologija bi u njima uvelike olakšava njihovu upotrebu i primjenu. Također, Internet stvari u sklopu s multimedijском tehnologijom, nude brojne nove usluge i rješenja čime pomažu u širenju poslovanja i industrija.

### **5.1. Prednosti korištenja multimedije u Internet stvarima**

Internet stvari omogućavaju uređajima da se međusobno povezuju, razmjenjuju podatke, izvode operacije uz minimalnu ljudsku podršku. Tako se stvara cijeli jedan novi svijet međusobno povezanih uređaja. Sustavi Internet stvari međusobno povezuju senzore, uređaje, ljude te se razvija nova povezana ekosfera. Sve jače se razvija umjetna inteligencija i poboljšava se strojno učenje čime se uređajima pruža mogućnost da reagiraju, odgovaraju i poboljšavaju interakcije koje dolaze iz fizičke okoline [17].

Prema navedenom neke od najznačajnijih prednosti koje pružaju Internet stvari bile bi slijedeće:

1. U hardveru i softveru Internet stvari imamo kombinacije posebnih algoritama koji pomažu pretvoriti obične uređaje povezane s Internetom u pametne uređaje s mnoštvom mogućnosti.
2. Internet stvari omogućuju prikupljanje podataka na daljinu u svrhe izvještavanja i analiza.
3. Ako postoji više uređaja povezanih na Internet, pomoću tehnologija Internet stvari može se s njima istovremeno upravljati.
4. Internet stvari koriste senzore koji uvelike pomažu u prikupljanju podataka iz okoline te pretvaranju tih podataka u korisne informacije.
5. Heterogenost mrežne povezanosti omogućuje povezivanje širokog spektra uređaja na različitim hardverskim i softverskim platformama.
6. Internet stvari nude sigurnost i povezanost te koriste umjetnu inteligenciju za osiguranje automatizacije brojnih zadataka koji se izvršavaju rutinski [10].

Korisnicima se putem multimedijских tehnologija u Internet stvarima pružaju velike prednosti te se stvaraju nova jedinstvena korisnička iskustva. Senzori s multimedijским tehnologijama ugrađeni u Internet stvari sve se bolje razvijaju i poboljšavaju te se time uređajima olakšava čitanje, mjerenje i razumijevanje korisnika na određenim razinama. Tvrtkama i korisnicima multimedijских Internet stvari omogućuje se da prate i prikupljaju razne multimedijске podatke o ponašanju sklonostima i navikama potrošača, lakše nadziru željene lokacije (video nadzor pametnih gradova, prometa, itd.), poboljšavaju sustave industrijske proizvodnje i brojne druge primjene. Analizom i mjerenjem prikupljenih multimedijских podataka, tvrtke mogu poboljšavati svoje tehnologije i svoje cjelokupno poslovanje koje multimedijске Internet stvari mogu transformirati do neprepoznatljivosti.

Danas je tehnologija postala neizostavan dio ljudskog života, a multimedijске Internet stvari grade more novih mogućnosti u svijetu tehnologije. Primjena multimedije u Internet stvarima uvelike poboljšava tradicionalne Internet stvari. Tradicionalne Internet stvari prikupljaju podatke kao što su statistike o temperaturi, svjetlosti, tlaku itd., te izvještavaju o različitim stanjima poput stanju baterije, razine vode u dozatoru vode ili izvješćuju o kvaru za prediktivno održavanje. Multimedija u Internet stvarima uz to omogućava prikupljanje brojnih multimedijских podataka, kao što su video, audio i slikovni podaci, što uvelike poboljšava i proširuje primjenu tradicionalnih Internet stvari.

## **5.2. Stvaranje novog korisničkog iskustva**

Multimedija u Internet stvarima može stvoriti nova nevjerojatna korisnička iskustva. U zadnje vrijeme sve više se povećava promet multimedijских podataka na globalnoj mreži Interneta sukladno s ogromnim interesom za razvoj i upotrebu multimedijских aplikacija i usluga. Eksponencijalnom rastu Internetskog multimedijskog prometa pridonijele su multimedijске aplikacije, usluge i rješenja koja se odvijaju u stvarnom vremenu, kao što su video konferencije i sustavi prisutnosti na daljinu putem videa, isporuka sadržaja u stvarnom vremenu, igranje videoigara na mreži, pregledavanje videa na daljinu i mnogi drugi. Postojeća ravnoteža između prometa bez multimedijских i prometa s multimedijским sadržajima sve se više pomiče prema povećanju prometa s multimedijским sadržajem, posebno u pogledu video sadržaja.

Multimedijске internet stvari omogućuju da multimedijски sadržaji prikupljeni od pametnih uređaja budu globalno dostupni korisnicima za reprodukciju ili obradu. Također, aplikacije koje se koriste u multimedijским Internet stvarima zahtijevaju stroge zahtjeve za kvalitetom usluge kako bi pružile zadovoljavajuće korisničko iskustvo i pridobile sve više korisnika. Primjena multimedije u Internet stvarima uključuje primjenu slike, videa, zvuka i brojnih drugih značajki

u tradicionalnim sustavima Internet stvari. Primjenom ovih značajki korisnici mogu bolje nadgledati i proučavati željenu okolinu te im se otvaraju brojne nove mogućnosti. Njihovo korisničko iskustvo u usporedbi s korisničkim iskustvom u tradicionalnim sustavima Internet stvari se uvelike poboljšava i proširuje jer se korisnicima otvaraju na korištenje brojne nove vizualne, zvučne i druge komponente. Pomoću multimedije u Internet stvarima može se poboljšati i personalizacija multimedijских usluga i aplikacija za korisnika, te stvoriti nove razine autentifikacije u pogledu sigurnosti korisnika.

### **5.2.1. Personalizacija**

Multimedijске Internet stvari koriste senzore, koji prikupljaju multimedijске podatke, čime se pružaju elegantna rješenja za poboljšanje personalizacije sadržaja i usluga. Pomoću tih podataka tvrtke mogu izrađivati sadržaje i usluge u kontekstu prilagođenom korisniku i prilagođavati programe na načine na koje ih korisnik koristi. Senzori u Internet stvarima mogu mjeriti reakcije korisnika i prikupljati podatke od različitih vrsta programa te pratiti vrijeme provedeno s nekim programom i pozornost koja mu se poklanja. Primjena multimedije u Internet stvarima poboljšava i stvara novu razinu personalizacije. Primjer personalizacije može se vidjeti u sustavima pametnog zdravstva (koji su opisani u jednom od sljedećih odlomaka). Multimedijске Internet stvari mogu se koristiti za praćenje pacijenata na daljinu te personalizaciju njegovih zdravstvenih usluga. Prema video i drugim multimedijским komponentama, moguć je lakši uvid u stanje pacijenta s daljine te se usluge mogu prilagoditi njegovim potrebama, može mu se poslati obavijest na pametni telefon za uzimanje lijeka i sl.

### **5.2.2. Autentičnost**

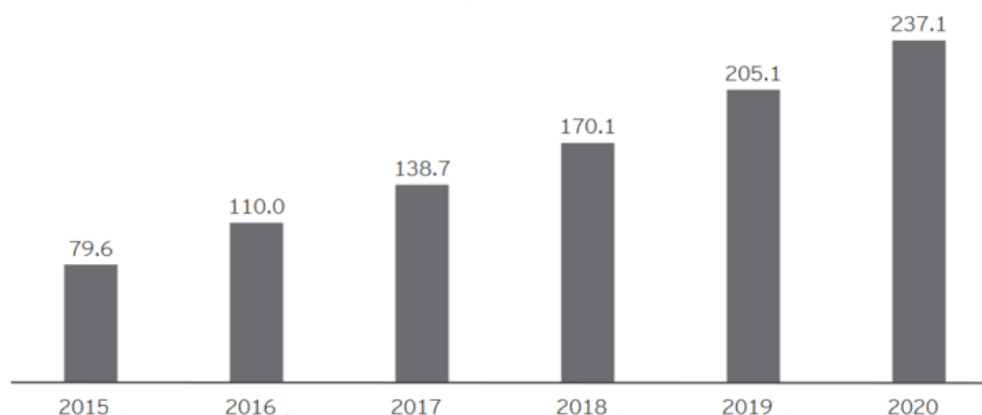
Multimedijске Internet stvari poboljšavaju korisničko iskustvo i u pogledu sigurnosti posebice prilikom provjera i identifikacija. Senzori mogu razviti složene i sigurne višerazinske provjere autentičnosti, a koje su ujedno jednostavne za korištenje. Internet stvari uvele su i novu razinu u pogledu provjere autentičnost. Mnogo ljudi nosi brojne nosive pametne uređaje, kao što su pametni satovi, telefoni i sl., koji u sebi sadrže određene senzore te bi se oni mogli koristiti kao glavna razina provjere autentičnosti na različitim mjestima. Tako se može razviti novi sustav, koji omogućuje da se korisnik može autorizirati pomoću multimedijških podataka na bilo koji uređaj kroz otisak prsta ili putem skeniranja oka ili glasa te pristupiti sadržajima na koja ima prava. Tako na primjer pojedini TV operateri i neki slični pružatelji sadržaja mogu koristiti Internet stvari kao posrednik za autorizaciju, te pomoću njih slati i kontrolirati

pojedinačna prava na razne usluge i sadržaje. Tako bi se omogućio pristup sadržaju na bilo kojem zaslonu, kao što bi bili brojni javni zaslone u tranzitnim čvorištima, zaslone u prijevozu i sl. Korisnik bi mogao pristupiti nekom zaslonu u javnom prijevozu te uživati prava na svoje TV usluge bez potrebe za aktivnom prijavom. Već ranije je spomenuto da Internet stvari koriste algoritme koji podržavaju veliki broj podataka. Pomoću tih podataka mogu se prilagoditi sadržaji na velikim javnim zaslonima za neku veću grupu ljudi, prema njihovim sklonostima, pravima i interesima. Tako bi se transformiralo iskustvo na brojnim javnim događajima i površinama kao što su koncerti, stadioni, tematskim parkovima i mnogi drugi. Tako bi bilo koja površina mogla postati mehanizam za zabavu prilagođenu za trenutne gledatelje te bi se tako mogla stvoriti zajednica ljudi od sličnih interesa za neki proizvod ili uslugu.

### 5.2.3. Nosivi uređaji

Nosivi pametni uređaji poput pametnih satova i sl. mogu otključati nove mogućnosti prikupljanja i korištenja multimedijских podataka. Nosive Internet stvari omogućuju pružateljima usluga da prikupe korisne podatke o čovjekovim navikama i sklonostima. Broj korisnika pametnih nosivih uređaja svakim danom se sve više povećava, a na sljedećem grafu prikazan je broj svjetskih isporuka nosivih pametnih uređaja u milijunima jedinica od 2015. do 2020. Prema prikazanome možemo vidjeti njihov konstantan rast.

Svjetske isporuke nosivih pametnih uređaja 2015-2020 (u milijunima jedinica)



Slika 6 Svjetske isporuke nosivih uređaja 2015-2020, uređeno prema: <https://pdf4pro.com/fullscreen/human-machine-interactions-that-unlock-possibilities-14261d.html>

Nosive Internet stvari pružaju i brojne pogodnosti za korisnike te stvaraju novo korisničko iskustvo. One mogu biti u tipu raznih uređaja nosivih kao vanjski dodaci, na odjeći i obući,

ugrađeni u tijelo, zalijepljeni i ili tetovirani na kožu. Podaci se mogu prikupljati, slati i primati u pokretu putem Interneta te korisnici informacije do kojih pomoću njih dolaze, mogu koristiti za pametno donošenje određenih odluka. Pametne nosive Internet stvari komuniciraju i s drugim korisnikovim uređajima kao što su to pametni telefoni. Tako se poboljšava učinkovitost i optimizacija aplikacija, mobilnost, produktivnost i sigurnost korisnika, te se poboljšava njegova cjelokupna kvaliteta života. Na prethodnom grafu vidimo veliki porast nosivih Internet stvari u svijetu, a razlog tome je napredak u mobilnim mrežama male snage, smanjenje veličine elektroničkih uređaja i senzora, kao i prednosti koje pametni nosivi uređaji omogućuju. U početku su najpopularnije nosive Internet stvari bile za praćenje fizičkih aktivnosti, a sve više se pojavljuju pametni satovi, Bluetooth slušalice, te brojne pametne naočale i setovi za glavu koji koriste multimedijску tehnologiju. Nosive multimedijске internet stvari napravile su i veliku transformaciju u industriji videoigara. Industrija videoigara počela je dodavati sve više i više nosive opreme sa slušalicama za virtualnu stvarnost i proširenu stvarnost. Korištenje nosivih multimedijških Internet stvari u brojnim virtualnim aplikacijama i igrama uvelike poboljšava korisnikovo korisničko iskustvo. Osim za zabavu nosive Internet stvari vrlo su prigodne u i edukativne, medicinske, istraživačke i brojne druge korisne svrhe [2].

## **6. Tehnološke komponente za primjenu multimedije u Internet stvarima**

Za primjenu multimedije u Internet stvarima korisna su dva sustava, a to su bežični multimedijški sustavi (engl. Wireless Multimedia Systems ili kraticom WMS) te bežična mreža multimedijških senzora (engl. Wireless Multimedia Sensor Networks ili WMSN). Funkcija WMS-a je da nadgleda okoliš iz kojeg senzori primaju povratne informacije za kontroliranje i aktivaciju procesa. U WMS-u multimedijški izvori šalju podatke na Internet preko pristupnika. Na Internetu se multimedijški sadržaj pohranjuje i obrađuje za sinkroni ili asinkroni pristup administratora ili korisnika. WMS se može koristiti u brojnijim područjima kao što su sigurnosni i nadzorni sustavi, prijevoz, pametna medicina i mnogi drugi. U nadzornim sustavima primjer WMS uređaja mogu biti kamere, koje su ovdje čvorovi sustava te one prikupljaju podatke iz okoliša te pomoću bežične tehnologije šalju te podatke i izvještaje u kontrolni centar. U nekim sustavima kamere putem Interneta prijavljuju multimedijški sadržaj kontrolnom centru ili ga šalju prema poslužitelju u oblaku. Kontrolni centar zatim šalje povratne informacije prema kamerama kao što su promjena njihovog stanja (isključivanje ili uključivanje po potrebi),

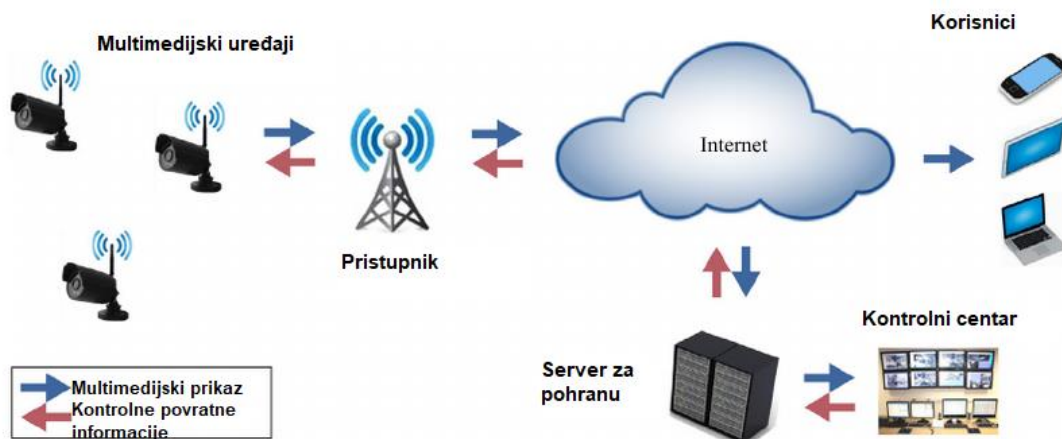
promjena njihovog položaja (okretanje kamere kako bi se поблиže i bolje vidjelo ono što nas zanima).

Tradicionalni multimedijски sustavi imaju neka ograničenja koja ih sputavaju u sveprisutnoj prilagodbi, a to su sljedeća:

1. Multimedijске uređaje napaja glavni izvor energije te nema ograničenja na potrošnju energije, s toga njihova primjena nije energetski učinkovita.
2. Multimedijски uređaji koji imaju slični opseg zadatka nisu namijenjeni za komunikaciju s drugim mrežnim uređajima koji izvršavaju različite zadatke.
3. U multimedijским sustavima u kojima se multimedijски podaci šalju na oblak, korisnici globalno mogu obrađivati te podatke ili ih reproducirati i gledati uživo, međutim, ne mogu se obratiti pojedinom mrežnom multimedijском uređaju niti pokrenuti drugačiji rad na njima, jer ti uređaji nisu dizajnirani za dvosmjernu komunikacijsku arhitekturu.
4. Multimedijски uređaji znaju biti vrlo skupi, što ograničava njihovu široku upotrebu i primjenu i u svakodnevnom životu.

Ovo je fiksirana arhitektura s restriktivnom pokretljivošću sustava te je ograničena unaprijed zadanim skupom funkcionalnosti multimedijских uređaja [27].

Na sljedećoj slici se može vidjeti kako WMS izgleda.

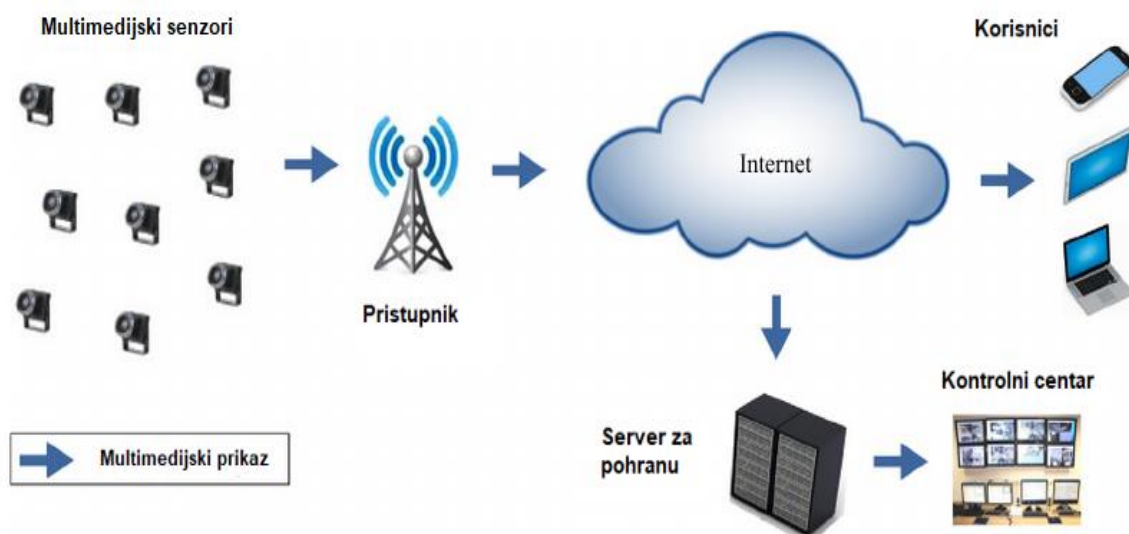


Slika 7 Prikaz WMS arhitekture, uređeno prema:

[https://www.researchgate.net/publication/276075985\\_Internet\\_of\\_Multimedia\\_Things\\_Vision\\_and\\_Challenges](https://www.researchgate.net/publication/276075985_Internet_of_Multimedia_Things_Vision_and_Challenges)

Bežična multimedijска senzorska mreža ili engl. kriticom WMSN je arhitektura u kojoj multimedijски uređaji imaju ograničenu ili nemaju mogućnost primanja povratne informacije. Uređaji ovdje šalju svoj sadržaj putem WSN-a (bežične senzorske mreže). U vrijeme postavljanja mreže unaprijed su poznate karakteristike mrežnih uređaja, s toga su predvidljive i operacije i radovi koje će se izvoditi na mreži kao i kvaliteta i zahtjevi usluga, koje će se

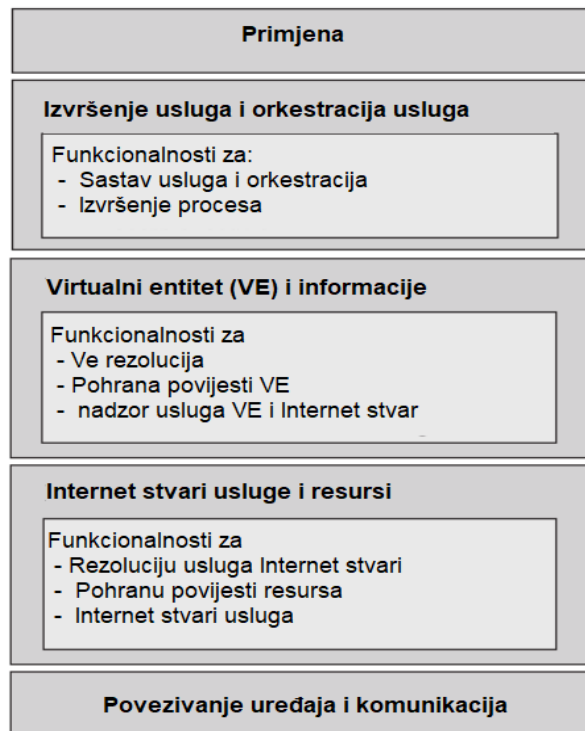
izvoditi na uređaju ili u mreži. WMSN se ponaša kao jedan entitet u sustavu jer zbog njegove fiksne arhitekture pojedini multimedijски uređaji nisu adresibilni niti su opremljeni bilo kakvom kontekstnom sviješću ili specifičnom inteligentnom aplikacijom. Multimedijски uređaji u WMSN-u trebali bi imati više heterogenosti u pogledu njihovih resursa i mogućnosti. Prema tome mrežne operacije i kvalitetu usluge trebalo bi bolje prilagoditi mrežnim scenarijima i zahtjevima aplikacija jer komunikacijski uređaji, uređaji za međusobno obavljanje zadataka i za suradnju trebaju više resursa, komunikacijskih mogućnosti te mogućnosti prikupljanja i obrade multimedijskog sadržaja [27]. Kako bi bolje shvatili arhitekturu mreže na sljedećoj slici vidimo kako ona izgleda:



Slika 8 Prikaz WMSN arhitekture, uređeno prema:  
[https://www.researchgate.net/publication/276075985\\_Internet\\_of\\_Multimedia\\_Things\\_Vision\\_and\\_Challenges](https://www.researchgate.net/publication/276075985_Internet_of_Multimedia_Things_Vision_and_Challenges)

Kako bi se preko WMS-a i WMSN-a multimedijски uređaji mogli u potpunosti implementirati u novije sustave Internet stvari u europskom istraživačkom projektu „IoT-A“ usvojena je referentna arhitektura s njihovim poboljšanim značajkama. Na sljedećoj slici možemo vidjeti koje su to značajke:





Slika 9 Reprezentativna arhitektura Internet stvari, uređeno prema:  
[https://www.researchgate.net/publication/276075985\\_Internet\\_of\\_Multimedia\\_Things\\_Vision\\_and\\_Challenges](https://www.researchgate.net/publication/276075985_Internet_of_Multimedia_Things_Vision_and_Challenges)

U ovoj arhitekturi usluge i resursi mogu pružiti i otkriti nove funkcionalnost, prema tome Internet stvari nisu ograničene u pružanju podataka u jednom točno određenom smjeru nego su otvorene za korištenje vanjskim sustavima kako bi se multimedijske Internet stvari bolje i lakše povezivale u jedan spojeni ekosustav. Kod virtualnih entiteta uvodi se virtualan duplikat fizičkog objekta te se Internet stvari uvećavaju dodatnim funkcionalnostima implementiranim od strane oblaka. Na primjer, u opis funkcionalnosti se uvode bilješke, prošli generirani podaci, koji se mogu pohraniti i dohvatiti prema potrebama. Kod objektnih usluga nova funkcionalnost je da se one mogu kombinirati s drugim uslugama koje dolaze s Interneta na višim slojevima, tako da se na nižim mogu graditi različite aplikacije.

Kao u tradicionalnim multimedijским mrežama tako su i u multimedijским aplikacijama, zahtijevani strogi zahtjevi za kvalitetom usluge, da bi se zadovoljilo korisničko iskustvo. Multimedijske aplikacije mogu se podijeliti na aplikacije koje reproduciraju pohranjeni sadržaj (video, audio i sl.), aplikacije koje reproduciraju sadržaj uživo te aplikacije koje ostvaruju interaktivna multimedijšku komunikaciju u stvarnom vremenu. Postoje aplikacije koje mogu podnijeti kašnjenje te aplikacije koje zahtijevaju komunikaciju osjetljivu na kašnjenje. Međutim, današnji TCP / IP Internet pruža uslugu „najboljeg napora“, bez obzira na vrstu sadržaja koji se priopćava, pa se s toga pomoću tehnika koje su na razini aplikacije, pruža vrlo dobra podrška kvaliteti usluge. Sustavi Internet stvari obično koriste nisku razinu propusnosti jer

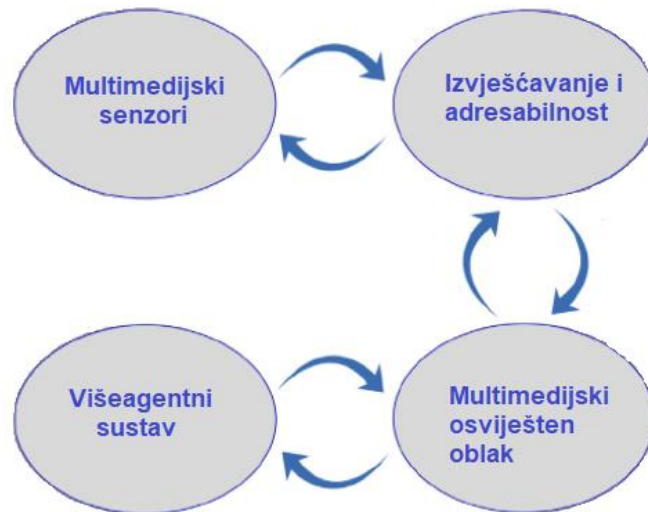
dobivaju skalarne podatke od uređaja o nadgledanom okruženju ili primaju male pakete naredbi. Danas su dostupni multimedijски uređaji malih snaga koji mogu generirati podatke od nekoliko kbps do nekoliko mbps tako da se oni mogu implementirati i prilagoditi u ponuđenoj širini pojasa, koja se koristi kod običnih sustava Internet stvari. Multimedijски podaci pružaju vrlo sveobuhvatne informacije, koje se vrlo korisno mogu shvatiti i upotrijebiti. Očekuje se da će multimedija u Internet stvarima imati potencijal za veliki broj različitih primjena i bit će važan dio Internet stvari.

U tradicionalnim bežičnim multimedijским mrežama uređaji mogu samo prikupljati podatke iz svoje okoline i slati korisniku ili pohranjivati u oblaku za obradu i preuzimanje na zahtjev. Multimedijски uređaji u ovim mrežama mogu komunicirati samo s drugim homogenim uređajima koji imaju slične zadatke i karakteristike. Suprotno tome, vizija primjene multimedije u Internet stvarima je da se pomoću jedinstvene IP adrese omogući globalan pristup multimedijским uređajima kao što su to kamere ili mikrofoni. Također, potrebno je u multimedijske uređaje ugraditi brojne računalne mogućnosti kako bi ih se učinilo dovoljno pametnima da uoče zahtjeve usluga i sustava, i da sami pokreću radnje. Heterogeni multimedijски uređajima koji prikupljaju multimedijски sadržaj iz fizičkog okruženja (kao što je video, audio, slike itd.), mogu komunicirati međusobno i s drugim pametnim 'stvarima' povezanim putem globalnog mrežnog oblaka tj. Interneta. Multimedijским podacima iz različitih pametnih stvari koje pokazuju heterogene funkcionalnosti i različite resurse treba dati standardizirani prikaz kako bi se logički komponirali i kombinirali u kontekstualne usluge za krajnje korisnike. Realizacija multimedije u Internet stvarima za neke velike sustave treba biti postupna jer može zahtijevati nadogradnju kako u hardverskom dizajnu, tako i u softverskim rješenjima. Multimedija u Internet stvarima može biti vrlo korisna u područjima automatizacija kuća i zgrada, pametnih gradova, praćenja tvornica i proizvodnje, prijevoza, i brojnim drugim pametnim mrežnim sustavima. *„Iz gornje rasprave možemo definirati IoMT kao globalnu mrežu međusobno povezanih multimedijških stvari koje su jedinstveno prepoznatljive i adresiraju se radi prikupljanja osjetnih multimedijških podataka ili pokretanja radnji, kao i sposobnosti za interakciju i komunikaciju s drugim multimedijским i ne multimedijским uređajima i uslugama , sa ili bez izravne ljudske intervencije.“ Alvi et al. (5.2015.): 6 [27].*

Visoko dinamične i velike mreže koje uključuju heterogene multimedijske uređaje i ne-multimedijske uređaje zahtijevaju novi dizajn arhitekture i komunikacije. Postoji arhitektura od četiri stupnja na kojoj se temelji rad usluga u multimedijским Internet stvarima. Na prvom stupnju se proučava rad senzora multimedijških uređaja i njihove karakteristike te metodologija o prikupljanju i kodiranju multimedijških podataka. Drugi stupanj, nakon prikupljanja podataka, uključuje prijavljivanje multimedijškog sadržaja u oblak pomoću učinkovitih tehnika adresiranja i komunikacije. U trećem stupnju se multimedijски sadržaj obrađuje, pohranjuje i distribuira

prema zahtjevu krajnjeg korisnika u oblaku. U zadnjem stupnju računski zadaci i zadaci obrade, mogu se izvoditi u oblaku u skladu sa zahtjevima aplikacije / usluge izraženim od višeagentnih sustava [27].

Na sljedećoj slici prikazano je kako izgleda arhitektura za ostvarivanje multimedijske komunikacije i usluga u Internet stvarima:



Slika 10 Arhitektura komunikacije multimedijjskih Internet stvari, uređeno prema: [https://www.researchgate.net/publication/276075985\\_Internet\\_of\\_Multimedia\\_Things\\_Vision\\_and\\_Challenges](https://www.researchgate.net/publication/276075985_Internet_of_Multimedia_Things_Vision_and_Challenges)

## 6.1. Senzori koji će proširiti korištenje Internet stvari u multimediji

Jedan od ključnih čimbenika za primjenu multimedije u Internet stvarima su senzori. Pomoću njih se mjere fizički ulazi koji se pretvaraju u sirove podatke te se oni pohranjuju za danju analizu. Jedan od glavnih čimbenika koji je omogućio sensorima integraciju u pametne uređaje je minijaturizacija. Ona je proširila kapacitet senzora u smislu ne samo da prikupljaju i analiziraju podatke nego da i imaju mogućnost pristupa i prijenosa informacija putem Interneta. Danas senzori mogu mjeriti gotovo sve od intenziteta svjetlosti, pokreta i položaja objekta, temperature, tlaka, sile i mnogo drugih. Također, senzore pronalazimo svugdje oko nas na mobilnim uređajima, nosivim pametnim uređajima, kućnim uređajima, sigurnosnim sustavima, električnim mrežama, cestama i brojnim drugim infrastrukturama. Zapravo, senzori se primjenjuju i nalaze u mnogim područjima kao što su to kućna automatizacija, maloprodaja, gradovi, okoliš, voda, e-zdravstvo, sigurnosne i hitne službe, logistika, industrijska kontrola i

poljoprivreda. Multimedijaska tehnologija u Internet stvarima koristi kategorije senzora kao što su senzori pokreta, inercijski senzori i senzori slike koji se koriste u videoigrama, animacijama, video slikama, 3-D-u, stabilizaciji kamera, sportu i mnogim drugim sadržajima.

Na sljedećoj slici prikazani su najznačajnije vrste senzori koji su bitni za razvoj multimedije u Internet stvarima.



Slika 11 Vrste senzora koji se najviše koriste u multimediji, uređeno prema: <https://pdf4pro.com/fullscreen/human-machine-interactions-that-unlock-possibilities-14261d.html>

Sada će radom biti opisani svaki senzor i za što se koristi.

1. Senzori za zvuk: identificiraju zvuk, prepoznaju glasovne naredbe i govor, lociraju i mjere mjesto odakle dolazi jeka, mogu otkriti prisutnost ili odsutnost nekog objekta te izmjeriti njegovu udaljenost. Koriste se kod sljedećih uređaja: mikrofoni, slušalice, zvučnici, audio sustavi, kamere, primopredajnici, hidrofoni, aplikacije za prepoznavanje otiska prsta, ultrazvučni pretvarači i senzori.
2. Senzori za otkrivanje topline i temperature: galvanski senzori za kožu, kamere, infracrveni senzori, nosive Internet stvari, sustavi pametnih vozila i kuća.
3. Senzori za otkrivanje kretanja i brzine: mogu prepoznati brzinu kretanja objekta, odrediti ubrzanje, reagirati na brzinu te osjetiti rotaciju i promjenu orijentacije objekta. Primjenjuju se u video i mobilnim igrama, kod 3D animacija likova, za praćenje

pokreta raznih 3D objekta, za stabiliziranje kamera, za pametne telefone, kod modernih gaming tipkovnica, u sportu i kineziologiji.

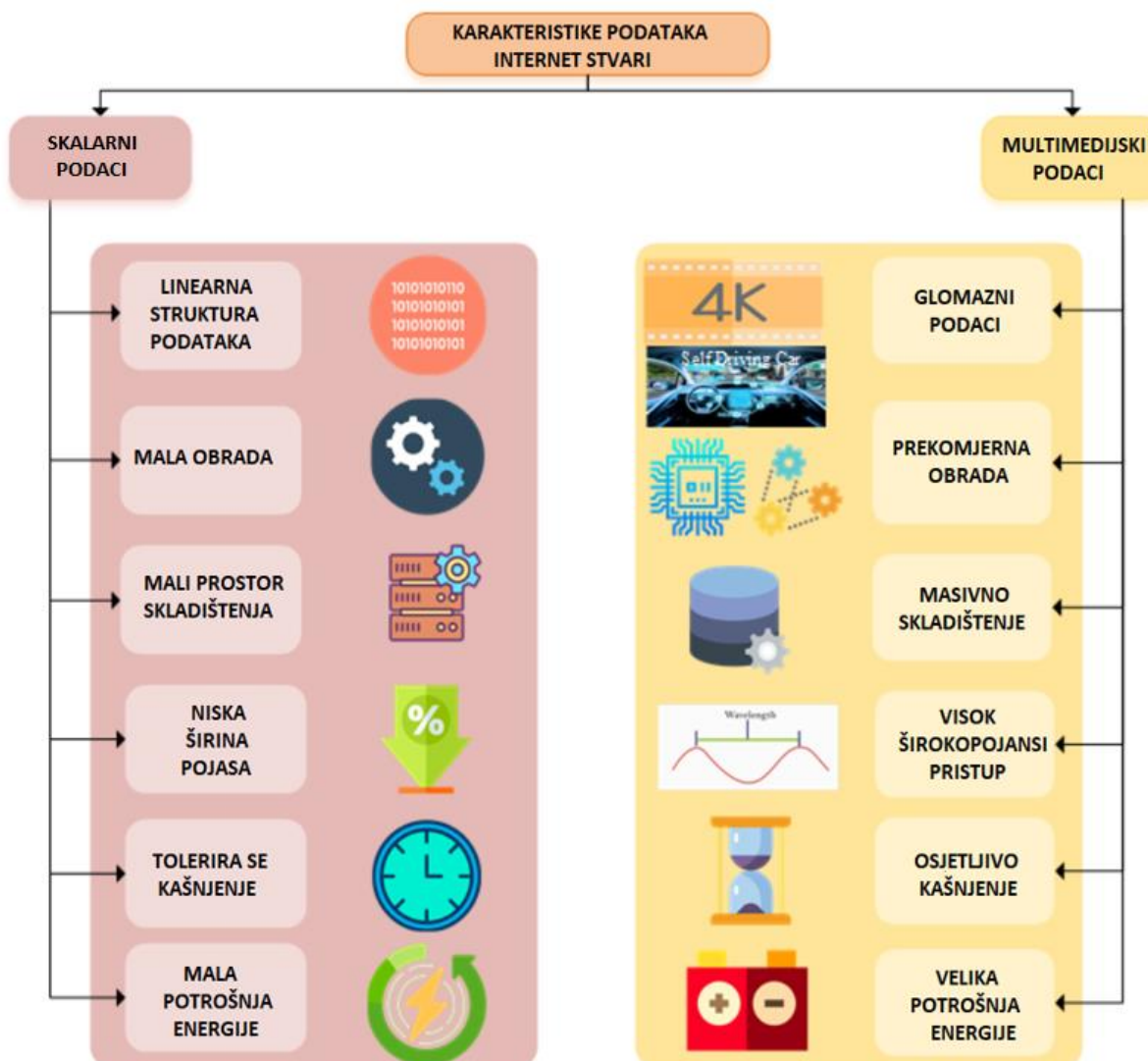
4. Senzori za optiku svjetlost i sliku: mogu mjeriti i dolaziti do različitih rezultata pomoću svjetlosti, mogu pretvoriti svjetlost u različite signale, mogu utvrditi je li neki predmet prisutan ili odsutan prema količini i intenzitetu svjetlosti. Primjenjuju se kod kamera, mobilnih uređaja, termalne slike, nosivih Internet stvari, videa i senzora slike za HD video podatke.
5. Senzori za pritisak i silu: mogu mjeriti težinu i silu pritiska, dodir. Koristi se za prepoznavanje aktivnosti i gesta, videoigre, kod virtualne stvarnosti, kamera, uređaja sa zaslonima na dodir, u sustavima sigurnosti i pametnih kuća.
6. Senzori za mjerenje magnetičnosti: mjere smjer i jakost magnetskog polja, a koriste se za igraće konzole, međusobno povezana vozila, u sustavima za praćenje i sigurnosnim sustavima.
7. Senzori za mjerenje protoka tekućine, plinova i kemikalija: mjere stopu protoka tekućina, plinova ili kemikalija, mogu nadgledati prisutnost štetnih kemijskih elemenata i opasnih plinova, kao što je razina zračenja, razina ugljičnog monoksida i sl. Primjenjuju se kod nosivih Internet stvari, kamera, pametnih telefona i kuća, povezanih vozila i raznih sigurnosnih sustava.
8. Senzori blizine, položaja i prisutnosti: detektiraju visinu i težinu, pružaju povratne informacije o položaju objekta, mjere UV indeks, brzinu otkucaja srca i puls, mogu beskontaktno otkriti prisutnost predmeta, kretanje 2D ili 3D objekta. Primjenjuju se kod nosivih Internet stvar, kamera, GPS-a, igračih konzola, pametnih telefona i vozila [11].

## 6.2. Veliki podaci i potreba za većim kapacitetima memorije

Multimedijski uređaji generiraju veliku količinu podataka s drugačijim karakteristikama i zahtjevima od običnih uređaja Internet stvari. Kako bi poboljšali svoje kapacitete i mogućnosti Internet stvari oslanjaju se na komunikacijsku mrežu i protokole usmjerenja. Kako bi se omogućila međusobna povezanost Internet stvari se oslanjaju na tehnološke napretke mreže kao što je 4G (uskoro sve više i 5G), inteligentne uređaje bazirane i omogućene za 4G, inteligenciju na temelju podataka u bežičnim mrežama, mrežu usmjerenu na informacijama, oslanjaju se na rješenja utemeljena na učenju za mreže sljedeće generacije, tehnike izbjegavanja zagušenja podataka i mnoga druga rješenja. Uređaji Internet stvari koji se koriste za multimediju razlikuju se od običnih uređaja Internet stvari. Oni zahtijevaju veću snagu

računala, veću memoriju, više energije i veću mrežnu propusnost. Jedna od glavne zadaće multimedijских Internet stvari je pravovremena i pouzdana isporuka podataka u stvarnom vremenu. Implementacija scenarija u stvarnom vremenu razlikuje se od prikupljana podataka uređaja industrijskih Internet stvari. Multimedija zahtjeva učinkovitu mrežnu infrastrukturu i strogu i visoku kvalitetu usluga. Njoj je bitno da osigura visoku kvalitetu iskustva s korisničke perspektive. Kvaliteta iskustva se može podijeliti na objektivnu i subjektivnu. Objektivnu kvalitetu iskustva je malo teže izmjeriti jer se ona razlikuje zavisno od korisnikovih potreba. Subjektivna kvaliteta ocjenjivanja također je bitna za pružatelje usluga kako bi dobili srednju ocjenu mišljenja (engl. network mean opinion score (MOS)). Srednja ocjena mišljenja se koristi u području procijene kvalitete iskustva i telekomunikacijskog inženjerstva, a predstavlja ukupnu kvalitetu nekog sustava. Multimedijски podaci se sve više i više povećavaju te samim time predstavljaju izazov za pohranu, prijenos, obradu i dijeljenje podataka. Kako bi se oni mogli obraditi, koriste se nove tehnologije kao što je računarstvo u oblaku, rub računalstvo i računanje u magli [35].

Na sljedećoj slici prikazane su ključne karakteristike podataka Internet stvari i i Internet stvari u multimediji.



Slika 12 Različite karakteristike podataka u multimedijским Internet stvarima, uređeno prema: <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/8/2334>

Mnoge Internet stvari ograničene su resursima kao što je procesorska snaga, potrošnja energije i pohrana memorije. Uređaji su također manji te dizajnirani tako da rade na baterije, solarnu energiju, imaju samo nekoliko kilobajta memorije te ograničenu procesorsku snagu u megahercima kako bi bili isplativiji i energetski učinkovitiji. Kao što vidimo na fotografiji, uređaji koji se koriste za multimediju zahtijevaju glomazne resurse memorije, veću propusnost i veću procesorsku snagu kako bi mogli obrađivati i analizirati multimedijske podatke. Aplikacije koje se koriste u Internet stvarima za multimediju uključuju komunikaciju od više točaka do točke (kao što je na primjer videonadzor pametnog grada) ili komunikaciju od više točaka do više točaka. Zbog osjetljivog kašnjenja, heterogenih podataka, dinamične mreže, veće propusnosti stvaraju se izazovi u razvijanju Internet stvari za multimediju. Neke od nestrukturiranih značajki su multimedijски podaci poput slika, videa i audio podaci. Kako bi se ti nestrukturirani i glomazni

podaci mogli prenositi putem propusne širine i slabe mreže potrebno je razviti učinkovitu i inteligentnu topologiju mreže. Kako bi se multimedijски podaci mogli lakše obrađivati potrebno je konstantno raditi reviziju i pojačanje tradicionalnog sustava Internet stvari [2].

### 6.3. Izvješćivanje i adresiranje

Multimedijски sadržaji koji se prikupljaju u sensorima šalju se na aplikacijski poslužitelj koji se obično nalazi na Internetu u oblaku. Prijenos multimedijskog sadržaja u usporedbi s podacima prikupljenim iz skalarnih izvora zahtjeva stroga pravila upravljanja prometom. Razlog tome je njihova propusnost i pouzdanost. Zahtjevi za kvalitetom usluge posebno su strogi u slučaju reprodukcije multimedijskog sadržaja u stvarnom vremenu koji je kontinuirane prirode i može tolerirati ili ne tolerirati kašnjenje, ovisno o primjeni. Iz tog razloga, neki od prethodno opisanih protokola dizajniranih za Internet stvari možda neće biti izvedivi za multimedijске Internet stvari. Internet stvari koriste skup protokola koji se upotrebljavaju na pametnim uređajima male snage, koji iz fizičkog okruženja prikupljaju, razmjenjuju i komuniciraju s manjim skalarnim podacima. S druge strane multimedijски podaci (pogotovo oni koji se reproduciraju u stvarnom vremenu) zahtijevaju veću propusnost, brzinu prijenosa, šalju veće podatkovne pakete, kako ne bi došlo do kašnjenja i prekidanja tijekom prijenosa. Protokol IEEE 802.15.4 ima malu veličinu prijenosa što može povećavati kašnjenje i prekidanje multimedijskih podataka. IEEE 802.11 ima veću podršku za brzinu prijenosa podataka te ga više koriste multimedijски uređaji namijenjeni za aplikacije video nadzora i praćenja. Iz tog razloga, dizajnirali su se uređaji vrlo male snage koji rade na IEEE 802.11 protokolu kao što su Qualcomm-ovi QCA-4002 i QCA-4004-Qualcomm te MICROCHIP-ov RN171. Veća brzina prijenosa podataka koju pruža IEEE 802.11 protokol može učinkovito smanjiti vrijeme prijema i prijenosa paketa što ujedno pruža i veću razmjenu bitova po manje utrošenoj energiji. Učinkovito iskorištavanje propusnosti u kombinaciji sa štedljivim upravljanjem sustava napajanja, može omogućiti da Wi-Fi male snage postane jedna od obećavajućih komunikacijskih tehnologija za multimedijске Internet stvari. Za multimedijску komunikaciju u stvarnom vremenu i multimedijски promet, UDP se smatra prikladnijim protokolom transportnog sloja. I ostali protokoli transportnog sloja dizajnirani na temelju UDP-a, mogu se koristiti za poboljšavanje multimedijске komunikacije, a jedan od primjera je UDP Lite. Također, Datagram Congestion Control Protocol (DCCP) je prikladan za multimedijске aplikacije s vremenskim ograničenjima. Izvođenje multimedijskih usluga u stvarnom vremenu olakšavaju i multimedijски protokoli za prijenos, protokol za prijenos u stvarnom vremenu (RTP) i protokol za kontrolu u stvarnom vremenu (RTCP). RTP pruža funkcionalnosti za aplikacije s



vremenskim ograničenjem, a RTCP pruža povratne informacije o kvaliteti isporuke multimedijskog sadržaja [27].

## 6.4. Korištenje računarstva u oblaku za multimedijske podatke

Već ranije je spomenuto računarstvo u oblaku kao temeljna tehnologija koju koriste Internet stvari. Multimedijски uređaji u sebi sadrže mnoge tehnologije za korištenje zvuka, videa i slika te se samim time povećavaju i programi za njihovu primjenu. Multimedijски podaci su velikog kapaciteta, a mnogi uređaji Internet stvari malih veličina i ograničene memorije. S toga, da bi se ti podaci mogli obrađivati, potrebne su dodatne računalne usluge. Računarstvo u oblaku jedno je od rješenja za velike i vremenski osjetljive multimedijske podatke. Pomoću njega podaci se obrađuju na centraliziran način umjesto lokalno. Tako se povećava očuvanje energije i životni vijek mreže multimedijskih Internet stvari. *Nacionalni institut za standarde i tehnologiju (NIST) definirao je računarstvo u oblaku kao: " Računarstvo u oblaku je model koji omogućava prikladan mrežni pristup na zahtjev zajedničkom bazenu konfigurabilnih računalnih izvora (npr. Mreže, poslužitelji, pohrana, aplikacije i usluge) koje se mogu brzo osigurati i objaviti uz minimalan napor upravljanja ili interakciju davatelja usluga. " Nauman et al. (15.1.2020.), 23 [2].*

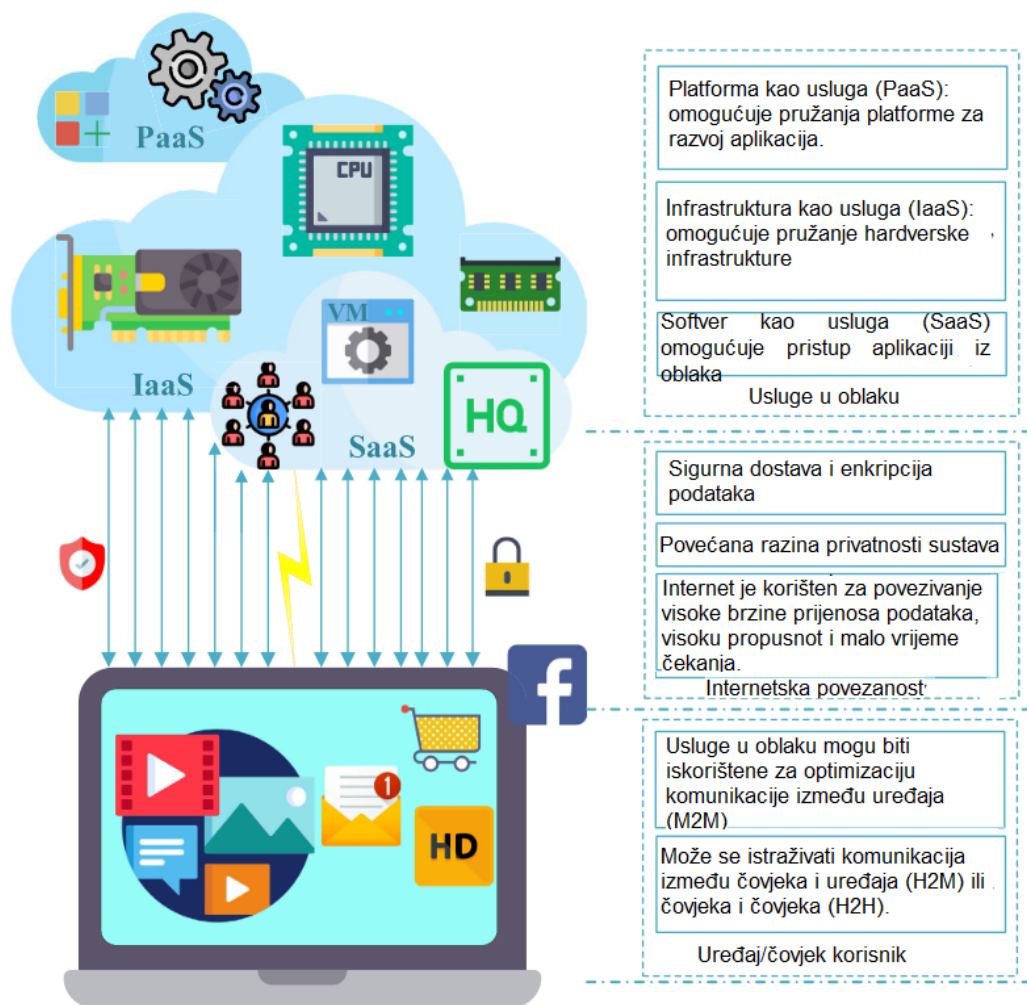
„Multimedijски osviješten oblak“ namijenjen je kao usluga koja pruža ogromnu pohranu podataka i snažnu distribuiranu obradu za krajnjeg korisnika. Multimedijски oblak može se shvatiti kao i superračunalo koje pruža sveprisutan pristup ogromnoj količini multimedijskog sadržaja prikupljenog iz senzorskih mreža. Osim za pohranu, širenje, obradu multimedijskog sadržaja, multimedijски oblak mora sadržavati heterogenost na različitim razinama, uključujući mreže, uređaje, aplikacije i usluge. Multimedijски oblak također mora i prilagoditi kvalitetu usluge u skladu s aplikacijom/uslugom (u smislu propusnosti i kašnjenja) tijekom izvođenja zadataka pohrane, dijeljenja, pronalaženja i isporuke za veliki broj heterogenih uređaja korištenih od strane krajnjih korisnika. Potencijalno rješenje za rješavanje problema heterogenosti je multimedijски osviještena međuoprema (engl. multimedia-aware middleware) koja podržava različite multimedijске mreže. Kombinacija „pametnih stvari“ i „oblaka“ pruža i omogućuje mnoštvo usluga, kao što su: pristup podacima prikupljenim od strane udaljenih senzora, pristup video analizama i prikazivanju snimljenog video sadržaja u oblaku, automatsko upravljanje sustavima iz oblaka, te nadzor nad sustavima za upravljanje identitetom i politikama [27].

Računarstvo u oblaku sastoji se od još mnoštva elemenata koji olakšavaju rad Internet stvarima, a neki od njih su:

- 1) *Samoposluga na zahtjev: korisnik s hitnim zahtjevima za CPU-a, pohranu, softver može koristiti resurse bez ljudske intervencije.*
- 2) *Široki mrežni pristup: resursi potrebni korisniku za računanje dostupni su preko Interneta za heterogene platforme.*
- 3) *Udruživanje resursa: slični resursi organizirani su u bazenima koji koriste virtualizaciju kako bi služili više korisnika.*
- 4) *Brza elastičnost: potrošačevi zahtjevi za resursima razlikuju se ovisno o stanju mreže i primjeni, bez obzira na to što ima bilo kakvo znanje o kapacitetu računanja u oblaku. Stoga su poslužitelji u oblaku fleksibilni za obraćanje svakom korisniku.*
- 5) *Mjerene usluge: Cloud poslužitelj nadzire upotrebu resursa svakog korisnika putem mogućnosti mjerenja Nauman et al. (15.1.2020.),23:24 [2].*

Također, uz gore navedene elemente razvijene su i usluge koje se koriste u oblaku. Prva takva usluga je „softver u oblaku kao usluga“ (engl. Software as a Service (SaaS)) koja omogućuje pristup aplikaciji iz oblaka. Postoji još „platforma kao usluga“ (engl. Platform as a Service (PaaS)) koja omogućuje uslugu pružanja platforme za razvoj aplikacija. Na kraju još imamo „infrastrukturu kao uslugu“ (engl. Infrastructure as a Service (IaaS)) koja omogućuje pružanje hardverske infrastrukture za obradu poslužitelja i mreža kao usluge, pohranu i sl. Navedene usluge mogu se podijeliti na četiri modela kao što je hibridni oblak, javni oblak, oblak zajednice i privatni oblak.

Na sljedećoj slici prikazane su usluge računarstva u oblaku za multimedijske Internet stvari. Vidimo da su usluge u oblaku kategorizirane kao platforma kao usluga (PaaS), infrastruktura kao usluga (IaaS) i softver kao usluga (SaaS). Pomoću ovih usluga može se proučavati i komunikacija između uređaja (engl. machine to machine M2M) te komunikacija između čovjeka i uređaja (engl. human to machine H2M). Računarstvo u oblaku također zahtjeva i visoku razinu sigurnosti veze koja se ostvaruje između oblaka i uređaja [2].



Slika 13 Usluge računarstva u oblaku za multimedijske Internet stvari, uređeno prema: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8950450>

## 6.4. Računarstvo u magli i na rubu

Računarstvo u oblaku već duže vrijeme pruža kvalitetna alternativna rješenja za poduzeća i podatkovne centre. Ono se odvija u centraliziranoj infrastrukturi koja se nalazi daleko od Internet stvar i korisnika. Kod računarstva u oblaku pojavljuje se problem visokih troškova zbog prijenosa agregiranih podataka sa senzora na centralizirani oblak, gdje se analizirani podaci nazad šalju preko propusne širine zbog čega može doći do kašnjenja te se crpi energija mreže. Za mrežu multimedijskih Internet stvari potreban je model koji može obrađivati raznolike i volumenom velike podatke uz minimalno kašnjenje, u velikim brzinama, biti pouzdan i globalno siguran, čuvati propusnost te izabrati najbolju procesorsku jedinicu u

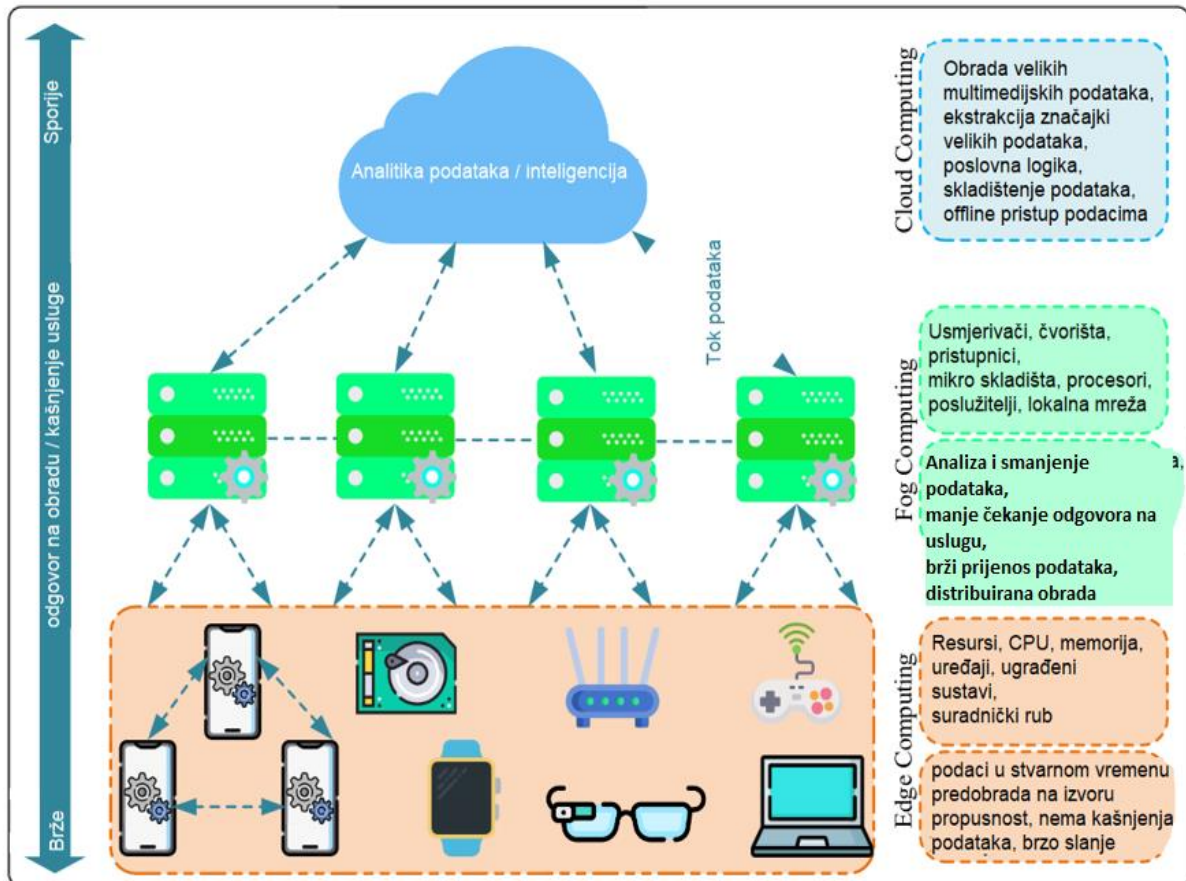
najkraćem vremenu. Iz tog razloga za multimedijske Internet stvari sve se više koristi računanje u magli ili engl. *Fog Computing*. Cisco.com (Autor Dan D.) izjavio je da " *Magla približuje oblak bliže stvarima koje proizvode i djeluju na IoT podatke.*" Nauman et al. (15.1.2020.),24 [2].

*„Slično kao u Cloudu, Fog pruža krajnjim korisnicima podatke, računanje, pohranu i primjenu. Izrazite karakteristike magle su blizina krajnjih korisnika, gusta geografska distribucija i podrška mobilnosti.“* Apcaglobal.com (2019.) [3]. Računanje u magli je zapravo virtualna platforma koja omogućava pohranu, računanje i uređaje za usmjeravanje između korisničke opreme (UE) i tradicionalnog oblaka, smještenog na rubu mreže, smanjujući time vrijeme potrebno za odaziv sustava. Kod arhitekture hibridnog računarstva magla-oblak multimedijski podaci koji su kritički osjetljivi na vrijeme i koji se izvode u stvarnom vremenu obrađuju se na čvoru za maglu, a podaci koji mogu podnijeti manje kašnjenje, obrađuju se i pohranjuju na čvor magle mrežnog prolaza za nekoliko sati. U oblak se šalju podaci koji nisu osjetljivi na kašnjenje, gdje se obrađuju, pohranjuju te im se omogućava izvanmrežni pristup [3].

Zbog svoje široke geografske rasprostranjenosti računarstvo u magli se može koristiti za multimediju u stvarnom vremenu jer je dobro postavljeno za velike podatke koji se obrađuju u stvarnom vremenu i analitiku u stvarnom vremenu. Također, podržava i gusto raspoređene točke prikupljanja podataka što pogoduje analitici glomaznih podataka ili Big data. Magla pruža i brojne pogodnosti za usluge kao što su zabava, IT, oglašavanje i sl. *„Cisco je posebno zainteresiran za prijedloge koji su usredotočeni na scenarije za računanje magle povezane s Internetom svega (IoE), senzorskim mrežama, analitikom podataka i ostalim podatkovno intenzivnim uslugama kako bi pokazao prednosti takve nove paradigme, procijeniti kompromise u eksperimentalnim i proizvodnim razmještajima i riješiti potencijalne istraživačke probleme za te razmještaje.“* Apcaglobal.com (2019.) [3]

Kod fog computinga usluge su smještene na mrežnom rubu ili krajnjim uređajima, poput prijemnika ili pristupnih točaka. Kod multimedijskih Internet stvari sve više se koristi i pojam Edge computing ili rubno računarstvo. Edge computing je mrežna obrada i resursi koji se odvijaju između izvora podataka i jedinice u oblaku. Tako je na primjer, pametni telefon rub između oblaka i korisnika. Kod rubnog računarstva jedinice za obradu nalaze se u blizini proizvođača podataka te se time povećava energetska učinkovitost, optimizira raspodjela širine mrežnog pojasa, te ubrzava vrijeme odgovora. Računarstvo u magli isto se naziva i rubnim računanjem međutim, postoji razlika u mjestu na kojem su postavljene računalne jedinice. Računanje magle koristi se u Local AreaNetwork (LAN) ili mrežnim prolazima, pri čemu je računalno ugrađeno u krajnji ili rubni uređaj. Računarstvo u magli objašnjava se kao protokol za implementaciju rubnog računanja, dok se rubno računarstvo opisuje kao koncept. Na sljedećoj slici vizualno je prikazana veza između računarstva u oblaku, magli i na rubu te

za što se koje koristi. Vidimo da se na rubnom računarstvu i u magli pomoću uređaja smanjuje kašnjenje i mrežni troškovi koji se pojavljuju zbog velikih multimedijских podataka na čvorovima. Uređaji koji se koriste u ovom tipu računarstva mogu biti pametni telefoni, pristupnici, mrežna čvorišta, usmjerivači i poslužitelji [2].



Slika 14 Magla / rubno računanje u multimedijским Internet stvarima uređeno prema:  
<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8950450>

## 6.5. Mreže definirane softverom

Za upravljanje mrežom Internet stvari najčešće se koriste uređaji kao što su ruteri, ugrađeni uređaji i switch. S vremenom u mreži se odvijaju dinamičke promjene s kojima se ti uređaji ne mogu ponovno konfigurirati da bi podržali izvršavanje više zadataka u stvarnom vremenu. Danas postoji milijardu povezanih uređaja koji šalju velike količine podataka u oblak na obradu i analizu. Velike količine podataka mogu opteretiti mrežu, uzrokovati kašnjenje i usporiti ju. Zbog toga, počela se koristiti prethodno objašnjena obrada podataka bliže rubu mreže kako bi ona postigla visoku brzinu prijenosa i obrade podataka i malo kašnjenje.

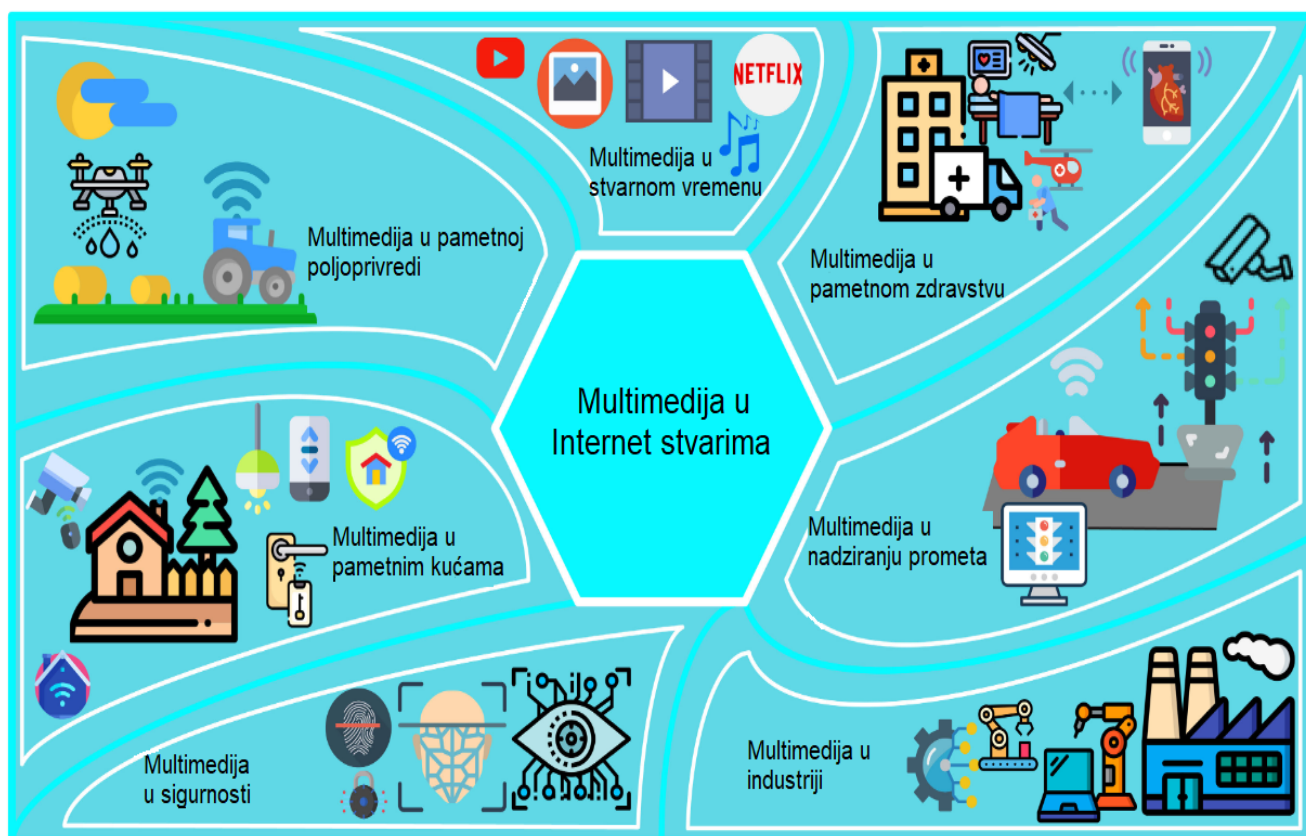
Međutim, računarstvo na rubu može ponekad izazvati veliku potrošnju energije. Kako bi se navedeni problemi riješili potrebno je uvesti fleksibilnu, rekonfigurabilnu arhitekturu multimedijских Internet stvari, kako bi se upravljalo podacima i protokom multimedijского prometa, zbog boljih performansi te optimizirala potrošnja energije. Jedna od takvih mrežnih tehnologija koja bi udovoljila dinamičkim promjenama u mreži je novija tehnologija SND engl. Software Defined Networking. SND nudi fleksibilnu, interoperabilnu, rekonfigurabilnu mrežnu arhitekturu s glavnim ciljem da odvoji upravljačku ravninu od podatkovne ravnine radi racionalizacije mreže. Broj povezanih objekata Internet stvari iznosi milijarde, a upravljanje s njima složen je zadatak velike distribuirane mreže. SDN pruža fleksibilnost i mogućnost programiranja u mreži Internet stvar bez narušavanja temeljne arhitekture postojećih implementacija. Zbog toga SND se sve više koristi u sklopu s multimedijским Internet stvarima [2].

## 6.6. Višeagentni sustavi

Pomoću oblaka mogu se izvoditi razne funkcionalnosti s multimedijским podacima kao što je pružanje usluga, rudarenje podataka i analitika, dijeljenje i isporuka sadržaja te prikazivanje i pronalaženje sadržaja. Istraživači su nedavno predložili računarstvo u oblaku temeljeno na agentima kako bi najbolje iskoristili, mapirali, kombinirali, zakazali i koordinirali različite resurse koje pruža oblak. Agente predstavljaju atomni softveri/računalni programi koji rade neovisno te ujedno ispunjavaju dizajnirana pravila kako bi postigli neki zajednički cilj. U sustavu s više agenata, nalazimo broj neovisnih, suradničkih i komunikacijskih agenata koji se organiziraju, optimiziraju i konfiguriraju uz pomoć međusobne interakcije, pregovaranja i suradnje te odgovaraju na neki događaj prema zahtjevima korisnika. Prema tome, višeagentni sustavi su prikladne softverske komponente, koje omogućuju neovisno rukovanje funkcionalnostima oblaka. Ovisno o raspoloživim resursima i trenutnim obvezama usluge, višeagentni sustav može donositi odluke prema odgovarajućem skupu zahtjeva korisnika. Sustavi s više agenata mogu sastaviti usluge na zahtjev (gdje korisnik mora pružiti detalje o funkcionalnosti usluge i karakteristikama korisničkog uređaja), a više ponuđenih usluga može se kombinirati u jedinstvenu virtualnu uslugu za korisnika. Višeagentni sustavi su sastavni dio multimedije u oblaku. Sustavi s više agenata trebaju se implementirati u multimedijske Internet stvari, kako bi se omogućile sljedeće funkcionalnosti: sastavljanje usluge, rudarenje i analitika podataka, dijeljenje i isporuka sadržaja [27].

## 7. Područja primjene multimedijских Internet stvari

Danas se pametni multimedijски uređaji kao i ostala oprema, sve brže razvijaju te većina uređaja ima opremu za pristup Internetu i interakciju s drugim uređajima. Također, uređaji su i sve samostaljniji te mogu obavljati zadatke bez potrebe za ljudskom intervencijom, što vodi prema novim ogromnim prednostima za poboljšanje funkcionalnosti čovječanstva u svakodnevnom životu. Multimedijски podaci su velikih kapaciteta te su oni ogromni izvori i pružatelji informacija. Prikupljeni podaci mogu se filtrirati te im se može pristupiti putem različitih agregacija podataka, analitičkih i ekstrakcijskih alata. Lakši pristup podacima ujedno omogućava lakše otkrivanje i upravljanje s brojnim značajkama kao što su detekcija pokreta, prepoznavanje lica, skeniranje mrežnice oka za autorizaciju, identifikacija registracijskih pločica, indikacija pospanosti vozača, otkrivanje gužve i prepreka na putu i sl. Zbog sveprisutnog prijenosa podataka i analitika multimedijских sadržaja temeljenih na oblaku te Heterogene mreže multimedijских uređaja, otvara se put njihove sve veće i šire primjene u pametnim gradovima, kućama, industrijama, poljoprivredi i brojnim drugim granama. U ovom poglavlju navedeno je gdje se sve i na koji način multimedijске Internet stvari mogu primjenjivati. Na sljedećoj slici prikazana je vizija integriranja multimedijских aplikacija svake domene u Internet stvarima. Internet stvari pogoduju razvoju pametnog grada i preobrazbe ljudskih života, a multimedija Internet stvari pomaže u poboljšanju i razvoju sustava poljoprivrede, zdravstva, sigurnosti, industrijskih procesa, sustava upravljanja prometom i mnogih drugih.



Slika 15 Multimedija u Internet stvarima, uređeno prema:  
<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8950450&fbclid=IwAR1JLlwtUuYdl0DXKeRNB9ellzL-Qb0fURZKCwpCicT-OkibXM4J9UIL-0>

## 7.1. Sustavi upravljanja cestama

Jedna od glavnih funkcija pametnog grada je sustav praćenja i kontrole prometa. Da bi se promet lakše nadgledao primjenjivala su se različita rješenja temeljena na infracrvenim detektorima, magnetskim omčama i mikrovalnim radarima. Međutim, ona su znala imati visoke troškove održavanja, otežanu instalaciju te nisu bila precizna. Kako bi se poboljšao sustav upravljanja cestama potrebno je koristiti tehnike temeljene na multimedijским Internet stvarima. Osim bolje isplativosti i učinkovitosti, pomoću njih lakše je i otkriti i identificirati količinu prometa i predviđanje razloga zastoja u prometu. Zbog toga razvila se arhitektura multimedijских Internet stvari za pametno praćenje prometa zasnovana na računalnoj tehnologiji i ontologiji. Kod okvira temeljenog na ontologiji za pametno praćenje prometa, dobivene značajke zajedno s ručno označenim podacima o prometu prevode se u informacije više razine pomoću semantičkih web tehnologija, pružajući tako zajedničku platformu za razmjenu informacija. U ovom slučaju tehnike multimedije se primjenjuju u pametnim nadzornim kamerama te se ovom arhitekturom omogućuje odvajanje broja vozila prisutnih na cesti u stvarnom vremenu koji se kreću od broja vozila koji stoje na mjestu. Gustoća stacionarnog prometa koji zauzima cestu



uspoređuje se s pragom vrijednosti. Multimedijaska mrežna ontologija koristi podatke dinamičke Bayesove mreže (DBN) koji variraju u vremenu i predviđa uzrok zagušenja prometa. Tako se mogu poslati automatska upozorenja kako bi se izbjeglo nastajanje danjih gužva u prometu. U gradove se sve više uvodi model pametnog grada, koji ima inteligentni sustav za nadzor i usmjeravanje prometa. Model uključuje multimedijske podatke za provjeru autentičnosti, autorizaciju, registraciju, identifikaciju u najkraćem mogućem vremenu. Pomoću pametnih kamera i tehnologije u autima nadzire se protok prometa te se olakšava pronalaženje najkraćeg puta na temelju vremena ili udaljenosti. Multimedijske Internet stvari također se koriste i u mehanizmima za kontrolu ulične rasvjete. Ulična rasvjeta na sebi ima solarne ploče koje koristi kao izvor osvjetljavanja, a kao rezervu povezane su na struju. Pametne kamere i senzori koriste se za kontrolu jačine svjetlosti kada na ulici nema vozila. Pomoću multimedijских Internet stvari i podataka lakše se nadziru zabranjene zone te se lakše utvrđuje ako se napravi prometni prekršaj ili ulazak u zabranjeno područje grada. Za bolje nadziranje prometa i upravljanje semaforima počelo se koristiti sustav Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) u sklopu s tehnikama obrade slike koje koriste multimedijske Internet stvari. Slike prikupljene s kamera dobivaju se i analiziraju na poslužitelju u oblaku temeljenom na aplikaciji za Internet stvari Think Speak [2]. *"Think Speak je open-source aplikacija Interneta stvari i API-ja za pohranu i preuzimanje podataka iz stvari pomoću HTTP i MQTT protokola putem Interneta ili preko lokalne mreže."* Wikipedia (19.3.2020.) [33] Pomoću analiza tih slika poduzimaju se potrebne akcije u prometu [2].

## 7.2. Sigurnosni sustavi

U današnjem svijetu imamo sve više uređaja Internet stvari koji prikupljaju naše osobne, ali i za javnost bitne podatke. Postoje osjetljivi podaci koje je potrebno kvalitetno i dobro zaštititi kako ne bi došlo do njihove zlouporabe. Provjera autentičnosti putem lozinka sve više zastaruje te se javljaju novi sigurnosni i nadzorni sustavi koji se temelje na multimedijским podacima i Internet stvarima. Neki od takvih sustava su sustavi skeniranja mrežnice oka, biometrijskog skeniranje otiska prsta, prepoznavanja glasa i brojni pametni sustavi video nadzora. Počinje se sve više spominjati i pojam Interneta biometrijskih stvari i multimedijских uređaja. Pomoću pametnih uređaja kao što su optički senzori, termalna tehnologiji, ultrazvučne i digitalne kamere prikupljaju se otisci prstiju. Povjerljive informacije industrijskih pogona, podijeljene pomoću Internet stvari na otvorenim kanalima putem Interneta, čine se ranjive na prisluškivanje. Zbog toga se provjera identiteta korisnika i podaci o biometriji sve više čuvaju na bazi u oblaku. Također, sve više se koristi i dvojna provjera autentičnosti

lozinkom i otiskom prsta. Osim biometrijske autentifikacije otiska prsta se sve više koristi i glasovna autentifikacija. Osim za autorizaciju glas se u multimedijским Internet stvarima i u aplikacijama može koristiti za prepoznavanje govora, za analize, konferencije, emitiranja, u hitnim službama i obavijestima i za audio upute. Također, da bi se poboljšala razina sigurnosti koriste se i multimedijске tehnologije koje omogućuju detaljno skeniranje mrežnice i prepoznavanja šarenice oka. Ovaj sustav počeo se koristiti i za autentifikaciju korisnika u novijim Apple-ovim i Android uređajima. Za skeniranje i biometriju oka potrebno je snimiti kvalitetnu sliku prema intenzitetu osvjetljenja, jasnoći i kvaliteti te cjelovitosti. Kako se i u sustavima upravljanja prometom koriste pametni sustavi videonadzora, tako se oni koriste i za osiguravanje javne sigurnosti, otkrivanje kriminala, u sustavima kućne sigurnosti, industrijskom nadzoru i u brojne druge sigurnosne svrhe. Tradicionalni nadzorni sustavi su većinom nepomični jer rade u sklopu sa stolnim računalima te se kako bi bili fleksibilniji oni sve više povezuju s Internet stvarima. U ostvarivanju ovog cilja uvelike pomaže multimedijска tehnologija u Internet stvarima. Sve bolje se razvijaju i koriste nadzorni sustavi stambenih objekata. U literaturi je opisana aplikacija koja radi u skladu s Raspberry Pi računalom i Pi kamerom, PIR senzorom i ultrazvučnim senzorom za upozorenje vlasniku kuće u slučaju uljeza. PIR ili „*pasivni infracrveni senzor je elektronički senzor koji mjeri infracrveno svjetlo koje zrači iz objekata u njegovom vidnom polju.*“ Wikipedia (25.4.2021.) [32]. Tako PIR senzor može otkriti sumnjivo kretanje, a Pi kamera snimku tog kretanja sprema na memorijsku karticu. Raspberry Pi računalo šalje poruku upozorenja vlasniku, a sama aplikacija je dizajnirana i implementirana da radi na temelju protokola u stvarnom vremenu kako bi brže upozorila na potencijalnu opasnost. Osim navedenog sustava koriste se i brojni drugi pametni video sustavi u kombinacijama s ontologijama te su zasnovani na tehnikama analize slike za dohvrat vizualnih podataka temeljenih na sadržaju. Moguća je detekcija lica i spolna klasifikacija. Oni se najviše koriste za provjeravanje sigurnosti putnika u javnom prijevozu i na ostalim javnim površinama. Nadzorni sustavi su sve napredniji pa se tako razvio i sustav video kamera koje koriste Eulerovu tehniku za praćenje i otkrivanje kretanja dojenčadi tijekom disanja. U slučaju poteškoća u disanju putem komunikacijske platforme zasnovane na oblaku Twilio šalje se poruka upozorenja roditeljima [2].

Multimedijски nadzorni sustavi uvelike povećavaju sigurnost građana te su toliko napredni da mogu otkriti bezbroj radnji i događaja. Multimedijски sustavi video nadzora tako mogu u slučaju pucnjave na javnim površinama pomoću analize zvuka utvrditi da se radi o pucnjavi te otkriti da ljudima prijete opasnost. Također, mogu i poslati upozorenje u bolnicu ili policiji. Liječnici mogu imati uvid u događaj u stvarnom vremenu te tako mogu brže i kvalitetnije reagirati. Pametni uređaji mogu prepoznati kretanje napadača u gomili te jedna kamera može upozoriti ostale kamere na njegovom putu. Pametni uređaji također mogu prenijeti i podatke o licu u

bazu podataka identiteta, mogu pretraživati policijske i medicinske baze podataka te tako provjeriti identifikaciju, prošlu evidenciju o kažnjavanju i povijest bolesti [27].

Ovo su samo neki od primjera na koji način multimedijske Internet stvari poboljšavaju i osiguravaju dodatnu sigurnost građana u pametnim gradovima. Vidimo da su vrlo korisne te da ih je poželjno što više primjenjivati.

### **7.3. Pametna industrija**

Pomoću Internet stvari olakšava se proizvodnja proizvoda i optimizira industrijski proces. Primjena karakteristika multimedijskih Internet stvari u pametnoj industriji uvelike poboljšava ishod industrijskih procesa. Jedan takav primjer primjene multimedijskih Internet stvari opisan je u primjeru industrijske proizvodnje čelika. Proizvodnja proizvoda od čelika provodi se u gotovo svakoj zemlji. Napredak u tehnologiji omogućuje modernizaciju industrijske proizvodnje. Proizvodnja čelika vrši se na visokim temperaturama te je potrebno kontrolirati proizvode koji se kreću po proizvodnoj traci, kako bi se vidjelo jesu li dobro oblikovani te je li sve u redu s njihovom kvalitetom. Multimedijske Internet stvari mogu se iskoristiti tako da prepoznaju jesu li čelični proizvodi pravilno napravljeni. Za to se koristi 3D skeniranje proizvoda na traci. Online slike se snimaju nakon što se proizvod proizvede, a skeniranje se izvodi pomoću kamere kontinuiranim stvaranjem više slika. Koristi se i zeleni linijski laseri za izvlačenje podataka o dubini čeličnih gredica kako bi se objekt pregledao iz različitih kutova. Čelični oblici se izdvajaju pomoću Local Binary Pattern (LBP) i pohranjuju u bazu podataka s identifikacijskim kodovima. Local Binary Pattern (LBP) ili lokalni binarni obrasci su jedna od vrsta vizualnog deskriptora koji se koristi za razvrstavanje u računalnom vidu. 3D skeniranje može se koristiti i u drugim industrijama koje se bave proizvodnjom proizvoda na traci. Tako se na vrijeme i lakše može otkriti o nepravilnostima u procesu proizvodnje i poboljšati kvaliteta proizvoda. Multimedijske Internet stvari koriste se i u industrijskim sustavima praćenja stanja. On može otkriti neispravne strojeve te tako smanjiti operativne troškove, te spriječiti prekid proizvodnje u naftnoj i plinskoj industriji. Videozapisi i slike iz zraka mogu analizirati boju plamena koji se stvara kod izgaranja zraka i goriva te se lakše optimizira njihov omjer. To se može primjenjivati kod termoelektrana i plinskih turbina koji su najveća imovina države [2].

## 7.4. Pametna poljoprivreda

Važan industrijski sektor čini i poljoprivreda. Multimedija u Internet stvarima radi revoluciju u poljoprivrednom sektoru te se pomoću nje može povećati njegova produktivnost. Pomoću sustava bežičnih kamera omogućuje se automatsko navodnjavanje i praćenje zdravlja usjeva. U nekim sustavima za komunikaciju i upravljanje podacima senzora koristi se ZigBee male snage. Koriste se i algoritmi za otkrivanje bolesti, određivanje boje usjeva i otkrivanje štetnika. Za velike poljoprivredne površine koriste se i dronovi koji nadgledaju usjeve te šalju poljoprivrednicima podatke o njima u stvarnom vremenu [2].

## 7.5. Pametna medicina

Primjena multimedijских Internet stvari može poboljšati te pridonijeti vrijednom napretku u zdravstvu pogotovo za ruralna područja. Multimedijске Internet stvari donose brojne pogodnosti u medicini te tehnološka rješenja koja mogu pomoći pogotovo u nerazvijenim zemljama. Pomoću pametnih multimedijских uređaja omogućeno je praćenje pacijenata u stvarnom vremenu, ako oni žive udaljeni od medicinskih ustanova. Multimedijски podaci o zdravstvenom stanju pacijenta mogu se pohranjivati u oblak te liječnici mogu dobiti jednostavan i brz pristup povijesti bolesti udaljenog pacijenta. Pacijentima je također omogućen i lakši pristup liječnicima. Multimedijске kamere se nadopunjuju brojnim sensorima te omogućuju promatranje pacijenata na daljinu, njihove svakodnevne rutine, a mogu se poslati i podsjetnici za uzimanje lijekova i sl. Tako osobe s invaliditetom ili starije životne dobi lakše se drže pod nadzorom, a u slučaju poteškoća u njihovom zdravstvenom stanju lakše im je dati zdravstvene savijete. Multimedijски uređaji omogućuju i praćenje stanja pacijenata u bolnicama te liječnici mogu poduzeti unaprijed potrebne radnje u slučaju zdravstvenih poteškoća. Tako pacijenti s većim poteškoćama imaju veći prioritet te se lakše donose zdravstvene odluke o liječenju. Pojedini pametni uređaji mogu mjeriti razinu onečišćenja ili otkriti zarazne bolesti dohvaćanjem podataka iz određenog okoliša [27].

Osim za praćenja pacijenata na daljinu multimedijске Internet stvari mogu se koristiti i u robotskim ambulancama, za stvaranje rendgenskih slika za robotsku kirurgiju, biomedicinskim obukama za kirurge, te za otkrivanje očnih oboljenja preko pametnih telefona. Ovo primjene mogu se integrirati pomoću usluge u oblaku te biti dostupne za mrežni i izvanmrežni pristup. Jedna od inovacija koje se koriste za pomoć u kirurgiji su robotske ruke. One mogu biti temeljene na Raspberry Piu i upravljane pametnim telefonima. One u sebi imaju ugrađenu

mogućnost za povezivanje s WiFi-om, kamere i brojne senzore, a kirurške vještine i učinkovitost izravno utječu na zdravlje pacijenta [2].

## 7.6. Zabavna industrija

Industrija medija i zabave (engl .Media & Entertainment ili M&E) se razvija nevjerojatnom brzinom. Na to je utjecalo i brz razvoj tehnologije i veća dostupnost tehnoloških uređaja sve većem broju populacije. Jedna od tehnologa koja je uvelike pridonijela razvoju ove industrije su Internet stvari. Danas se javlja sve veći broj međusobno povezanih uređaja što rezultira rastom potrebe za Internet stvarima. Mnoge multimedijske kompanije mogu koristiti prikupljene podatke za personalizaciju sadržaja te kreiranje reklama, oglasa, prilagođavanja svojeg sadržaja i sl. Primjenu multimedijskih Internet stvari nalazimo i u gotovo svim područjima zabave kao što su to film, televizija, igre, sportska natjecanja... Istraživanja su pokazala da se Internet stvari koriste u medijskim i zabavnim organizacijama više nego na nekim drugim područjima. Zahvaljujući sensorima koji mogu mjeriti potrebe i interese korisnika lakše je razviti proizvode i prikazati sadržaje u industriji zabave i kulture. Analizom prikupljenih multimedijskih podataka potrošači dobivaju više ovlasti i kontrole nad sadržajima koji ih zanimaju, a kreatori imaju pristup moru informacija i više uvida u ono što publici treba. Pružatelji digitalnih sadržaja u kombinaciji s Internet stvarima koriste tehnologije i značajke uređaja kako bi pružili zanimljiva korisnička iskustva i unovčili sadržaje koji se prikazuju na mnoštvu novih uređaja i povezanih objekata. Internet stvari napravile su revoluciju u gaming industriji. One su omogućile mobilnost igranja videoigara u stvarnom svijetu te pretvorile videoigre u društvenu aktivnost pokazivajući skupine ljudi. Tako su se razvile i igre koje zahtijevaju aktivnosti na otvorenom te omogućuju tjelesnu aktivnost. U novijim videoigrama i gaming uređajima sve više se koristi multimedijska proširena stvarnost (AR) i virtualna stvarnost (VR). Njihova primjena u Internet stvarima otkrit će mnoge nove tehnologije i otvoriti nova vrata za čovječanstvo. Internet stvari pružaju medijima, velikim nakladnicima i izdavačima lakšu mogućnost da prelaze na digitalne poslovne modele što omogućava IT i mrežnoj infrastrukturi višekanalnu distribuciju i brži prijenos. Internet stvari omogućuju oglašivačima i medijskim kompanijama da shvate u kojim kontekstima su pojedini oglasi bili najuspješniji, koliko je puta korisnik stvarno vidio određeni oglas, koliko je pojedinac izložen istom sadržaju na više različitih platformi, kako je prikazivanje oglasa navelo korisnika na kupnju. Ovi podaci mogu poboljšati učinkovitosti oglasa. Internet stvari ovim putem mogu razumjeti i vidjeti što neka osoba gleda te dobiti nove načine mjerenja podataka čime mogu vidjeti kako, gdje, zašto i s kim potrošači gledaju određene sadržaje.

Internet stvari također mogu biti korisne medijima u provjeravanju autentičnosti neke nove zanimljive vijesti ili događaja u okolini. U ovom novom modernom dobu tehnologije i društvenih mreža nemoguće je da mediji budu ti koji će prvi proširiti neku vijest među populacijom. Zbog toga novinari i mediji se sve više okreću društvenim mrežama kao sredstvima za prikupljanje najnovijih vijesti. Međutim, korisnici koji objavljuju vijesti na društvenim mrežama nemaju odgovornosti prema istoj dok su novinari i mediji odgovorni za provjeru autentičnosti prijenosa koje primaju te ne smiju širiti lažne vijesti, kako ne bi izgubili povjerenje svoje publike. Preko društvenih mreža najbrže se dolazi do novih vijesti, ali je pitanje jesu li te vijesti istinite ili lažne. Ovdije nastupaju Internet stvari koje pomoću brojnih senzora mogu pomoći u razotkrivanju istine o novim događajima pogotovo dok se radi o nekim izričito važnim vijestima. Internet stvari koriste brojne senzore koji mogu locirati mjesto na kojem se nalazi netko tko objavi određeni sadržaj, identificirati mjesto podrijetla više neovisnih tokova vijesti te ih prikupiti kako bi signalizirali razvoj vijesti. Sensori bi mogli provjeriti i emocionalni ton ažuriranja ljudi na društvenim mrežama u blizini priče koja se razvija, te tako utvrditi pouzdanost izvora vijesti.

## **7.7. Pametna maloprodaja i marketing**

Donošenje odluka u poslovnom upravljanju i marketingu može se olakšati i učiniti pametnijim primjenom modernih tehnika video analize. U slučaju bitnih događaja djelatnici trgovina mogu dobiti važne obavijesti i upozorenja na svoje mobilne uređaje. Postoje pametni sustavi kamera koji mogu prepoznati registracijske tablice, oznake za invaliditet i slično, te ako na parkiralište stigne lojalan kupac ili osoba s invaliditetom, upozorenje se šalje na prodavačev pametni telefon, kako bi mogao pomoć i poželjeti dobrodošlicu kupcu. Osim toga ovi pametni sustavi mogu mjeriti i broj kupaca u trgovini, promatrati njihovo ponašanje, upozoriti prodavača ako se formiraju redovi na blagajnama, može se mjeriti prosječno vrijeme gledanja nekog proizvoda te generirati karte prometa u trgovini. Tako se može utvrditi koji proizvodi su najprodavaniji te na kojim mjestima prikazivati i postavljati koje proizvode. Ove informacije također, omogućuju prodavačima da pravilno raspodijele resurse, prikazuju proizvode i provode promocije proizvoda, upravljaju gužvama te međusobno dobro raspodijele zadaće i odgovornosti [27].

## 8. Inovativne multimedijske Internet stvari

U ovom poglavlju nabrojiti će se i opisati nekoliko inovativnih rješenja Internet stvari koje koriste multimediju.

### 8.1. Poljoprivredni dronovi

Dronovi se mogu upotrijebiti na mnoštvo korisnih načina, a jedan od njih je nadzor i obavljanje poljoprivrede. Jedna od prednosti dronova je da zbog svoje mogućnosti letenja mogu brže nadzirati poljoprivredne površine od kopnenih poljoprivrednih strojeva ili djelovanja čovjeka na tlu. Zbog toga štede na vremenu i visokim troškovima rada. Osim toga, njihov rad može se automatizirati te mogu koristiti autoumni let koji koordinira računalo te u ovom slučaju nije potreban čovjek za upravljanje. Dronovi su vrlo korisni u rješavanju problema štetnika ili gljivica na urodima, a osim za nadgledanje obradivih poljoprivrednih površina mogu se koristiti i za nadzor šuma i akvakulture, kao i goveda, peradi, i drugih životinja. Prema novom izvješću Grand View Research-a očekuje se da će globalno tržište poljoprivrednih dronova doseći 3.770,0 milijuna USD do 2024. Grand View Research, Inc. (2017.). Dron na sebi ima kameru koja bilježi podatke pomoću senzora kao što su termalni senzori, hiperspektralni senzori i mnogi drugi. Podaci se prikupljaju dok dron leti iznad polja, a prenose u oblak nakon sletanja. Visina letenja drona ovisi o vrsti i kvaliteti kamere i senzora te što dron više leti, to će u kraćem vremenskom razdoblju moći snimiti veću površinu tla. Za prijenos podataka od dronova komunikaciju, najčešće se koristi ZigBee komunikacijski protokol. Termalne kamere mogu očitavati temperaturu biljaka što može pomoći u određivanju kako biljke koriste vodu i općenitog zdravlja biljki. Hiperspektralne kamere rade na principu refleksije svjetlosti s površine koju snimaju, odnosno skeniraju. S toga, mogu prepoznati određenu vrstu biljke mjerenjem boje svjetlosti koju ona odbija. Ovo može olakšati u razlikovanju usjeva i korova te u prepoznavanju korova otpornih na herbicide. Pomoću ovih senzora također je moguće prepoznati i probleme koji ograničavaju prinos, vidjeti stvarno zdravlje biljaka procjenjujući čimbenike (kao što je količina sunčeve svjetlosti koju biljke apsorbiraju na različitim poljima), poduzeti brze sanacijske mjere za rješavanje bakterijskih ili gljivičnih infekcija. Neki od konkretnih primjera upotrebe dronova u poljoprivredi bili bi sljedeći :

1. Analiza tla i polja: Dronovi izrađuju precizne 3D karte za ranu analizu tla, korisne za planiranje sadnje sjemena i mladih biljaka. Nakon sadnje, analiziraju tlo te prikupljaju podatke za navodnjavanje i upravljanje razinom dušika.

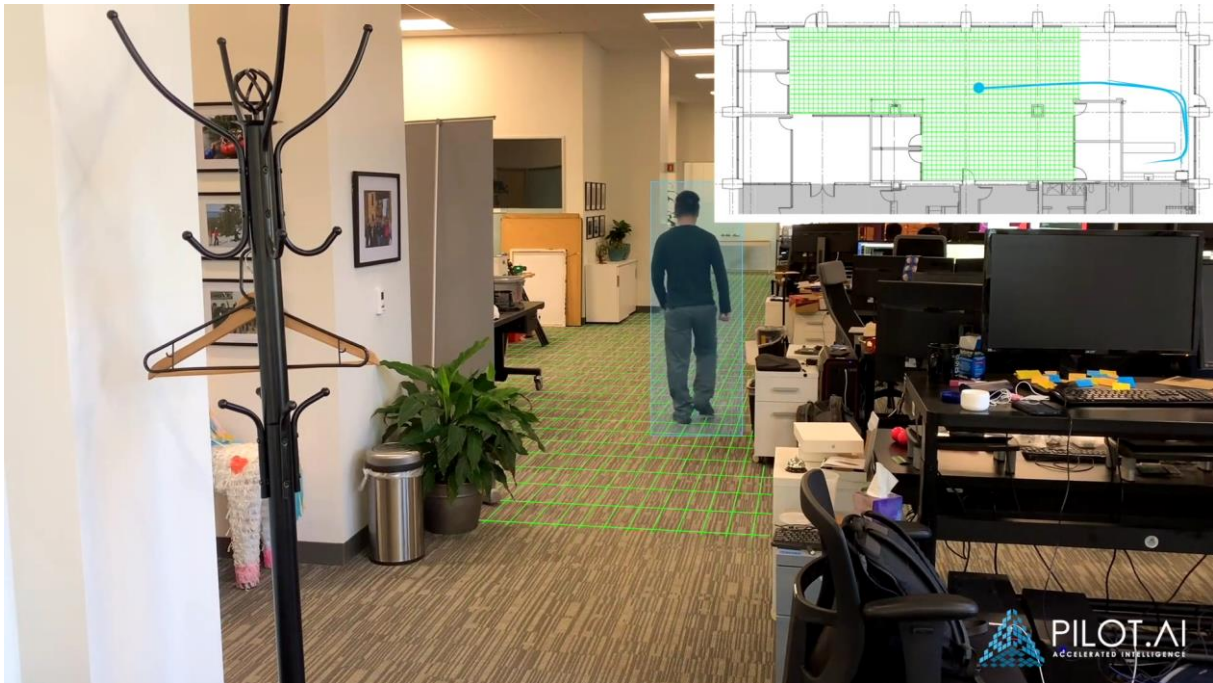
2. Sadnja: Razvijeni su sustavi dronova koji mogu saditi sjeme te se time smanjuju troškovi sadnje i do 85%.
3. Prskanje usjeva: pomoću kamera i senzora dronovi mogu skenirati poljoprivredne površine te izbacivati određenu količinu tekućine, što rezultira povećanom učinkovitošću sredstva kojeg se koristi na biljkama te smanjenjem broja kemikalija koje prodiru u podzemne vode.
4. Nadzor usjeva: Mogu se kreirati i nadgledati animacije usjeva tijekom određenog vremenskog razdoblja što može prikazati precizan razvoj usjeva i na vrijeme otkriti nepogodnosti u uzgoju.
5. Navodnjavanje: pomoću termalnih, hiperspektralnih i sličnih senzora kamere na dronovima mogu prepoznati koji su dijelovi polja suhi i trebaju više vode.
6. Procjena zdravstvenog stanja: skeniranjem usjeva te korištenjem infracrvene svjetlosti, dronovi mogu odrediti zdravstveno stanje biljaka [14].

## 8.2. Nadzorne kamere

U današnjim nadzornim kamerama koje su dio sustava Internet stvari pronalazimo brojne inovativne komponente kao što je umjetna inteligencija, visoka razlučivost, prilagodba osvjetljenja na okolinu i mnoge druge. Jedna od takvih inovativnih platforma koje se koriste u kamerama bila bi Qualcomm Vision Intelligence Platform. Platforma je namijenjena za vrhunsku obradu slika s mogućnostima umjetne inteligencije, a dizajnirana je s pogledom na IoT uređaje (pametne kamere) u potrošačkim i poslovnim segmentima. Obuhvaća čitav niz sistemskih inteligentnih čipova dizajniranih za pokretanje intenzivnih radnih opterećenja na rubu mreže. Umjetna Inteligencija na rubu omogućuje veću privatnosti korisnika i sprječava kašnjenja u mreži. Radna opterećenja tako su premještena iz oblaka na rubni uređaj što pruža privatnost, sigurnost i brži način donošenja odluka blizu izvora podataka. Platforma ima široku primjenu u sigurnosnim kamerama u tvrtkama, industrijskim kamerama, kamerama za nadzor kuće i pametnim kućanskim uređajima koji koriste umjetnu inteligenciju za vid, te u ostalim sigurnosnim, maloprodajnim, proizvodnim i logističkim područjima. Neke od najznačajnijih prednosti ove platforme su: sustav za umjetnu inteligenciju koji integrira hardverske i softverske komponente za ubrzanje i poboljšavanje umjetne inteligencije na uređaju, izvrsna kvaliteta slika s podrškom za razlučivost do 4K videozapisa i heterogena računalna arhitektura, strojno učenje, poboljšavanje sigurnosnih značajka, bolja obrada slike. Omogućene su i brojne druge mogućnosti poput klasifikacije objekata, segmentacije, prepoznavanja registarskih pločica, prepoznavanja lica, otkrivanja tijela i brojanja ljudi. Također, umjetna inteligencija



platforme može pratiti kretanje ljudi i objekata i kreirati ulaze s više pametnih kamera u 3D prostoru na 2D kartu, što se može vidjeti na sljedećoj slici.

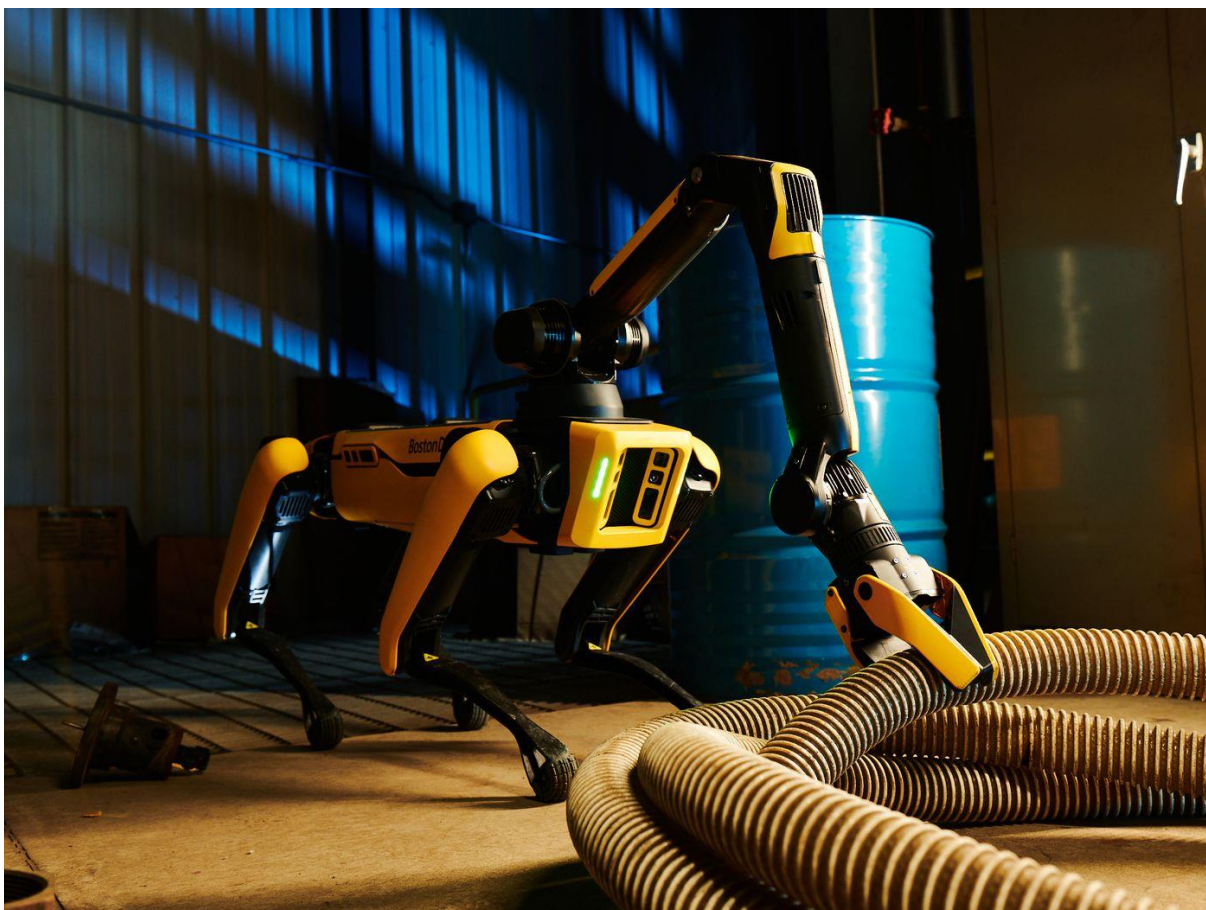


Slika 16 Izrada mape kretanja čovjeka iz 3D prostora na 2D kartu Izvor: <https://www.qualcomm.com/news/onq/2020/07/07/bringing-ai-edge-smart-cameras-internet-things>

Ovo mapiranje prometa olakšava u upravljanju prostorom kao što su prodavaonice, uredi, proizvodnog pogona i sl. Ovo je korisno i u krizna vremena kao što je vrijeme pandemije jer je platforma toliko napredna da može utvrditi koliko su ljudi bliski jedni drugima i pružiti upozorenja o socijalnom udaljavanju, te ujedno i izdvojiti i upozoriti na osobu s povišenom tjelesnom temperaturom, osobu bez maske i sl. To je posebno korisno u područjima kao što su kafići, hodnici, vrata, i druga mjesta gdje se ljudi prirodno okupljaju. Platforma se može koristiti i u dvostruko okrenutim kamerama. Umjetna inteligencija i računarstvo na rubu omogućuju promatranje i stvaranje analize ponašanja vozača (obraćajući pažnju, drijemanje, skidanje pogleda s ceste) i u isto vrijeme promatranje uvjeta na cesti u stvarnom vremenu, što uvelike smanjuje rizik od nesreća. Postoje još mnoge korisne primjene u kojima se ovaj sustav može koristiti. Vidimo da pomoću ove i sličnih platforma sve se bolje razvija umjetna inteligencija u nadzornim sustavima kamera te one mogu biti vrlo korisne za budućnost Internet stvari [24].

### 8.3. Pametni roboti

Ranije je spomenuta robotizacija i primjena robotskih ruka u pametnoj medicini. Roboti kao Internet stvari sve više se počinju primjenjivati za pomoć u obavljanju svakodnevnih aktivnosti, najčešće onih koje su čovjeku fizički teške, neugodne ili opasne, a sve više se koriste kao ozbiljna radna snaga u Industriji. Ovdje će se kao primjer multimedijske Internet stvari navesti Spot Explorer, razvijen od strane tvrtke Boston Dynamics. Spot Explorer je četveronožni robot koji ima mogućnosti fleksibilnog kretanja po grubim terenima, stepenicama i drugim nepravilnim površinama, a u isto vrijeme je dovoljno malen za upotrebu u zatvorenom. Robot omogućuje pregledavanje opasnih, udaljenih i nepristupačnih terena, automatizirano prikupljanje podataka preko Interneta, nošenje tereta na nepoznatom ili nestrukturiranom terenu. Spot koristi kamere koje prikazuju okolinu od 360 stupnjeva, kojom se robot kreće te se slika okoline prikazuje na tabletu pomoću kojeg čovjek s njime upravlja. Uz kameru, Spot na sebi ima i integrirane mikrofone visoke kvalitete i jake zvučnike koji omogućuju slušanje zvuka na daljinu i dvosmjernu komunikaciju s operaterima na terenu. Tablet omogućuje stvaranje i autonomnih misija putem funkcije Autowalk. Prema tome korisnik može stvoriti unaprijed definirane rute kojim će se Spot kretati. Poruke koje se razmjenjuju između robota i klijenata, kao i svi podaci koje robot bilježi, šifriraju se, s toga robot ima i dobre sigurnosne postavke. Spot se većinom koristi u velikim industrijskim tvrtkama, te nije lako dostupan za neke manje proizvodne i slične pogone jer se njegova cijena kreće oko 75 000\$ [8]. Na sljedećoj slici može se vidjeti kako izgleda Spot Explorer.



Slika 17 Spot Explorer, izvor: <https://www.theverge.com/2021/2/2/22261932/boston-dynamics-spot-enterprise-self-charging-scout-web-based-control-software-robotic-arm>

## 8.4. Pametni asistenti i kućni uređaji

Od Internet stvari u kontekstu pametnog doma najčešće se upotrebljavaju pametni hladnjaci, perilice rublja, pametni televizori, pametni zvučnici i rasvjetni sustavi. Jedan od novijih pametnih zvučnika s mnoštvom funkcionalnosti je HomePod. HomePod je vrhunski zvučnik sa zvukom visoke kvalitete, a radi u skladu s pametnim asistentom Siri ili s mobilnim i drugim uređajima na koje je spojen. Za HomePod kaže se da ima „najveći mozak ikad u zvučniku“ jer u sebi sadrži čip A8 dizajniran od strane Apple-a koji omogućuje napredne obrade signala u stvarnom vremenu. Osim za glazbu HomePod može se koristiti i za mnoštvo drugih primjena. Premda se s njime može upravljati putem Siri, on predstavlja tzv. „dom digitalnom asistentu“. Preko Siri na HomePod mogu se upućivati i primati pozivi s mobilnog uređaja, može se pristupiti vlastitim porukama, podsjetnicima, popisima i upozoriti na događaje u kalendaru.

HomePod može naučiti i prepoznati do šest različitih glasova i stvoriti personalizirano iskustvo za svakog pojedinog korisnika ili ukućana. HomePod se može koristiti kao i interfon u kući. Lako može komunicirati s članovima obitelji slanjem glasovnih i običnih poruka na drugi zvučnik i Apple-ove uređaje, tako da mogu slati i primati poruke pomoću CarPlay-a prilikom vožnje, AirPods-ovima tijekom vježbanja ili putem Apple Watch-a kada korisnik obavlja neke poslove. HomePod može komunicirati i upravljati s više drugih pametnih kućnih dodataka te korisnik može narediti Siri putem zvučnika da upravlja i drugim uređajima u prostoriji te tako upravlja rasvjetom i temperaturom sobe i mnogim drugim funkcionalnostima [4].

## 9. Pogled u sigurnost Internet stvari

Kod sigurnosti Internet stvari potrebno je obratiti pozornost na svakodnevne prijetnje koje mogu ometati sustav te manipulirati podacima. Također, potrebno je proučiti koji su to sigurnosni zahtjevi koji svaki sustav Internet stvari treba podržavati. Jedna od najvažnijih komponenti u sigurnosti Internet stvari je i zaštita privatnosti i privatnih podataka kako bi se pridobilo povjerenje korisnika. Istražit će se na koji način se mogu zaštititi i multimedijски podaci prikupljeni od brojnih senzora u sustavu pametne kuće te će se opisati kako funkcionira jedan takav sustav.

### 9.1. Sigurnosne prijetnje

Sigurnosne prijetnje koje mogu utjecati na Internet stvari su hvatanje, ometanje i manipulacija. Prijetnje hvatanja odnose se na hvatanja informacija o sustavu Internet stvari, prijetnje prekidima odnose se na uništavanje i ometanje sustava, a prijetnje manipulacijom odnose se na zlonamjerne manipulacije podataka, identiteta te manipulacije vremenskog slijeda slanja ili obrade podataka. Jedna od najjednostavnijih pasivnih prijetnji hvatanja informacija je prisluškivanje ili praćenje prijenosa. Prisluškivanjem se može doći do informacija i podataka koji se prenose. Većina prijetnja hvatanja dizajnirana je tako da napadačima omogući kontrolu nad fizičkim ili logičkim sustavima te pristup informacijama ili stavkama podataka iz tih sustava. Sveprisutnost objekta i sustava Internet stvari te njihova fizička distribucija povećavaju prilike napadačima da steknu kontrolu nad njima.

Slijede najčešći aktivni tipovi napada:

1. Maskiranje – određeni entiteti se mogu maskirati kao neki drugi entiteti, ova vrsta napada može zahvatiti uređaje, korisnike i senzore.

2. Čovjek u sredini – zlonamjerna napadač može tajno izmjenjivati komunikaciju između dva entiteta koji su uvjereni da komuniciraju jedan s drugim.
3. Napad ponavljanja (engl. Replay attack) zlonamjerna napadač valjani prijenos podataka ponavlja ili odgađa kako bi lakše došao do željenih podataka.
4. DoS napad (engl. Denial-of-service attack) određeni entitet ne može obaviti svoju funkciju te to rezultira tako da ni drugi entiteti povezani s njim ne mogu pravilno obavljati svoje funkcije [25].

## 9.2. Sigurnosni zahtjevi

Osnovni sigurnosni zahtjevi koje treba implementirati u svakom sustavu Internet stvari su povjerljivost, dostupnost, integritet i autentičnost. Povjerljivost se odnosi na podatke koji se šalju između krajnjih točaka te oni smiju biti dostupni samo njima. Dostupnost se odnosi na komunikacijske krajnje točke koje uvijek moraju biti dostupne. Integritet odnosi se na podatke koji se ne smiju mijenjati tijekom prijenosa i obrade te trebaju biti cjeloviti i točni. Kod autentičnosti podaci moraju biti dostupni samo ovlaštenima za pristup.

Zahtjevi za sigurnošću Internet stvari su složeni jer uključuju sigurnosne mjere za mnoge različite arhitekture. Ti sigurnosni zahtjevi mogu biti slični i zahtjevima za sigurnost Interneta zasnovanog na IP protokolu jer su tehnologije i usluge koje su korištene za zaštitu Interneta primjenjive u na svakoj razini referentnog modela Internet stvari [25].

## 9.3. Privatnost

Internet stvari povezuju se i komuniciraju s drugim pametnim uređajima i ljudima te se tako obrađuju, isporučuju i razmjenjuju mnoge vrste informacija, podataka i signala. Sve veća pojava Internet stvari te njihova komunikacija s okolinom sa sobom nosi rizik narušavanja privatnosti i curenja informacija. Dobra zaštita privatnosti jedan je od ključnih čimbenika uspjeha Internet stvari jer ona omogućuje pridobljavanje povjerenja korisnika. Internet stvari u velikoj količini koriste bežične kanale za razmjenu i prikupljanje podataka na daljinu. Udaljeni pristup putem bežične mreže potencijalno izlaže sustav napadima prislušivanja i maskiranja. Jedno od područja gdje je očuvanje privatnosti vrlo važno je i zdravstvo. Uređaji i aplikacije Internet stvari u zdravstvu obično generiraju velike količine podataka o pojedinačnim pacijentima kontinuiranim praćenjem njihovih vitalnih parametara. U ovom je slučaju presudno razdvojiti identitet uređaja od identiteta pojedinca, što se može napraviti putem mehanizama

kao što je anonimizacija podataka. Anonimizacija podataka postupak je u kojem se uklanjanja ili šifriraju podaci koji mogu otkriti identitet iz skupova podataka, tako da autor podataka ostaje anoniman. Upravljanje identitetom u Internet stvarima mogu se ponuditi nove mogućnosti koje povećavaju sigurnost kombiniranjem različitih metoda provjere autentičnosti za strojeve i ljude [25].

## **9.2. Sigurnost multimedijских Internet stvari**

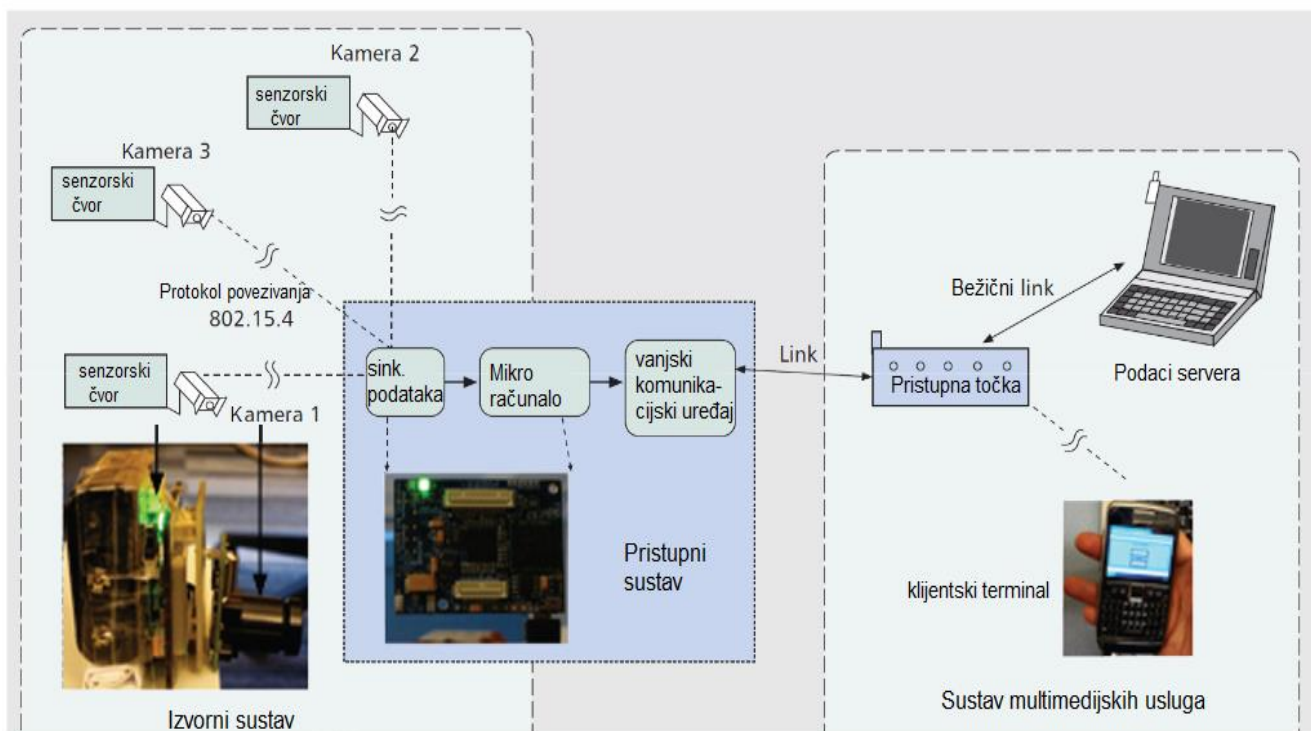
Zbog otvorenosti i heterogenosti podataka multimedijских Internet stvari, njihova sigurnost, povjerenje i privatnost postaju izazov. Kako bi se zaštitio integritet te povjerljivi resursi u uslugama koje koriste multimedijске Internet stvari većinom se koristi provjeravanje kontrole pristupa ili autentifikacija. Kontrola pristupa štiti od neovlaštenog pristupa multimedijским aplikacijama u Internet stvarima. Međutim, kako se broj Internet stvari i korisnika svakim danom sve više povećava, tako se povećava i mogućnosti prijetnji i neovlaštenih upada u sustav. Također, prijenos multimedijских podataka osjetljivih na kašnjenje, te koji zahtijevaju širokopojasni pristup, zahtjeva zaštitu od brojnih prijetnji i mogućnosti prisluškivanja. Povjerljivi zdravstveni i industrijski multimedijски podaci zahtijevaju P2P, MP2P i P2MP enkripciju. P2P enkripcija je standard šifriranja od točke do točke koje je uspostavljeno od strane „Vijeća za sigurnosne standarde PCI“. MP2P je zapravo P2P enkripcija koja je napravljena za mobilne uređaje te osigurava siguran prijenos preko mobilnih mreža kao što su 3G, 4G te 5G. P2MP se koristi za enkripciju od jedne točke prema više točaka. Napravljena su djelomična istraživanja o prijenosu multimedijских podataka u mreži Internet stvari. S toga bi u budućnosti trebalo sve više raditi na poboljšavanju njihovih sigurnosnih mehanizama [25]. U sljedećem odlomku opisan je sigurnosni sustav prijenosa multimedijских podataka iz heterogenih senzora u sustavu pametne kuće. Iz navedenog primjera može se vidjeti kako sustav funkcionira te koji su neki od sigurnosnih mehanizama koji se koriste u navedenom i sličnim sustavima.

### **9.2.3. Primjer sigurnosnog sustava pametnih kuća**

Sigurnosni sustav multimedijских Internet stvari detaljnije je opisan i objašnjen na primjeru pametne kuće. Pametna bežična senzorna mreža (engl. WSN - wireless sensor network) je jedna od ključnih tehnologija koja povezuje Internet stvari s tehnologijama pametnih senzora. WSN danas ima široku primjenu u područjima kao što su pametne kuće, zdravstvena zaštita, pametna logistika i mnoga druga. Za učinkovitu i pouzdanu komunikaciju WSN koristi IEEE

802.15.4 (ZigBee) ili 6LoWPAN protokole. ZigBee je protokol koji je dizajniran za rad u lokalnim mrežama kakve se obično koriste u pametnim kućama. Bežična senzorna mreža koja se koristi u pametnim kućama sastoji se od heterogenih senzorskih mreža kategorija WMSN i WSSN. WMSN je (engleska kratica za Wireless Multimedia Sensor Network) bežična mreža multimedijских senzora, a WSSN (engleska kratica za Wireless Scalar Sensor Network) je bežična skalarna senzorska mreža. Za prijenos podataka putem WSSN-a postoje neka manja ograničenja, dok je za prijenos preko WMSN-a putem Interneta potreban osiguran stroži i učinkovit sigurnosni mehanizam za podatkovnu komunikaciju. Kod sustava pametnih kuća se putem komunikacijskog protokola u pristupni sustav šalju multimedijски podaci prikupljenih od različitih heterogenih senzora. WMSN se osim za dohvaćanje multimedijских podataka koristi i za obradu u stvarnom vremenu, pohranu, povezivanje i spajanje multimedijских podataka koji potječu iz heterogenih izvora. Kod sustava pametnih kuća uređaji sa sensorima raspoređeni su po različitim mjestima, a prijenos podataka između njih odijva se preko ZigBee protokola. Protokol prenosi podatke senzora s uređaja na pristupni server (engl. gateway server). Pristupni server u ovoj mreži je središnja točka, a u njezinu mrežnu topologiju raspoređeni su čvorovi senzora. Svi senzori koji su dio bežične mreže su povezani sa središnjom točkom. Tako i u WSN-u nalazimo različite čvorove senzora, koji se povezuju na pristupni server te se zatim zaštićeni podaci šalju na Internet. Čvorovi senzora mogu prikupljati podatke od WSSN-a kao što su digitalni i analogni podaci o korištenju prostora u kući i kućanskih aparata te podatke od WMSN-a koji reproduciraju video, audio podatke koji su u obliku multimedijских podataka [16]. Na sljedećoj slici može se vidjeti kako izgleda sigurnosna multimedijска bežična senzorska mreža za kućne heterogene sustave.





Slika 18 arhitektura sigurnosne mreže multimedijских Internet stvari, uređeno prema: fig.1.  
<http://seat.massey.ac.nz/conferences/icst2013/proceedings/papers%5C1569818277.pdf>

Razvijen je algoritam za zaštitu multimedijских podataka za heterogenu arhitekturu (engl. Multimedia Data Security algorithm for heterogeneous architecture (MDSAH)). MDSAH je sigurnosni okvir koji pruža zaštitu podataka od neovlaštenog pristupa. On se sastoji od dva modula prvi je za modul za osigurani prijenos podataka WSSN te drugi za klasifikaciju i analizu WMSN prometa. Također, ima i dva podmodula, a to su mehanizmi za zaštitu i mehanizmi za provjeru autentičnosti. MDASH također omogućuje prikazivanje videa i multimedijских podataka u stvarnom vremenu. Pomoću MDASH-a šifriraju se podaci WSSM-a odmah u senzoru, a dešifriraju se na pristupnom tj. prolaznom sustavu. Autentifikacija omogućuje zaštitu od neovlaštenog pristupa. Autentifikacija radi međusobnu provjeru autentičnosti između pristupnika i senzora izmjenom ključa. Sustav pristupnika održava popis registriranih čvorova koji imaju ovlaštenu pristup za komunikaciju, svaki čvor mora imati svoj jedinstveni ID. Prije nego što uspostavi komunikaciju s drugim čvorovima, svaki čvor mora biti registriran. Kada čvor pošalje zahtjev za komunikaciju s pristupnim sustavom za razmjenu informacija, pristupni sustav provjerava njegovu autentičnost preko popisa registriranih čvorova u svojoj bazi podataka. Kada provjeri da je određeni čvor autoriziran i ako međuspremnik pristupnog sustava nije pun, tada se šalje paket potvrde da bi se uspostavila komunikaciju, u suprotnom će biti odbijen [16].



## 10. Zaključak

Pojam Internet stvari odnosi se na fizičke i virtualne objekte koji imaju svoj jedinstveni identitet te su spojeni na Internet kako bi se omogućila njihova inteligentna primjena u područjima logistike, poljoprivrede, prodaje, energetike i brojnih drugih industrija. *IoMT je globalna mreža međusobno povezanih multimedijjskih stvari koje su jedinstveno prepoznatljive i adresiraju se radi prikupljanja osjetnih multimedijjskih podataka ili pokretanja radnji, kao i sposobnosti za interakciju i komunikaciju s drugim multimedijjskim i ne multimedijjskim uređajima i uslugama , sa ili bez izravne ljudske intervencije Alvi et al. (5.2015.): 6 [27].* Internet stvari u sklopu s multimedijjskom tehnologijom, nude brojne nove usluge i rješenja čime pomažu u širenju poslovanja i industrija te zajedno stvaraju cijeli jedan novi svijet međusobno povezanih uređaj. Multimedija u Internet stvarima može stvoriti nova nevjerojatna korisnička iskustva. Za primjenu multimedije u Internet stvarima korisna su dva sustava, a to su bežični multimedijjski sustavi te bežična mreža multimedijjskih senzora. Multimedijjska tehnologija u Internet stvarima koristi kategorije senzora kao što su: inercijski senzori, optički senzori za svjetlost, otkrivanje topline, ostali senzori za sliku, senzori za zvuk koji se koriste u kamera i mnogim drugim uređajima i tehnologijama. Uređaji Internet stvari koji se koriste za multimediju razlikuju se od običnih uređaja Internet stvari. Oni zahtijevaju veću snagu računala, veću memoriju, više energije i veću mrežnu propusnost. Zahtjevi za kvalitetom usluge posebno su strogi u slučaju reprodukcije multimedijjskog sadržaja u stvarnom vremenu, iz tog razloga koriste se novi protokoli u adresiranju podataka. Da bi se veliki podaci mogli obrađivati, potrebne su dodatne računalne usluge kao što je računarstvo u oblaku. Multimedijjski oblak može se shvatiti kao i superračunalo koje pruža sveprisutan pristup ogromnoj količini multimedijjskog sadržaja prikupljenog iz senzorskih mreža. Uz računarstvo u oblaku za multimedijjske podatke koristi se još i računarstvo u magli i na rubu. Višeagentni sustavi su sastavni dio multimedije u oblaku. Sustavi s više agenata trebaju se implementirati u multimedijjske Internet stvari kako bi se omogućile sljedeće funkcionalnosti: sastavljanje usluge, rudarenje podataka i analitika, dijeljenje i isporuka sadržaja. Multimedijjske Internet stvari imaju široku primjenu u sustavima upravljanja cestama, sigurnosnim sustavima, pametnoj industriji, pametnoj poljoprivredi, pametnoj medicini, zabavnoj industriji i mnogim drugim područjima. Neki od inovativnih multimedijjskih Internet stvari su pametni dronovi, pametni roboti, pametni asistenti, kamere i brojni drugi uređaji. Zbog otvorenosti i heterogenosti podataka multimedijjskih Internet stvari, njihova sigurnost, povjerenje i privatnost postaju izazov. Radi se na konstantnom poboljšanju sigurnosti jer dobra zaštita privatnosti jedan je od ključnih čimbenika uspjeha Internet stvari jer ona omogućuje pridobljavanje povjerenja korisnika.

## 11. Literatura

[1] Agriculture Victoria (13.3.2021.), *Internet of Things in agriculture*,

Pristupano 27.5.2021.

<https://agriculture.vic.gov.au/farm-management/digital-agriculture/internet-of-things-in-agriculture>

[2] Ali Nauman, Yazdan Ahmad Qadri, Muhammad Aamjad, Yousaf Bin Zikria, Muhammad Khalil Afzal, Sung Won Kim, (15.1.2020.) *Multimedia Internet of Things: A Comprehensive Survey*, Pristupano 27.5.2021.

<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8950450&fbclid=IwAR1JLlwtUuYdl0DXKeRNB9ellzL-Qb0fURZKCwpCicT-OkibXM4J9UIL-0>

[3] Apcaglobal.com (2019.) *Što je računalstvo za maglu?*, Pristupano 27.5.2021.,

<https://apcaglobal.com/hr/4331-what-is-fog-computing.html>

[4] Apple Inc. (2018.) *HomePod*, Pristupano 27.5.2021.

<https://www.apple.com/homepod-2018/>

[5] Arshdeep Bahga, Vijay Madiseti, *Internet of things: A hands on Approach*, 2014.

[6] Asra Aslam, Edward Curry (2.2021.) *A Survey on Object Detection for the Internet of Multimedia Things (IoMT) using Deep Learning and Event-based Middleware: Approaches, Challenges, and Future Directions*, Pristupano 27.5.2021

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0262885620302274>

[7] Atslands R. Rocha, Flavio R.C. Sousa, Andrei B. B. Torres, *The Internet of things (IoT) Applications, Technology and Privacy Issues*, nova publishers, New York 2016.

[8] Boston Dynamics, (2021.), *Spot Arm*, Pristupano 27.5.2021.

<https://www.bostondynamics.com/spot-arm>

- [9] Dialogic (2021.), *IoT, AI and Real-Time Communications*,  
Pristupano 27.5.2021. <https://www.dialogic.com/rtc-iot>
- [10] Divvy Technologie (11.3.2021.) *How IoT is Transforming the Entertainment Industry?*,  
Pristupano 27.5.2021. <https://www.divvytechnologies.com/blog/how-iot-is-transforming-the-entertainment-industry/>
- [11] Ey Global (bez dat.), *Internet of Things, Human-machine interactions that unlock possibilities*,  
Pristupano 27.5.2021.  
<https://pdf4pro.com/fullscreen/human-machine-interactions-that-unlock-possibilities-14261d.html>
- [12] Ey Global (22.2.2019.) *How human-machine interaction can unlock possibilities in media and entertainment*,  
Pristupano 27.5.2021. [https://www.ey.com/en\\_gl/tmt/how-human-machine-interaction-can-unlock-possibilities-in-media](https://www.ey.com/en_gl/tmt/how-human-machine-interaction-can-unlock-possibilities-in-media)
- [13] Grand View Research, Inc. (2017.), *Agriculture Drone Market Growth & Trends*,  
Pristupano 27.5.2021., <https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-agriculture-drones-market#>
- [14] lot One (bez.dat), *Agricultural Drones*, Pristupano 27.5.2021.,  
<https://www.iotone.com/usecase/agricultural-drones/u54>
- [15] Joshua E. Siegel, Sumeet Kumar, Sanjay E. Sarma (3.2017.) *The Future Internet of Things: Secure, Efficient, and Model-Based* Pristupano 27.5.2021.  
<https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/117380/JSJ2.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [16] Jyotsna Suryadevara, Bollam Sunil and Nagender Kumar Malla Reddy (2013.),  
*Secured Multimedia Authentication System for Wireless Sensor Network Data related to Internet of Things*, Pristupano 27.5.2021.  
<http://seat.massey.ac.nz/conferences/icst2013/proceedings/papers%5C1569818277.pdf>

[17] Media Entertainment Tech Outlook (30.11.2020.), *How iot creates sea of opportunities for m&e industry?* Pristupano 27.5.2021.

<https://www.mediaentertainmenttechoutlook.com/news/how-iot-creates-sea-of-opportunities-for-me-industry-nwid-466.html>

[18] LuigiAtzori, Antonio Iera, Giacomo Morabito (28.11.2010.) *The Internet of Things: A survey*, Pristupano 27.5.2021.

[https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389128610001568?casa\\_token=tbAVZ-wFGz0AAAAA:NRwJhDViDiAY7M-KyJHY8x9scDBImdyGqna4etAvP-F5I9ErCuUXIb3ekPXnTefogFu33udTKK8](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389128610001568?casa_token=tbAVZ-wFGz0AAAAA:NRwJhDViDiAY7M-KyJHY8x9scDBImdyGqna4etAvP-F5I9ErCuUXIb3ekPXnTefogFu33udTKK8)

[19] Jan Holler, Vlasios Tsiatsis, Catherine Mulligan, Stamatis Karnouskos, Stefan Avesand, David Boyle (2014.) *From Machine to Machine to the Internet of things*, Pristupano 27.5.2021.

[https://books.google.hr/books?hl=hr&lr=&id=wtfEAqAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=internet+of+things&ots=mKyDHRgkz&sig=B9xDQSPUwwm9tl2eMmsZxZIXHmk&redir\\_esc=y#v=onepage&q=internet%20of%20things&f=false](https://books.google.hr/books?hl=hr&lr=&id=wtfEAqAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=internet+of+things&ots=mKyDHRgkz&sig=B9xDQSPUwwm9tl2eMmsZxZIXHmk&redir_esc=y#v=onepage&q=internet%20of%20things&f=false)

[20] Jiachen Yang, Shoudong He, Yancong Lin, Zhihan Lv (2015.) *Multimedia cloud transmission and storage system based on internet of things*, Pristupano 27.5.2021.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11042-015-2967-9>

[21] J. Cecil, Avinash Gupta, Miguel Pirela-Cruz, Parmesh Ramanathan (2018.), *An IoMT based cyber training framework for orthopedic surgery using Next Generation Internet technologies* Pristupano 27.5.2021.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352914818300285>

[22] Marija Bebek (2015), *Analiza funkcija slojeva modela OSI i TCP/IP*, Pristupano 27.5.2021.

<https://repozitorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A8/datastream/PDF/view>

[23] Qualcomm (2021.) *Qualcomm® Vision Intelligence Platform*, Pristupano 27.5.2021.

<https://developer.qualcomm.com/hardware/vertical-platforms/vision-intelligence-platform>

[24] Qualcomm (7.7.2020.) *Bringing AI at the Edge to smart cameras on the IoT*,  
Pristupano 27.5.2021.

<https://www.qualcomm.com/news/onq/2020/07/07/bringing-ai-edge-smart-cameras-internet-things>

[25] Rajkumar Buyya, Amir Vahid Dastjerdi, *Internet of things : principles and paradigms*, Morgan Kaufmann , Cambridge, 2016.

[26] R. Fantacci; S. Nannicin, (2000.) *Performance evaluation of a reservation TDMA protocol for voice/data transmission in microcellular systems*, Pristupano 27.5.2021.  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/895045>

[27] Sheeraz Alvi, Bilal Afzal, Ghalib Shah, Luigi Atzori (5.2015.) *Internet of multimedia things: Vision and challenges*, Pristupano 27.5.2021.  
[https://www.researchgate.net/publication/276075985\\_Internet\\_of\\_Multimedia\\_Things\\_Vision\\_and\\_Challenges](https://www.researchgate.net/publication/276075985_Internet_of_Multimedia_Things_Vision_and_Challenges)

[28] Shuping Liu, Shushan Zhao, Weirong Jiang, (2011.), *A Framework for Security-Enhanced Peer-to-Peer Applications in Mobile Cellular Networks* Pristupano 27.5.2021.  
[https://www.researchgate.net/publication/220099306\\_A\\_Framework\\_for\\_Security-Enhanced\\_Peer-to-Peer\\_Applications\\_in\\_Mobile\\_Cellular\\_Networks](https://www.researchgate.net/publication/220099306_A_Framework_for_Security-Enhanced_Peer-to-Peer_Applications_in_Mobile_Cellular_Networks)

[29] Statista, (2021.), *Global spending on IoT in 2015 and 2020\**, by industry sector (in billion U.S. dollars), Pristupano 27.5.2021.

<https://www.statista.com/statistics/1095375/global-spending-on-iot-by-industry-sector/>

[30] Wikipedia, (26.5.2021.), *Representational state transfer*, Pristupano 27.5.2021.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Representational\\_state\\_transfer](https://en.wikipedia.org/wiki/Representational_state_transfer)

[31] Wikipedia (29.4.2021.) *OpenRemote*,

Pristupano 27.5.2021. <https://en.wikipedia.org/wiki/OpenRemote>

[32] Wikipedia, (bez.dat), *Passive infrared sensor*, Pristupano 27.5.2021.,  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Passive\\_infrared\\_sensor](https://en.wikipedia.org/wiki/Passive_infrared_sensor)

[33] Wikipedia, (bez.dat), *ThingSpeak*, Pristupano 27.5.2021.,  
<https://en.wikipedia.org/wiki/ThingSpeak>

[34] Wikipedia, (15.11.2020.) *Računarstvo u oblaku*, Pristupano 27.5.2021.  
[https://hr.wikipedia.org/wiki/Ra%C4%8Dunarstvo\\_u\\_oblaku](https://hr.wikipedia.org/wiki/Ra%C4%8Dunarstvo_u_oblaku)

[35] Yousaf Bin Zikria, Muhammad Khalil Afzal, Sung Won Kim (4. 2020.) *Internet of Multimedia Things (IoMT): Opportunities, Challenges and Solutions*, Pristupano 27.5.2021. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7219234/>

## 12. Popis slika

SLIKA 1 ZAKLJUČIVANJE INFORMACIJA I DOBIVANJE ZNANJA IZ PRIKUPLJENIH PODATAKA.....	6
SLIKA 2 GLOBALNO ULAGANJE U INTERNET STVARI U 2015. I 2016. ....	7
SLIKA 3 GENERIČKI BLOK DIJAGRAM UREĐAJA INTERNET STVARI.....	12
SLIKA 4 PROTOKOLI INTERNET STVARI.....	13
SLIKA 5 FUNKCIONALNI BLOKOV I INTERNET STVARI.....	17
SLIKA 6 SVJETSKE ISPORUKE NOSIVIH UREĐAJA 2015-2020 .....	24
SLIKA 7 PRIKAZ WMS ARHITEKTURE .....	26
SLIKA 8 PRIKAZ WMSN ARHITEKTURE.....	27
SLIKA 9 REPREZENTATIVNA ARHITEKTURA INTERNET STVAR .....	28
SLIKA 10 ARHITEKTURA KOMUNIKACIJE MULTIMEDIJSKIH INTERNET STVAR.....	30
SLIKA 11 VRSTE SENZORA KOJI SE NAJVIŠE KORISTE U MULTIMEDIJI.....	31
SLIKA 12 RAZLIČITE KARAKTERISTIKE PODATAKA U MULTIMEDIJSKIM INTERNET STVARIMA .....	34
SLIKA 13 USLUGE RAČUNARSTVA U OBLAKU ZA MULTIMEDIJSKE INTERNET STVARI .....	38
SLIKA 14 MAGLA / RUBNO RAČUNANJE U MULTIMEDIJSKIM INTERNET STVARIMA.....	40
SLIKA 15 MULTIMEDIJA U INTERNET STVARIMA .....	43
SLIKA 16 IZRADA MAPE KRETANJA ČOVJEKA IZ 3D PROSTORA NA 2D KARTU.....	52
SLIKA 17 SPOT EXPLORER .....	54
SLIKA 18 ARHITEKTURA SIGURNOSNE MREŽE MULTIMEDIJSKIH INTERNET STVAR.....	59





## IZJAVA O AUTORSTVU I SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Marija Bačaneč pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključiva autorica diplomskog rada pod naslovom Primjena multimedijske tehnologije u Internet stvarima te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica: Marija Bačaneč

*Marija Bačaneč*

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Marija Bačaneč neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom diplomskog rada pod naslovom Primjena multimedijske tehnologije u Internet stvarima čija sam autorica.

Student/ica:

*Marija Bačaneč*