

Forenzička analiza nekonvencionalnih terminalnih uređaja

Penava, Josip

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:834220>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-17**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Josip Penava

**FORENZIČKA ANALIZA NEKONVENCIONALNIH
TERMINALNIH UREĐAJA**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2019.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

**FORENZIČKA ANALIZA NEKONVENCIONALNIH
TERMINALNIH UREĐAJA**

**FORENSIC ANALYSIS OF UNCONVENTIONAL TERMINAL
DEVICES**

Mentor: dr. sc. Siniša Husnjak

Student: Josip Penava

JMBAG: 0135240367

Zagreb, rujan 2019.

FORENZIČKA ANALIZA NEKONVENCIONALNIH TERMINALNIH UREĐAJA

SAŽETAK

Eksponencijalnim razvojem tehnologije povećava se broj terminalnih uređaja prisutnih u svakodnevnom životu. Uz konvencionalne terminalne uređaje poput pametnih mobilnih telefona i tableta, veliki dio tržišta zauzimaju i nekonvencionalni terminalni uređaji. Pod nekonvencionalne terminalne uređaje podrazumijevaju se pametni satovi, naočale, automobili, hladnjaci, odjeća, kuće i ostalo. Svrha ovoga rada je klasifikacijski opisati nekonvencionalne uređaje i njihove operativne sustave te opisati postupak forenzičke analize pojedinih uređaja. Primarni cilj ovoga rada je steći osnovna znanja o arhitekturi sustava pametnih uređaja i metodama potrebnim za forenzičku analizu istih. Rad je obrađen teoretski te tako omogućava podlogu za budući praktični rad. Korištenjem pametnih uređaja, korisnik prikuplja i pohranjuje velike količine podataka što je posljedica senzorskih i komunikacijskih funkcionalnosti nekonvencionalnih terminalnih uređaja. Rezultati postignuti obrađenim metodama forenzičke analize terminalnih uređaja isključivo su informativni, te djeluju kao pokazatelji raznih mogućih funkcionalnosti nekonvencionalnih terminalnih uređaja.

KLJUČNE RIJEČI: nekonvencionalni terminalni uređaji, operativni sustavi, klasifikacija nekonvencionalnih terminalnih uređaja, forenzička analiza

SUMMARY

As technology development grows exponentially, so does the number of devices that are ubiquitous in everyday life. In addition to conventional terminal devices such as smartphones and tablets, a large part is occupied by unconventional terminal devices. Unconventional terminal devices include smart watches, glasses, cars, refrigerators, clothing, homes and more. The purpose of this paper is to classify unconventional devices and describe the procedure for forensic analysis of individual devices. The primary objective of this paper is to gain basic knowledge of smart device system architecture and methods required for forensic analysis. The paper is theoretically processed, which is an usefull basis for future practical work. Using smart devices, the user collects and stores large amounts of data as a consequence of the sensory and communication functionality of unconventional terminal devices. The results achieved by the forensic analysis of terminal devices are purely informative and act as indicators of the various possible functionalities of unconventional terminal devices.

KEY WORDS: unconventional terminal devices, operating systems, classification of unconventional terminal devices, forensic analysis

SADRŽAJ

1.	Uvod	1
2.	Evolucija terminalnih uređaja	2
2.1	Komunikacijske tehnologije pametnih uređaja	3
2.1.1	Wi - Fi	4
2.1.2	WiMAX	4
2.1.3	LTE / LTE-A	5
2.1.4	Bluetooth	5
3.	Klasifikacija nekonvencionalnih terminalnih uređaja	6
3.1	Igraće konzole	6
3.2	Pametni televizori	7
3.3	Pametni uređaji u vozilima	8
3.4	Nosivi uređaji	9
4.	Operativni sustavi nekonvencionalnih terminalnih uređaja	12
4.1	Operativni sustavi pametnih televizora	13
4.1.1	Tizen OS	14
4.1.2	WebOS	15
4.1.3	Ostali operativni sustavi	16
4.2	Operativni sustavi pametnih satova	17
4.2.1	WatchOS	17
4.2.2	Wear OS / Android Wear	18
4.2.3	Ostali operativni sustavi pametnih satova	19
4.3	Operativni sustavi pametnih vozila	20
4.3.1	Linux	21
4.3.2	Android Automotive OS	21
4.3.3	BlackBerry QNX	21
4.3.4	Ostali operativni sustavi pametnih vozila	22
5.	Mogućnosti prikupljanja podataka nekonvencionalnih uređaja	24
5.1	Prikupljanje podataka pametnih satova i narukvica	25
5.2	Prikupljanje podataka pametnih vozila	25
5.3	Prikupljanje podataka pametnih televizora	27
6.	Forenzička analiza nekonvencionalnih terminalnih uređaja	28
6.1	Forenzička analiza <i>Samsung</i> pametnog televizora	31

6.1.1 Metode prikupljanja podataka.....	31
6.1.2 Analiza prikupljenih podataka	33
6.2 Forenzička analiza informacijsko – zabavnih i telematičkih sustava u vozilu.....	36
6.3 Forenzička analiza <i>PlayStation 4</i> igraće konzole.....	38
6.4 Forenzička analiza <i>Apple Watch</i> pametnog sata	41
7. Zaključak.....	44
Literatura.....	45

1. Uvod

Nekonvencionalni terminalni uređaji podrazumijevaju sve pametne terminalne uređaje osim pametnih telefona i tableta, koji spadaju u kategoriju konvencionalnih terminalnih uređaja. Nezaobilazno je spomenuti da su igraće konzole isto tako nekonvencionalni terminalni uređaji, makar su predstavljene prije pametnih satova, televizora ili vozila.

U nastavku teksta opisuju se realni primjeri forenzičke analize pojedinih uređaja, s naglaskom na načine i metode prikupljanja i analize podataka. Rad se temelji na određenim izvorima u kojima su detaljno opisani primjeri forenzičke analize.

U ovom završnom radu opisani su pametni satovi, pametni televizori, informacijsko – zabavni sustavi vozila, igraće konzole, pametne naočale i pametni hladnjak. Pametni uređaji koriste razne komunikacijske tehnologije koje im omogućavaju dijeljenje podataka s ostalim uređajima. Važno je istaknuti razne operativne sustave, otvorenog ili zatvorenog koda, koji su dio procesa forenzičke analize.

Rad je koncipiran u 7 cjelina:

1. Uvod
2. Evolucija terminalnih uređaja
3. Klasifikacija nekonvencionalnih terminalnih uređaja
4. Operativni sustavi nekonvencionalnih terminalnih uređaja
5. Mogućnosti prikupljanja podataka nekonvencionalnih uređaja
6. Forenzička analiza nekonvencionalnih terminalnih uređaja
7. Zaključak

Drugo poglavlje opisuje implementaciju nekonvencionalnih terminalnih uređaja u svakodnevni život, uz naglasak na komunikacijske tehnologije od kojih su obrađene sljedeće: *Wi – Fi, WiMAX, LTE i LTE-A* te *Bluetooth*.

U trećem poglavlju opisana je klasifikacija nekonvencionalnih terminalnih uređaja koja ih dijeli na igraće konzole, pametne televizore, pametne uređaje u vozilima i nosive uređaje. Ukratko je opisana svaka klasa uređaja i funkcionalnosti istih.

Četvrto poglavlje govori o operativnim sustavima nekonvencionalnih terminalnih uređaja koji su obrađeni kategorično po klasama, s naglaskom na njihove funkcionalnosti i samu arhitekturu sustava.

U petom poglavlju kratko su navedeni podatci koje nekonvencionalni terminalni uređaji prikupljaju i pohranjuju.

Šesto poglavlje opisuje tehnike i tehnologije izvođenja forenzičke analize na samim uređajima, te su opisani postupci prikupljanja, pretraživanja, analiziranja i prezentacije podataka koji se nalaze na obrađenim uređajima.

2. Evolucija terminalnih uređaja

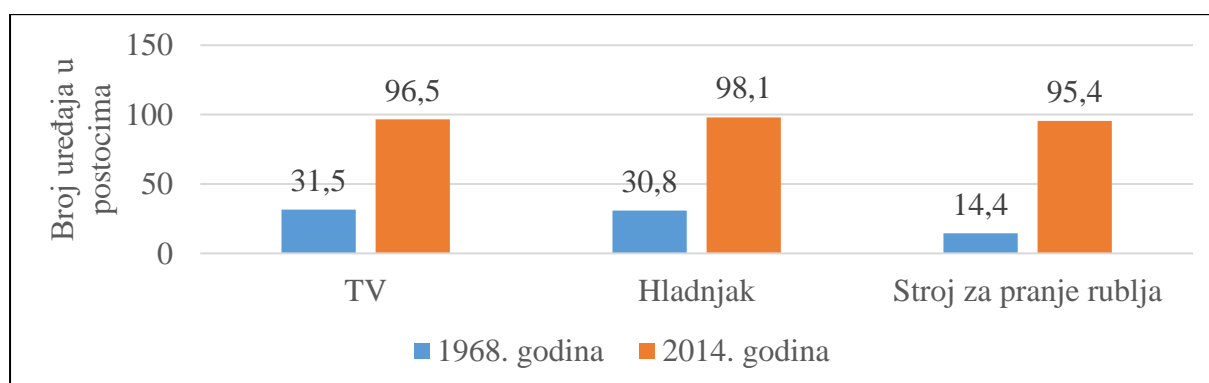
Promatrajući razvoj terminalnih uređaja unatrag nekoliko godina, primjećuje se sve veća tendencija korištenja pametnih uređaja, poput automobila, domova, termostata, dronova, zvučnika, televizora, narukvica, privjeska za ključeve, brava, pećnica, rashladnih uređaja, kamera, medicinskih uređaja, glasovnih pomoćnika, igračka i još mnogo toga. Kako bi ostvarili svoje „pametne“ funkcionalnosti, u uređaj su implementirani senzori i mikroprocesori, koji su programibilni i uređaju omogućuju prikupljanje podatka.

Neka od predviđanja znanstvenika govore o masovnom umrežavanju uređaja kroz nekoliko narednih godina, često se spominje brojka od 50 milijardi umreženih uređaja do 2020. godine. Dakle, što više populacije koristi pametne uređaje, to je više upotrebljivih i vrijednih podataka o korisnikovom ponašanju i ponašanju samog uređaja, tj. o njegovim nedostacima i vrlinama.

Pametni uređaji povećavaju efikasnost raznih strojeva i postrojenja, što omogućava kvalitetnije i sigurnije provođenje zadanih ciljeva određene tvrtke ili industrijske grane. Integracijom i međusobnom povezanošću raznih senzora, uređaja i programa, postiže se veća razina sigurnosti, jednostavnije i točnije upravljanje strojevima, te ono najbitnije, integracija i centralizacija upravljačkog sustava. [1] To je ostvareno kroz prethodno navedenu umreženost raznih senzora i uređaja, što operatoru omogućava nadgledanje trenutnog statusa proizvodnje, trenutnog statusa stroja, predviđanje mogućih kvarova i opterećenja.[2]

Pametni uređaji svoju su primjenu pronašli i u domovima, gdje svojim funkcionalnostima korisniku omogućavaju lakše upravljanje i koncipiranje željenih funkcionalnosti kućanskih aparata i uređaja.

Godine 1968. tek je 14,4% kućanstava imalo perilicu rublja, dok danas perilicu rublja posjeduje očekivanih 95,4 % kućanstava. Televizore je posjedovalo 31,5 %, a hladnjake, radio uređaje i gramofone 20,2% kućanstava. Odnos broja osnovnih kućanskih aparata (uređaja) izraženih u postocima prikazan je na grafikonu 1, [3].



Grafikon 1: Odnos broja uređaja u kućanstvima za 1968. i 2014. godinu

Izvor: [3]

U nekada dalekoj budućnost, a danas sve bližoj realnosti, pametne kuće postaju dio svakodnevnog života. Ako uzmemo u obzir da je 2014. godine u Republici Hrvatskoj od 1,52 milijuna kućanstava, njih 839.791 imalo osobno računalo, a 77 % imalo pristup Internetu, onda nije velika sumnja da će se pametne kuće s lakoćom implementirati u živote ljudi. Pošto većina kućanstava sadrži barem jedan pametan mobilni telefon ili tablet, implementacija, tj. povezivanje raznih pametnih uređaja najčešće će biti ostvarena pomoću tih uređaja, [3].

2.1 Komunikacijske tehnologije pametnih uređaja

Većina pametnih terminalnih uređaja povezano je s Internetom i/ili međusobno, što omogućava razmjenu, pohranu i obradu korisničkih podataka. Implementacija mrežnih komunikacijskih tehnologija potaknula je razvoj bežičnih komunikacijskih tehnologija koje su navedene u nastavku:

- Wi-Fi
- WiMAX
- WirelessHART
- GSM/GPRS/UMTS/LTE/LTE-A/5G
- Bluetooth, Bluetooth LE (engl. *Low Energy*)
- ZigBee
- NFC
- RFID
- 6LoWPAN
- ANT
- RF4CE
- Z-Wave
- EnOcean
- KNX
- LoRaWAN

Kako bi razvojni inženjeri odabrali odgovarajuću mrežnu tehnologiju, primorani su uzeti u obzir nekoliko parametara pametnog uređaja, a to su: brzina prijenosa podataka, domet komunikacijske mreže kako bi se uspješno slali i primali podaci, potrošnja električne energije koja je ograničena, topologija mreže koja diktira vrstu tehnologije i naravno frekvencijsko područje rada uređaja, čija optimizacija sprječava interferenciju s ostalim uređajima, [4].

2.1.1 Wi - Fi

Wi-Fi je skraćeni naziv za *802.11* standard definiran od strane *IEEE*¹ koji sadrži više standarda, čak njih 29, od kojih su najpoznatiji *802.11a/b/g/n/ac/ah/ax*, od kojih najnoviji *ax* pruža brzinu prijenosa od 10 do 12 Gbps (gigabita po sekundi). Osnovni koncept rada *Wi-Fi* mreže zasniva se na pristupnoj točki (engl. *Access Point*), koja je žičanim putem povezana s fiksnom komunikacijskom mrežom, te pomoću antene emitira elektromagnetski signal u prostor i na taj način vrši prijenos podataka bežičnim putem. Na drugoj strani, korisničkoj, nalazi se uređaj (računalo, mobilni telefon, tablet, sat, narukvica, televizor, rashladni uređaj, itd.) koji sadrži *Wi-Fi* mrežno sučelje s pripadajućim elementima i osigurava primanje i slanje signala, tj. prethodno formatiranih podataka. *Wi-Fi* se bazira na radio frekvencijama iznosa 2,4 GHz i 5 GHz, od kojih manja frekvencija pruža veći domet ali manju brzinu prijenosa, dok je kod veće to obrnuto, [4].

2.1.2 WiMAX

Isto kao i *Wi-Fi*, *WiMAX* predstavlja bežičnu komunikacijsku mrežu *802.16* standarda, koja radi na istom principu kao i *Wi-Fi* samo s puno većim dometom signala. U prosjeku, radijus *WiMAX* signala iznosi nekoliko desetaka kilometara, što je korisno u primjeni kod velikih gradova, s brzinom prijenosa do teoretskih 1 Gbps.

WiMAX za povezivanje s krajnjim korisnicima koristi *WiMAX* tornjeve, koji se mogu usporediti sa baznim stanicama ćelijskih mobilnih mreža, te *WiMAX* prijemnike integrirane u korisničke uređaje. *WiMAX* koristi *OFDM* (engl. *Orthogonal Frequency Division Multiplex*), koji omogućava prijenos podataka velikim brzinama, te *MIMO* (engl. *Multiple Input Multiple Output*) tehnologiju višestrukih putanja, što kao rezultat daje niže razine jakosti signala ili veće brzine prijenosa podataka, [5].

Zbog svojih karakteristika, *WiMAX* se primjenjuje u konceptu pametnih kuća i gradova, što se projicira kroz upravljanje i organizaciju prometne infrastrukture (automobili, vlakovi, javni prijevoz, vozila javne sigurnosti), prometne signalizacije i video nadzora, očitavanju pametnih energetske brojlara i ostalo, [4].

¹ IEEE je neprofitna stručna udruga i puni joj je naziv Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (Institut inženjera elektrotehnike i elektronike).

2.1.3 LTE / LTE-A

LTE ili *Long Term Evolution* je mobilna komunikacijska tehnologija, nazvana još i *4G* (4. generacija), koja pruža veće brzine prijenosa i manje latencije od svojih prethodnica (*3G - UMTS* i *HSPA*). Bazirana je na *IP* protokolu koji podržava *IPv4* i *IPv6* adresiranje, što uvelike olakšava komunikaciju pametnih uređaja. Isto kao i *WiMAX*, koristi *OFDM* i *MIMO* tehnologije, koje omogućavaju uspješno degradiranje refleksije i smetnji. Korištenjem *OFDMA* (engl. *OFDM Access*) tehnologije u dolaznoj liniji (*downlink*) i *SC-FDMA* (engl. *Single-Carrier Frequency Division Multiple Access*) u odlaznoj liniji (*uplink*), te *MIMO* tehnologije, omogućava karakteristične visoke brzine prijenosa i malo vrijeme kašnjenja.

Uz povećanje broja korisnika, a samim time i korisničkih zahtjeva, pojavila se potreba za nadogradnjom *LTE* sustava. Poboljšanjem *Rel-8* i *Rel-9* standarda razvijen je *Rel-10* standard ili *LTE-A* (engl. *LTE - Advanced*). Integriranjem novih tehnologija poput *CA* (engl. *Carrier Aggregation*), *CoMP* (engl. *Coordinated Multipoint*), *LTE Relaying*, *D2D* (engl. *Device to Device*), omogućene su veće brzine prijenosa (1 Gbps za *downlink*, 500 Mbps za *uplink*), veća spektralna učinkovitost (tri puta veća od *3G LTE*), manje kašnjenje (manje od 5 sekundi) i bolja mobilnost, [6].

2.1.4 Bluetooth

Bluetooth jedna je od najpoznatijih bežičnih tehnologija za prijenos podataka na male udaljenosti uz malu potrošnju električne energije, standardiziran kao *802.15.1* standard od strane *IEEE* organizacije. Temelji se na dvije osnovne tehnologije, *BR/EDR* (engl. *Basic Rate/Enhanced Data Rate*) i *Bluetooth LE* (engl. *Low Energy*). *BR/EDR* karakteriziraju velike brzine prijenosa u malom radijusu, dok se *Bluetooth LE* koristi za povezivanje *IoT* (engl. *Internet of Things*) uređaja, koji šalju manju količinu podataka, ali su ovisni o količini potrebne električne energije.

Bluetooth koristi nekoliko mrežnih topologija, točka-točka (*PPP*), *Broadcast* i *Mesh*, koje omogućavaju povezivanje većeg broja uređaja. Slanje i primanje signala zasniva se na 79 različitih frekvencija (kanala) koje se izmjenjuju u frekvencijskom spektru od 2,45 GHz *SSFH* metodom (engl. *Spread - Spectrum Frequency Hopping*) koja omogućava uređaju promjenu frekvencije i do tisuću puta u sekundi kako bi se smanjila interferencija sa susjednim uređajima, [4].

3. Klasifikacija nekonvencionalnih terminalnih uređaja

Za bolje razumijevanje svrhe završnog rada potrebno se je osvrnuti na povijesni razvoj terminalnih uređaja i njihovu sve jaču implementaciju u svakodnevni život ljudi, a u zadnje vrijeme i kućnih ljubimaca. U nastavku odlomka biti će opisan razvoj nekonvencionalnih terminalnih uređaja i njihova implementacija u čovjekovu svakodnevicu, kao i razne funkcionalnosti uređaja.

3.1 Igraće konzole

Jedna od najpoznatijih i najprodavanijih igračih konzola je *PlayStation* (u nastavku PS) platforma grupacije *Sony*. *Sony* je taj *brand* pokrenuo još rane 1994. godine te je od tada u prodaju pustio četiri inačice ove igraće konzole. Trenutno udio prodaje *PlayStation* konzole predstavlja 78 % profita tvrtke *Sony*. Prve inačice PS konzole puštene su u prodaju 3. prosinca 1994. godine, istovremeno se natječući sa *Sega Saturn*-om i *Nintendom 64*. PS konzole su prodane u 100 milijuna primjeraka.

PlayStation2 prvi put je objavljen u Japanu 4. ožujka 2000. godine, te je postao najprodavanija konzola ikad, s prodanih više od 155 milijuna platformi u 12 godina prodaje. Sinonim je šeste generacije igračih konzola, natječući se sa *Sega Dreamcast*-om, *Nintendo*-vim *Game Cube*-om i *Microsoft*-ovim *Xbox*-om. Poznata je po tome što je za tu konzolu proizvedeno više od 2000 igara i po tome što je većina igrica s prethodne konzole kompatibilna sa PS2 konzolom.

Pojavljivanjem PS3 konzole koja je predstavljena 11. studenog 2006. godine, počinje nova era igračih konzola. PS3 prodan je u više od 80 milijuna primjeraka diljem svijeta, a konkurenti su mu bili *Microsoft*-ov *Xbox* i *Nintendo Wii*. PS3 je među prvima implementirao *HDMI* izlaz i *Blu-ray* disk.

Nastavljajući svoju tradiciju, *Sony* je 15. studenog 2013. godine u Sjevernoj Americi objavio svoju konzolu PS4 koja je oborila rekord sa milijun prodanih konzola u 24 sata. Jedan od najvažnijih noviteta je podrška za VR (engl. *Virtual Reality*) igrice. *Sony* 2016. godine predstavlja *PS4 Pro*, koji omogućuje više memorije, veće grafičke razlučivosti (od 1080p do 1440p), te 4K tehnologiju (2160p), [7].

3.2 Pametni televizori

Apple TV bila je prva konzola koja je imala mogućnost emitiranja videozapisa visoke kvalitete. Korisnici su dobili priliku izbjeći velika i glomazna prijenosna računala i svoje željene filmove ili video sadržaj gledati na svome televizoru.

Govoreći o *Apple TV-u*, misli se na malenu kutiju koja je povezana s korisnikovim televizorom i Internet priključkom. Prepoznatljiv je po malim dimenzijama (veličine dlana). Podržava povezivanje mnogih *Apple* uređaja poput; *iPhone*, *iPod*, *Mac* i ostalih, što korisniku omogućava jednostavnije upravljanje uređajem te ostalim raznim *streaming* sadržajima, *iTunes* reprodukcijom, *AirPlay streaming*-om, itd., [8].

Platforma omogućava i preuzimanje više od 530 aplikacija, pjesama, videa i ostalih multimedijalnih sadržaja od trećih strana ili s *App Store*-a. Četvrta generacija *Apple TV*-a koristi *tvOS* operativni sustav koji razvojnim programerima omogućuje razvoj mnogih aplikacija jednostavnom modifikacijom koda. Programeri s lakoćom mogu povezati *iOS* sa *tvOS*-om, što je omogućilo široki spektar aplikacija dostupnih na *Apple TV-u*, [9].

Vidjevši *Apple*-ove uspjehe, *Google* je izdao svoju prvu verziju *Google TV*-a koja nije mogla konkurirati dotad vrhunskom *Apple TV-u*. Tek nakon tri generacije pametnih televizora počelo je tržišno i tehnološko nadmetanje tih dviju mega kompanija, gdje je *Google* svoj uspjeh okrunio predstavljanjem *Android TV*-a.

Android TV je u suradnji s *Google*-om omogućio korisnicima preuzimanje aplikacija s *Google Play*-a, poput *streaming* usluga (*Netflix* i *Hulu*) i jednostavnih igrica, što je vidljivo na slici 1. Da bi stekao takvu popularnost, *Google* se odlučio za koncept otvorenog sustava te je kao rezultat toga, dobio veliki odaziv razvojnih programera, koji svoju slobodnu volju i maštu pretvaraju u veliki broj korisnih aplikacija i zanimljivih igara, [9].



Slika 1: Izgled *Android TV* korisničkog sučelja, [54]

Budući da je na početku ove evolucije bilo moguće samo prenošenje sadržaja s pametnog uređaja na TV, današnje mogućnosti su jako unaprijeđene i donose nove interakcije, kao što je pregledavanje fotografija, igranje igrica i komunikacija s različitim aplikacijama.

3.3 Pametni uređaji u vozilima

Kako bih se opisao razvoj multimedijalnih sustava koji su implementirani u vozilima, potrebno je krenuti od početnih koraka razvoja audio i video sustava. 2000-ih godina počela je era *MP3 playera* koji su pohranjivali nekoliko tisuća minuta audio zapisa na jedan uređaj, a samim time, usporedno su se razvijali audio sustavi. Sljedeći korak bila je implementacija *USB-a*, *Bluetooth-a* i *aux kabela*, koja je omogućila pohranjivanje velikog broja pjesama i povezivanje vlastitih uređaja s audio sustavom vozila. Uz to razvoj *streaming* usluga rezultirao je razvojem aplikacijama poput *Spotify-a* i *Pandora-e*.

Uz *audio tuner* i *streaming*, veliku značajku u razvoju multimedijalnih sustava imaju navigacijski sustavi i sustavi za davanje informacija o prometu. Implementacijom takvih složenijih sustava povećava se složenost softvera, koji upravlja s grafičkim karticama i memorijom.

Razvojem složenijih sustava i višestrukih podsustava poput telefona, kontrole klime, prepoznavanje glasa, upravljanje gestama, i ostalo, zahtijevalo se je međusobno povezivanje kontrolnih jedinica (engl. *Engine Control Unit*, ECU) većeg broja vozila preko CAN i LIN protokola, [10].

Uz razvoj multimedijalnog sadržaja u automobilima, usporedno se odvija razvoj sigurnosnih sustava koji omogućavaju bezbrižnu vožnju i sve lakšu realizaciju komercijalizacije autonomnih vozila.

Vozila svoju interakciju s okolinom omogućavaju pomoću mnogih senzora, kamera i radara koji vrše razne zadaće, kao npr: automatsko parkiranje, automatsko kočenje, automatsko održavanje razmaka sa vozilima ispred i iza automobila, prepoznavanje prometnih znakova (pasivnih i aktivnih, znakovi i semafori) i ostale mogućnosti koje u današnje vrijeme više nisu luksuz za bogate, nego se mogu sresti i u automobilima srednje klase, [11].

Koncept pametnih vozila podrazumijeva široki spektar mogućnosti, od spajanja vozila na Internet, komunikacije sa drugim vozilima ili udaljenim centrima, pa sve do autonomnih vozila koja objedinjuju sve to. Upravo zbog razvoja autonomnih vozila, raste i broj raznih multimedijalnih rješenja čija je zadaća skratiti vrijeme vožnje vozaču (ili korisniku) autonomnog vozila od izvorišta do odredišta. Za to su zaslužni *Google-ov Android Auto* i *Apple-ov CarPlay* koji omogućavaju upravljanje multimedijalnim i drugim funkcijama u vozilu.

Jedan od novijih multimedijalnih sustava u automobilima je *Mercedes-ov COMAND Online* sustav koji omogućava razne mogućnosti u smislu zabave i informiranja vozača i putnika u vozilu. Sastoji se od ekrana visoke razlučivosti osjetljivog na dodir dijagonalne veličine od 31,2 cm (12,3"), što je prikazano na slici 2, navigacijom s 3D prikazom karata i dinamičnim vođenjem rutom pomoću *Live Traffic Information* (podaci o prometu u stvarnom vremenu) funkcije. Uz to omogućava korištenje aplikacija *Mercedes-Benz Apps* tijekom vožnje, te sadrži pristupnu točku za WLAN/Wi-Fi koja omogućuje spajanje do 3 pametna uređaja. Integracija pametnog telefona u *COMAND Online* sustav omogućuje se putem

aplikacije *Android Auto* ili *Apple-ovog CarPlay-a*, te medijskim i USB sučeljem i utorom za SDHC karticu, [11].



Slika 2: Izgled korisničkog sučelja *COMAND Online* sustava

Izvor: [58]

Osim zabavnog sadržaja, pametna vozila u mogućnosti su implementirati razna aplikativna rješenja, što dokazuje aplikacija pod imenom *Putni anđeo*. Ona je osmišljena da sama detektira prometnu nezgodu na osnovu promjene brzine kretanja vozila, buke u vozilu i ostalih parametara, te automatski šalje poziv hitnim službama što uvelike skraćuje vrijeme intervencije, uz točno lociranje vozila i unesrećenih osoba, [12].

3.4 Nosivi uređaji

Govoreći o nosivim uređajima, misli se na pametne satove, narukvice, naočale, a u posljednje vrijeme i na pametnu odjeću. Jedna od glavnih karakteristika im je nadgledanje vitalnih funkcija i praćenje korisnikove lokacije. U nastavku će biti opisani nosivi uređaji s naglaskom na pametne satove.

Pametni sat

U suradnji sa *IBM-om*, Steve Mann je 1998. godine izradio koncept pametnog sata na *Linux* platformi, dizajniran za uspostavljanje bežične komunikacije s osobnim računalima, mobitelima i drugim bežično povezivim uređajima. Kralj među GPS uređajima, *Garmin*, 2003. godine predstavio je *Forerunner* koji je temelj sportskih satova, s mogućnošću mjerenja brzine, udaljenosti, tempa i utrošenih kalorija, [13].

Predvođeni uspjesima u prošlosti, tvrtke su nastavile razvoj pametnih satova i njihovih operativnih sustava. 2012. godine *Sony* predstavlja popratni uređaj za *Xperia* liniju uređaja, *Sony-ov SmartWatch* pokretan je *Android OS-om*, koji je prikazivao svoje mogućnosti na 1,3“ *OLED* zaslonu osjetljivom na dodir.

Ni ostale tvrtke nisu zaostajale pa je tako 2013. godine *Samsung* započeo svoju *Galaxy Gear* seriju, nakon toga i *Galaxy Fit* seriju, čiji su uređaji nešto manjih dimenzija. Nekoliko

godina kasnije, pridružuje im se i *Apple* sa svojom *iWatch* serijom. Neke verzije pametnih satova prikazane su na slici 3.



Slika 3: Popularni pametni satovi u 2019. godini, [14]

Osjetljivost ekrana na dodir i GPS lociranje nisu jedine odlike i karakteristike pametnih satova; koncipirani su na način da sadrže svoju vlastitu vezu s Internetom ili se povezuju na određeni pametni mobilni uređaj preko *Bluetooth* tehnologije, što pretežito koriste *Samsung* i *Apple*. Pametni satovi koji sadrže vlastitu vezu, sadrže i SIM karticu koja omogućava povezivanje uređaja s mobilnom mrežom.

Osim toga, pametni satovi mogu reproducirati glazbu, slike i video sadržaj, mjeriti otkucaje srca, broj koraka prijeđenih u danu ostalo. Napretkom tehnologije, u pametne satove integrirane su funkcije primanja audio i tekstualnih poruka, omogućavanje telefonskih poziva, te primanje i slanje elektroničke pošte. Neki modeli sadrže i kameru niske kvalitete ili mogućnost aktiviranja kamere na pametnom telefonu pomoću pametnog sata, [15].

Pametne naočale

Kao što satovi i narukvice postaju „pametni“, tako su i naočale postale dio pametnog okruženja, koje se svakim danom povećava i usavršava. 2017. godine *Google* je predstavio svoje prve pametne naočale koje su probile led u razvijanju takve vrste uređaja. Pametne naočale ne razlikuju se mnogo od standardnih dioptrijskih naočala, što ih čini teže uočljivim prilikom nekih zlonamjernih postupaka.

U desnom krilu okvira naočala nalazi se projektor malih dimenzija koji projicira sliku na staklo samih naočala, usmjerenog tako da korisnik podizanjem pogleda izbjegava reproduciranu sliku. Neki od elemenata pametnih naočala prikazani su na slici 4. *Google* je istraživanjima ustanovio da je gledanje kroz pametne naočale isto kao i gledanje u 25“ (63,5 cm) ekran s udaljenosti od 2,5 metra ili 8 stopa, [16].



Slika 4: Izgled pametnih naočala i popratnih elemenata, [17]

Pametne naočale sadrže senzore poput kamere, mikrofona, magnetometra, akcelerometra, žiroskopa, senzora svjetline, senzora osjetljivog na dodir i slušalice s koštanom provodljivošću.

Google pametne naočale povezuju se pomoću *Wi-Fi* ili *Bluetooth* tehnologije, a imaju mogućnost snimanja fotografija, videozapisa, pozivanja i slanja poruka, te korištenja *Google* navigacijskih mapa. Za aktivaciju, potrebno je samo reći određenu naredbu i naočale će automatski reagirati i ostvariti željenu radnju.

Siemens-ov pilot projekt u postrojenjima tvrtke *Siemens Industrial Turbomachinery* u Brnu pokazao je zadivljujuće rezultate implementacijom pametnih naočala, gdje su radnici s iskustvom vrijeme potrebno za sastavljanje određene komponente sa 6 sati smanjili na 0,66 sati, a početnici sa 6 sati na 3,5 sati, [18].

4. Operativni sustavi nekonvencionalnih terminalnih uređaja

Kako bi sklopovska oprema (*hardware*) mogla iskoristiti svoje mogućnosti, potreban joj je odgovarajući operativni sustav koji će upravljati procesima i odgovarati na korisničke zahtjeve. Jedna od glavnih podjela operativnih sustava (u nastavku OS) je na otvorene i zatvorene, što podrazumijeva razvojne mogućnosti OS-a od strane neautoriziranih programera.

Otvorenim operativnim sustavima omogućena je modifikacija programskog koda, što za posljedicu ima ispravljanje grešaka i optimiziranje OS-a prema potrebama korisnika. Primjeri takvih sustava su *BSD*, *Linux*, *Android*, *Symbian* i drugi.

Zatvoreni OS imaju zatvoreni programski kod koji zahtjeva autorizaciju za izvršavanje bilo kakvih izmjena, ograničavajući time njegovu fleksibilnost. Razvijani su od strane proizvođača terminalnih uređaja, a najpoznatiji su *Apple iOS*, *BlackBerry OS*, *Samsung Bada*, *Palm OS* i drugi.

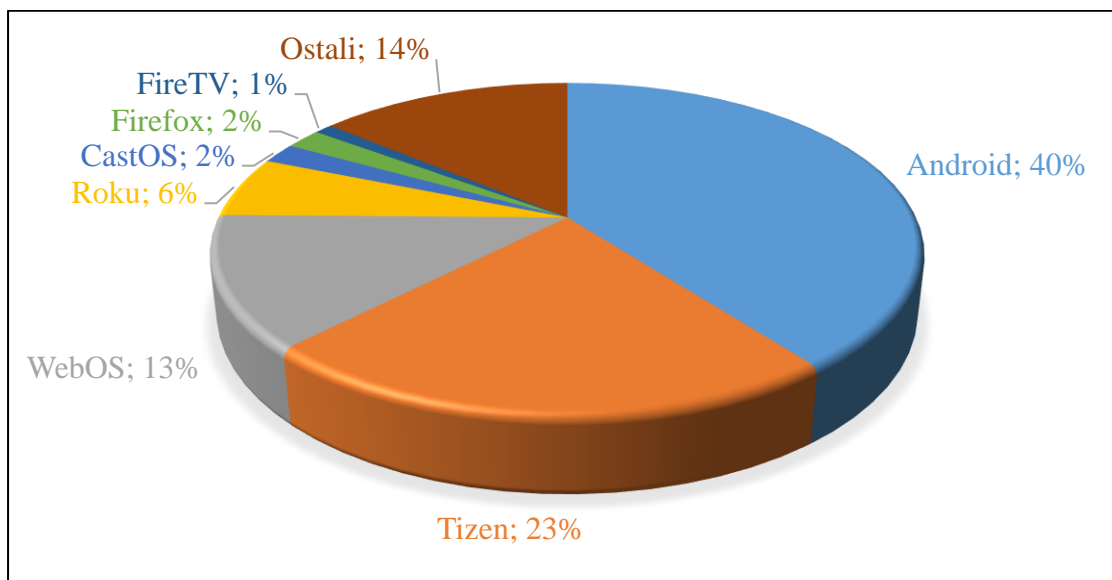
Kao drugu vrstu podjele operativnih sustava, može se navesti njihova konvencionalnost, što znači da se OS dijele na konvencionalne i nekonvencionalne, [19].

- Konvencionalni OS podrazumijevaju operativni sustav kojeg koriste tradicionalni terminalni uređaji poput stolnog računala, prijenosnog računala, pametnog mobilnog telefona i tableta. Oni se detaljnije dijele na OS za samostojeće, terminalne i poslužiteljske operativne sustave, od kojih će se u ovom radu obraditi terminalni OS.
- Nekonvencionalni OS predstavljaju operativne sustave razvijene za potrebe pametnih terminalnih uređaja od strane raznih tvrtki i udruženja za razvoj softverskih rješenja.

Različite vrste pametnih terminalnih uređaja koriste različite vrste operativnih sustava, koji će biti opisani u nastavku kroz klasifikaciju pametnih terminalnih uređaja, [20].

4.1 Operativni sustavi pametnih televizora

Razvoj pametnih televizora potaknuo je i razvoj operativnih sustava za pokretanje i upravljanje pametnih televizora. Najčešće implementirani operativni sustavi su *Tizen*, *webOS*, *AndroidTV*, *Roku*, *Vidaa*, *Firefox OS* i *Sophi*. Sljedeći grafikon prikazuje tržišni postotni udio svakog operativnog sustava. Neki od njih bit će detaljnije opisani u nastavku.



Grafikon 2: Prikaz tržišnih udjela operativnih sustava pametnih televizora za 2018. godinu

Izvor: [21]

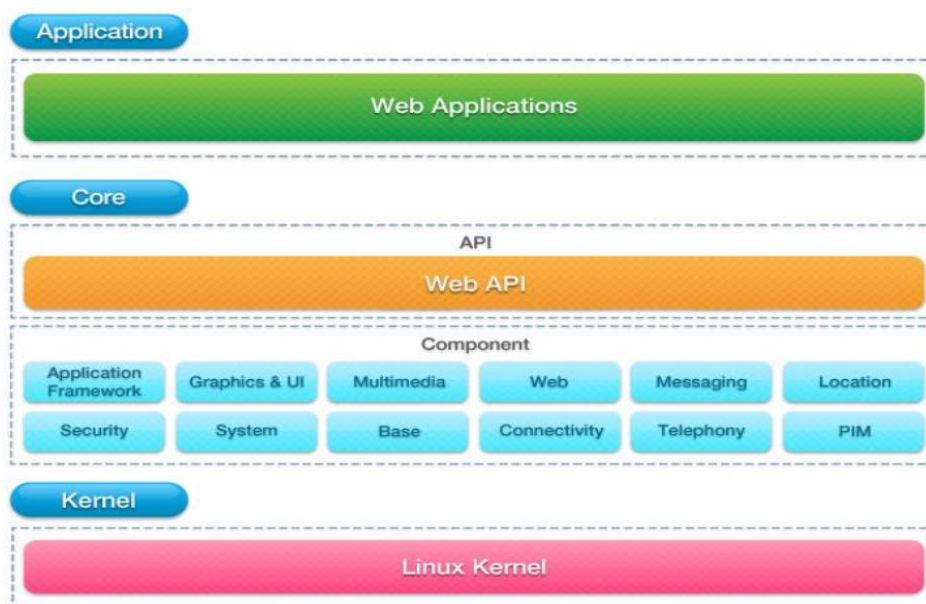
Iz prethodnog grafa vidljivo je kako je *Android* operativni sustav daleko najkorišteniji, a slijede ga *Tizen* i *webOS*. *Android* je svoju popularnost stekao svojom otvorenošću, tj. omogućio je modifikaciju koda. Kako bi uspješno konkurirali *Android*-u, *webOS* i *Tizen* su također omogućili modifikacije, čime je razvojnim programerima omogućena prilagodba rada i funkcionalnosti uređaja.

4.1.1 Tizen OS

Tizen je operativni sustav otvorenog koda, baziran na *Linux* jezgri, kojeg u najvećoj mjeri koristi *Samsung* za razvoj pametnih uređaja. *Samsung*-ovom implementacijom *Tizen OS*-a omogućeno je centralizirano upravljanje svih *Samsung*-ovih uređaja pomoću pametnog televizora, također je omogućeno povezivanje uređaja i reproduciranje multimedijskog sadržaja ili *casting*, s pametnog telefona na televizor pomoću *WiFi Direct*² i *BLE (Bluetooth LE)* tehnologije, [22].

Kako bi zadovoljio potrebe korisnika, *Tizen* je razvio bazu otvorenog koda *Tizen Common* koja omogućava razvijanje vlastite konfiguracije, tj. optimizaciju procesorskih radnji, memorije i napajanja, što uvelike ide u korist njegovoj fleksibilnosti i robusnosti. Uz to, *Tizen* je omogućio korištenje *HTML5*³ tehnologije povezane s *web* tehnologijama, koje omogućuju kraće cikluse razvoja, blisku suradnju s *web*-om i smanjenje troškova samog razvoja i izrade aplikacija. Na taj način ostvaruje se mogućnost izrade hibridnih mobilnih aplikacija koje se sastoje od lokalno pohranjenih *HTML*, *JavaScript* i *CSS* datoteka, [22].

Pošto je *Tizen* koncipiran za rad na različitim vrstama pametnih mobilnih uređaja, svoj razvoj je temeljio na implementaciji *web* aplikacijskog sučelja koje mu pružaju mogućnost lakšeg razvoja i integracije *web* aplikacija u sami sustav. Ilustracija prikazana na slici 5 prikazuje arhitekturu *Tizen* operativnog sustava za pametne mobilne telefone i tablete. Arhitektura *Tizen OS*-a temelji se na tri sloja: aplikacijski sloj, jezgreni sloj i jezgra, [23].



Slika 5: Grafički prikaz arhitekture *Tizen OS*-a, [23]

² Wi-Fi Direct omogućava da dva uređaja uspostave izravnu Wi-Fi vezu bez potrebe za bežičnim usmjerivačem

³ HTML 5 je bazna tehnologija Interneta koja se koristi za prikazivanje *web* stranica i njenog sadržaja korisnicima na Internetu putem *web* preglednika

Aplikacijski sloj zaslužen je za podršku *web* aplikacijama koje maksimalno koriste funkcionalne karakteristike uređaja.

Jezgreni sloj sastoji se od *Tizen* API-a (engl. *Application Programming Interface*) i *Tizen* jezgrenih usluga (komponentata). *Tizen* API omogućava programerima razvoj *web* aplikacija pomoću *Tizen Web* API-a.

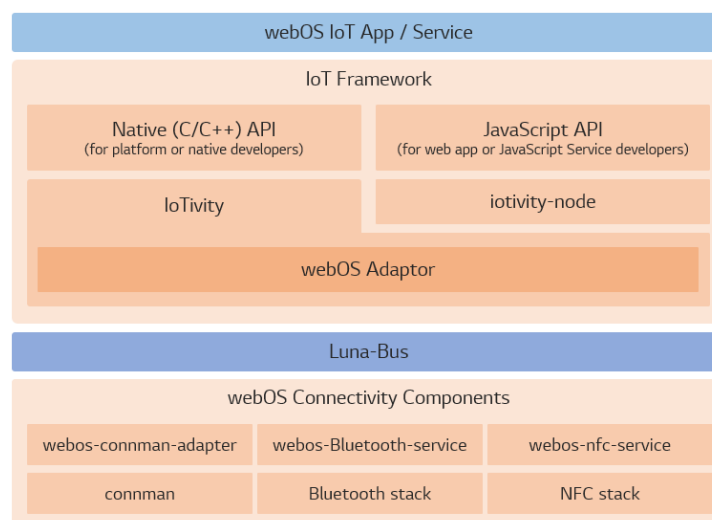
Jezgra podrazumijeva *Linux* jezgru te upravljačke programe uređaja.

4.1.2 WebOS

Drugi najpopularniji operativni sustav pametnih televizora implementirao se u *LG*-eve *OLED* televizore, u čak 70 milijuna. Kako bi se uspješno nosio s konkurencijom, započet je projekt otvorenog koda, nazvan *webOS Open Source Edition* (OSE), koji omogućava razna proširenja vertikalnih struktura. OSE uključuje *IoTivity* i *iotivity-node* koji programerima pruža mogućnost implementacije *web* aplikacija, izvornih aplikacija i ostalih usluga potrebnih za podršku *IoT* povezivanja, [24].

- **IoTivity**: pruža implementaciju OCF (engl. *Open Connectivity Foundation*) standardnih specifikacija otvorenog koda,
- **iotivity-node**: modul čvora implementiran kao izvorni dodatak pomoću *IoTivity*-a za pružanje *JavaScript* API-a za OCF funkcionalnost.

Kako bi *webOS* imao pristup *IoTivity* mogućnostima, potrebno je implementirati odgovarajući adapter koji omogućava interakciju s komponentama *webOS*-a pomoću *LunaBus* sabirnice. Adapter omogućava nadziranje statusa povezivanja te slanja i primanja podataka o prijenosu podataka koji nisu *IP*, *BLE* ili *BT* formata. Na slici 6 prikazana je slojevita struktura implementacije *webOS* komunikacijskih komponentata, te *webOS IoT* aplikacija i servisa.



Slika 6: Prikaz slojevite strukture *webOS* komunikacijskog sustava, [24]

Svojom raznolikošću i jednostavnošću *webOS* korisniku omogućava razne funkcije, poput:

- *Magic Link* omogućava reprodukciju TV serija, filmova i videozapisa s integriranim *YouTube* i *Netflix* aplikacijama
- *Magic Zoom* opcija omogućava korisniku uvećanje slike i do 300% pomoću kotačića na daljinskom upravljaču, spremanje slike zaslona ili snimanje kratkog video zapisa prilikom prijenosa uživo, te pohranu istog na USB memoriju
- *Music Player* aplikacija omogućava reprodukciju audio sadržaja kroz zvučnik TV-a čak i kad je TV ugašen, ili istovremeno reproduciranje audio sadržaja i prikaz stihova trenutne pjesme
- Pregledavanje VR sadržaja uz pomoć *Magic Remote* daljinskog upravljača

Kao bitnu novinu, nezaobilazno je navesti da *webOS* platforma ima certificirani *Security manager*, koji korisniku osigurava bezbrižno iskustvo, bez straha od neovlaštene instalacije zlonamjernih aplikacija, [25].

4.1.3 Ostali operativni sustavi

Roku operativni sustav temelji se na *Linux* jezgri koja pruža podršku trima *Roku* uređaja koji korisniku omogućuju *streaming* usluge uz visoku kvalitetu slike. Uređaj je jednostavan i koristan, potreban mu je pristup na Internet kako bi uspješno i kvalitetno omogućio pristup i kontrolu multimedijskog sadržaja. Prije spomenuti uređaji podrazumijevaju *Roku Box*, *Roku Streaming Stick* i *Roku TV*, [26].

Roku OS omogućava pristup velikom broju kanala, čak njih 4500, ovisno o lokaciji korisnika i kvaliteti internetske veze. Naravno, ti kanali podrazumijevaju poznate *Netflix*, *Vudu*, *Amazon Instant Video*, *Hulu*, *Pandora* i druge.

Firefox OS produkt je tvrtke *Mozilla*, a zasnovan je na *Linux* i *Mozilla Gecko* tehnologiji, tj. podržava otvorene *web* standarde poput *HTML5*, *CSS3* i *JavaScript*. Glavna karakteristika *Firefox OS*-a je ta što je svaka implementirana aplikacija poput kamere, *web* preglednika ili kalkulatora, ustvari *web* stranica koja se na uređaju pokreće poput obične aplikacije.

Prvi pametni televizor koji je 2015. godine implementirao *Firefox OS* bio je *Panasonic VIERA Smart TV*. Najnovija verzija sustava je 2.5 koja omogućava sinkronizaciju *Firefox*-ovih značajki na pametnom televizoru i drugim uređajima s *Firefox* operativnim sustavom, [27].

Apple-ov *tvOS 13* operativni sustav nudi pregršt novih mogućnosti, poput podrške za veći broj korisnika, mogućnost centraliziranog upravljanja uređajem, podršku za *PS4* i *Xbox* kontrolere, opciju karaoke sinkroniziranu s *Apple Music* aplikacijom i još mnogo toga. Najvažniji novitet je integracija pametne pomoćnice *Siri*, što korisnicima omogućava glasovnu pretragu željenog sadržaja. Prvu put je uvedena podrška za veći broj korisnika, što omogućava više prilagođenih korisničkih profila na *Apple TV*-u, [28].

4.2 Operativni sustavi pametnih satova

U ovom odlomku biti će opisani neki operativni sustavi pametnih satova, tj. oni koji se najviše ističu od svih ovdje navedenih: *WatchOS*, *WearOS (Android Wear)*, *Tizen*, *Pebble OS*, *Harmony OS* i *Swiss OS*. Iz tablice 1 vidljivo je kako broj prodanih uređaja raste, što je posljedica razvoja samih uređaja i njihovih operativnih sustava.

Tablica 1: Prikaz udjela tržišta i broja prodanih pametnih nosivih uređaja u milijunima

Kompanija	Br. prodanih uređaja u 2018. godini	Udio tržišta u 2018. godini	Br. prodanih uređaja u 2017. godini	Udio tržišta u 2017. godini	Rast ili pad prodaje
1. Apple	4,7	17%	3,4	13%	38,4%
2. Xiaomi	4,2	15,1%	3,5	13,3%	19,8%
3. Fitbit	2,7	9,5%	3,4	12,8%	-21,7%
4. Huawei	1,8	6,5%	0,8	3,1%	118,1%
5. Garmin	1,5	5,3%	1,4	5,4%	4,1%
Ostali	13	46,6%	13,8	52,4%	-6,2%
Ukupno	27,9	100%	26,4	100%	5,5%

Izvor: [29]

U tablici 1 prikazano je pet vodećih kompanija koje se natječu na tržištu pametnih nosivih uređaja, razdoblje analize tržišta je za 2017. i 2018. godinu, a broj prodanih uređaja kreće se u milijunima, dok je broj tržišnog udjela u postocima, zadnji stupac pokazuje postotak napretka, tj. rasta ili pada prodaje pametnih nosivih uređaja pojedine kompanije, [30].

4.2.1 WatchOS

WatchOS predstavlja operativni sustav *Apple Watch*-a, kojega je *Apple* predstavio 24. travnja 2015. godine, zajedno sa svojom prvom inačicom *Apple Watch series 1*. Kako bi bio kompatibilan s ostalim *Apple* uređajima, *WatchOS* temelji se na *iOS* operativnom sustavu i generira API pod imenom *WatchKit*.

Pametni sat *Apple Watch* sastoji se od tri glava elementa: *WatchOS* operativnog sustava, *Watch* aplikacije i *WatchKit* proširenja. *Watch* aplikacija sadrži korisnikov spremljeni sadržaj, dok *WatchKit* proširenje sadrži aplikativne kodove i dodatne resurse. Njihova međusobna komunikacija odvija se pomoću *Watch Connectivity* radnog okruženja, [31].

WatchOS omogućava funkcije poput: nadgledanja razine decibela, jakosti signala, vremenske prognoze, postavljanje alarma, prepoznavanje pjesme pomoću *Siri* ili *Shazam* aplikacije, glasovno pretraživanje *web*-a, razne *fitness* mogućnosti (broj koraka, prijeđena udaljenost, konfiguraciju terena i ostalo), glasovno prelistavanje dokumenata, praćenje simptoma i stanja menstrualnog ciklusa kod ženske populacije, i ostalo. [32]

4.2.2 Wear OS / Android Wear

WearOS je operativni sustav korišten u pametnim nosivim uređajima, dizajniran i razvijan od *Google*-a. Prve inačice *Google*-ovih operativnih sustava pametnih satova nosile su ime *Android Wear*, koji je 2018. godine preimenovan u *Wear OS*, [33].

Wear OS, kao i većina operativnih sustava otvorenog koda, temelji se na *Linux* jezgri, koja uz pomoć *Android Studio*-a i SDK (engl. *Software development kit*) razvojnim programerima omogućava modificiranje samog sustava uređaja.

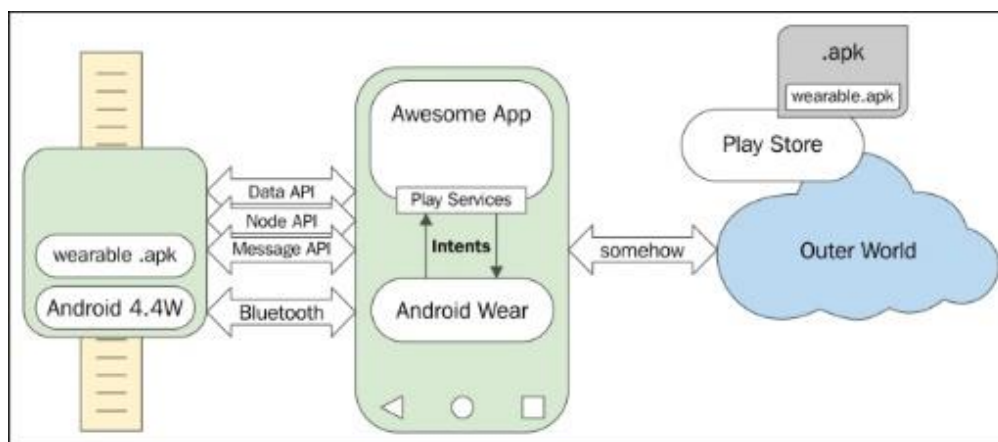
Predstavljanjem novog ažuriranja, neobično nazvanog „H“, korisnicima je omogućeno nekoliko funkcija navedenih u nastavku:

- Pametni sat prikazuje preostalo vrijeme rada uređaja u trenutku kada kapacitet baterije padne ispod 10 posto,
- Nakon 30 minuta neaktivnosti, pametni sat će se automatski prebaciti u stanje mirovanja (*stand by*)
- Značajka „isključivanje u dva koraka“ koja korisniku omogućava isključivanje uređaja držanjem tipke za napajanje i dodiranjem tipke za isključivanje
- Ponovni odabir i aktivacija aplikacije koja je nedavno korištena.

Google Assistant u interakciji s *Wear OS*-om omogućava korisniku komunikaciju s ostalim pametnim uređajima u *Google Home* okruženju, kao npr. zagrijavanje pametne pećnice, provjeru redoslijeda vožnje javnog prijevoza ili prikaz puta na *Google* kartama.

Pošto je *Wear OS* operativni sustav otvorenog koda, neke tvrtke počele su ga implementirati u svoje pametne uređaje, pa tako imamo primjer gdje tvrtka *Tag Heuer* predstavlja svoj pametni sat *Connected Modular 45*, predstavljen 2017. godine.

Android Wear za komunikaciju s pametnim mobilnim uređajima koristi *Bluetooth* tehnologiju. Nakon što se sat i mobilni uređaj povežu pomoću *Google Play* servisa, pokreće se prijenos podataka, kao što su razne obavijesti i poruke, [34].



Slika 7: Komunikacijska arhitektura *Android Wear OS*-a, [34]

Nakon što je uspostavljena komunikacija, kako je prikazano na slici 7, uređaji su spremni za razmjenu podataka te započinju s prijenosom. Prilikom aktivnog rada, uređaji su u mogućnosti odrađivati zasebne funkcije, tj. mobilni uređaj može imati aktiviranu funkciju kamere, dok će u istom trenutku pametni sat imati upaljen *GPS* koji će određivati korisnikovu trenutnu lokaciju, a samim time i lokaciju na kojoj je snimljena fotografija.

Kako bi se lakše razumjela slika 7, potrebno je opisati svaki API zasebno, što je evidentirano u nastavku:

- **Node API:** služi za praćenje svih povezanih ili ne povezanih čvorova (uređaja, senzora i ostalo) koji su aktivirani unutar mreže pomoću *NodeListener* metode,
- **Message API:** metoda *MessageApi* odgovorna je za slanje kratkih poruka svakom povezanom čvoru u mreži,
- **Data API:** odgovorna je za sinkronizaciju podataka između povezanih uređaja, te vodi brigu o radu sinkronizacijskog mehanizma na oba čvora komunikacijske mreže. Prilikom prekidanja konekcije između pametnog sata i pametnog mobilnog uređaja, podaci neće biti izgubljeni, nego će se automatski poslati nakon sljedećeg uspostavljanja veze, [34].

4.2.3 Ostali operativni sustavi pametnih satova

Fitbit OS predstavnik je *fitness* nosivih uređaja, koji je se probija na tržište pametnih satova. Pametni sat *Versa* moguće je povezati sa svim vrstama popularnih operativnih sustava, što podrazumijeva *Android*, *iOS* i *Windows*, [57].

Garmin OS je također fokusiran na *fitness* kategorije nosivih uređaja te također omogućava odgovaranje na pozive, slušanje glazbe i pokretanje raznih aplikacija.

Tizen OS za nosive uređaje razvijen je od strane nekoliko vodećih kompanija (*Intel*, *Vodafone*, *Samsung* i manje poznati *Orange*). Poznat je po tome što je OS otvorenog koda te ima mogućnost pokretanja vlastitih aplikacija na pametnim satovima. Mana ovog operativnog sustava je mali broj kompatibilnih *Samsung* pametnih telefona s kojima može biti povezan, [57].

Pebble OS razvijen je od strane *Pebble Technology Corp*-a, a glavna karakteristika mu je predstavljanje prilagođene verzije *FreeRTOS*-a. Ima mogućnost povezivanja s *iOS* i *Android* pametnim telefonima te pruža mogućnost prikazivanja obavijesti i praćenje korisnikove fizičke aktivnosti.

4.3 Operativni sustavi pametnih vozila

Kao baza operativnih sustava autonomnih i pametnih vozila spominje se *Linux*, što predstavlja determiniranu inačicu stvarno vremenskog operativnog sustava, (*RTOS*, engl. *Real Time OS*), [35].

Kako je već poznato da je „mozak“ svakog automobila njegovo računalo, tj. *ECU*, velika pažnja posvećuje se upravo tom elementu pametnog automobila. Implementacija većeg broja sustava u jedan sustav autonomnog vozila, stvara potrebu za korištenjem više operativnih sustava. Sve komponente autonomnog vozila upravljane su od strane *ECU*-a, što dovodi do toga da se *ECU* može karakterizirati u dvije kategorije:

- *ECU* zaslužni za kontrolu rada automobila, što podrazumijeva upravljanje, potrošnju goriva, kočenje i ostalo, najčešće su pokretani operativnim sustavima u stvarnom vremenu (*RTOS*)
- *ECU* zaslužni za informacijsko - zabavne sustave i za pokretanje određenih aplikacija, što im daje karakteristiku osobnog računala ili pametnog mobilnog telefona.

Kao uvod u informacijsko - zabavne sustave u vozilima, potrebno je spomenuti određene protokole koji upravljaju radom takvih naprednih sustava. U realizaciji ovakvih sustava koristi se nekoliko protokola, koje određuje sam proizvođač, a neki od njih su: *Controller Area Network (CAN)*, *Local Interconnect Network (LIN)*, *Media Oriented Systems Transport (MOST)*, kao i *Ethernet* i *TCP / IP* zasnovane mreže poput *BroadR-Reach*.

Razvoj takve vrste operativnih sustava pokrenuo je lavinu novih rješenja, poput *QNX Neutrino*, *BlackBerry QNX*, *WindRiver VxWorks*, *Green Hills INTEGRITY® OS*, *NVIDIA DRIVE™*, *Mentour Nucleus® OS*, *Linux*, *Android Automotive OS*, *Apple CarPlay*, *ROS (Robotic Operating System)*, *Microsoft* i ostali. Neki od njih biti će detaljnije opisani u nastavku, [35].

4.3.1 Linux

Kao jedna od najpopularnijih jezgri operativnih sustava pametnih uređaja, tako i Linux ima svoje mjesto u razvoju autonomnih vozila i informacijsko - zabavnih sustava. Od tri postojeće vrste *Linux*-a, u autoindustriji koriste se dvije: *Ubuntu* i ugrađeni *Linux*. Automobilske marke koje ga koriste su: *BMW*, *GM*, *VW*, *Toyota*, *Chevrolet*, *Honda*, *Mercedes*, *Tesla*, *Lyft* i *Baidu*.

4.3.2 Android Automotive OS

Android Automotive predstavlja operativni sustav za implementaciju u vozilima razvijen od strane *Google*-a. Uz mogućnosti integracije s *Android OS*-om, omogućava široku lepezu funkcionalnosti.

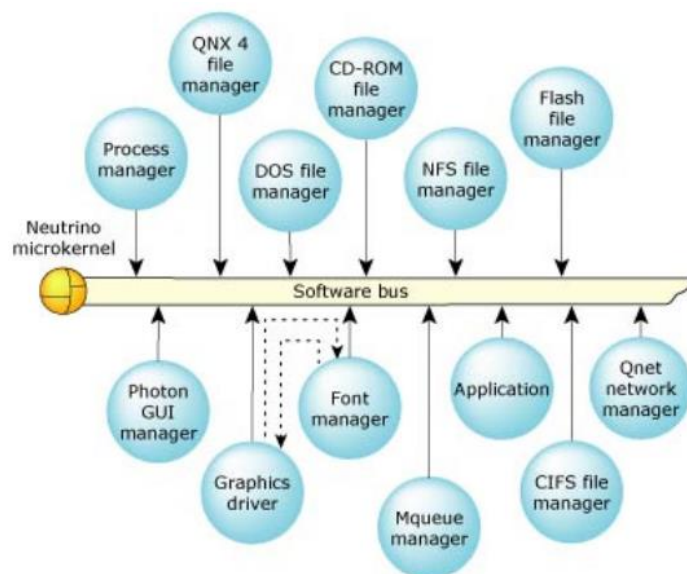
Kako ne bi došlo do zabune, važno je napomenuti razliku između *Android Auto* i *Android Automotive* aplikacije. *Android Auto* zaslužan je za prikaz podataka s pametnog mobilnog uređaja na komandnu ploču automobila, dok je *Android Automotive* korišten u ulozi hardverskog podsustava, koji prikuplja podatke o stanju vozila i omogućava implementaciju tih podataka u *Android* aplikacije, [36].

Kako bi se napredni sustavi lakše implementirali u vozila, inženjeri se koriste HAL (engl. *Hardware Abstraction Layer*) modulima, koji se pomoću HAL sučelja povezuju s vozilom. Neke osnovne implementacije uključuju integraciju mikrokontrolera koji pokreće RTOS kako bi pristupio CAN vezi, koji se dalje povezuju s centralnim procesorom *Android Automotive* operativnog sustava, [36].

4.3.3 BlackBerry QNX

Jedna od poznatijih informacijsko - zabavnih platformi, koja proizvođačima pruža bogato grafičko sučelje, upravljanje multimedijama, pretraživanje *web*-a, glasovne naredbe, OTA (engl. *Over-the Air*) ažuriranje sustava, te integraciju *third-party apps*, [37].

Zbog modularne arhitekture, *BlackBerry QNX* dostupan je standardnim proizvođačima automobila koji na osnovu ovoga sustava razvijaju razne prototipove i platforme.



Slika 8: Prikaz arhitekture *QNX mikrokernel-a*, [37]

Kako bi se postigle određene karakteristike, *QNX OS* koristi *UNIX mikrokernel*, prikazan na slici 8, čija je zadaća implementacija četiri osnovnih funkcija: [55]

- Međuprocena komunikacija
- Mrežna komunikacija na nižoj razini
- Zakazivanje procesa
- Prekidanje procesa

4.3.4 Ostali operativni sustavi pametnih vozila

Jedan od najpoznatijih pametnih vozila je *Tesla*, koji je zasigurno predvodnik ovakve vrste vozila. Najpoznatiji *Model S* predstavljen je 2012. godine, dok su *Model X* i *Model 3* nadograđene verzije pametnog vozila. Najnovija verzija operativnog sustava je verzija 9.0, koju je moguće preuzeti pomoću 17“ zaslona osjetljivog na dodir u samom automobilu, što uvelike olakšava buduće nadograđivanje sustava, [38].

Nova značajka predstavlja mogućnost dijeljenja željene lokacije s aplikacije na pametnom telefonu koja automatski obavještava navigacijski sustav vozila i priprema vozilo za daljnje putovanje.

Rimac Infotainment sustav tvrtke *Rimac Automobili* u zadnjih nekoliko godina razvija sve bolje sportske automobile na električni pogon. Uz takav koncept vozila obavezno je implementirati kvalitetan informacijsko – zabavni sustav, koji se u ovom slučaju bazira na *Linux* jezgri, tj. *Boot2Qt framework-u*.

Kako bi opravdao svoju popularnost, *Rimac Infotainment* sustav komunicira sa svim sustavima vozila te na taj način omogućava praćenje i ugađanje raznih sustava samog vozila. Neke od funkcija podrazumijevaju ugađanje visine ovjesa, odabira boje unutarnjeg osvjetljenja ili raspodjelu snage i pomoć pri upravljanju, [39].

Uz tehničke funkcije vozila, korisnicima je omogućen pristup raznim informacijama i medijima, kao npr. stanje prometa uživo ili reprodukcija željene *online* radio stanice. Kako bi se omogućilo povezivanje na Internet *Rimac Infotainment* sustav koristi *GPRS* ili *3G* tehnologiju prilikom vožnje, ili *Wi – Fi* tehnologiju kada je stacioniran.

5. Mogućnosti prikupljanja podataka nekonvencionalnih uređaja

Napretkom tehnologije i tehnike izrade pametnih uređaja, implementacijom raznih senzora i naprednih mrežnih tehnologija, pametni uređaji prikupljaju i procesuiraju veliku količinu podataka i metapodataka. Stručne procjene govore o 190 milijuna prodanih nosivih uređaja do 2022. godine, [40].

Uz dobro poznate multimedijske i komunikacijske funkcije pametnih uređaja, potrebno je spomenuti i funkcije poput praćenja korisnikovog sna, razine stresa, brzine otkucaja srca, temperature kože, i ostale, koje prikupljaju određenu količinu podataka.

Spomenutim napretkom u razvoju pametnih uređaja, dolazi do raznolikosti nekonvencionalnih uređaja, tj. do raznolikosti senzora i izvora podataka, a samim time i načina prikupljanja i vrste prikupljenih podataka. Takav scenarij potaknu je napredak interoperabilnosti, tj. razvoj posebnih standarda, dok se u međuvremenom pojavio problem s privatnošću prikupljenih i prikupljenih podataka, [40].

Kako bi se podaci sigurno i cjelovito prikupili, analizirali i pohranili, potreban je skup različitih sustava, čija je zadaća prikupljanje, prijenos, trajna pohrana i analiza podataka generiranih od strane pametnih uređaja (konvencionalnih i nekonvencionalnih), [41].

Određene funkcije sustava spomenutih u gornjem dijelu teksta:

- **Prikupljanje podataka:** senzori su zaslužni za evidentiranje određenih parametara integracijom u pametne uređaje,
- **Prijenos podataka:** prikupljeni podaci mogu se prenijeti na računalo ili pametni mobilni telefon, koji predstavlja posrednika do konačne pohrane podataka u trajnu memoriju,
- **Trajna pohrana podataka:** najčešće se trajna pohrana podataka odvija na vlasničkim poslužiteljima, gdje su dostupne korisnicima i vanjskim suradnicima trećih strana,
- **Analiza podataka:** odnosi se na analitičku obradu podataka kako bi se dobili određeni rezultati koji razvojnim programerima pomažu u optimizaciji aplikacija i povećanju efikasnosti uređaja, [41].

5.1 Prikupljanje podataka pametnih satova i narukvica

Život korisnika postao sve užurbaniji, tako je i porastao trend praćenja svakodnevne fizičke aktivnosti korisnika, što uzrokuje generiranje velike količine podataka. Uzeći u obzir takvo ponašanje korisnika, razvojni inženjeri veliku pažnju posvećuju razvoju *fitness* aplikacija, koje omogućavaju precizno praćenje određenih radnji i parametara, koje su opisane u nastavku:

- Brojanje koraka,
- Računanje prijeđene udaljenosti prilikom trčanja ili hodanja,
- Brojanje prijeđenih stepenica i ukupne promjene nadmorske visine tokom definiranog vremenskog razdoblja,
- Računanje potrošenih kalorija tijekom dana,
- Brojanje aktivnih minuta,
- Prepoznavanje određenih vježbi i aktivnosti (trčanje, skakanje, plivanje, itd.),
- Računanje vremena spavanja i analiza kvalitete sna,
- Analiza otkucaja srca, i okvirno obavještavanje o nepravilnostima u radu srca,
- Usporedba očitanih parametara tijekom fizičke aktivnosti,
- Prikaz favoriziranih ili željenih ruta za trčanje,
- Te neki specifični parametri poput: razine šećera u krvi, plodnost, izlaganje suncu, i ostalo, [42].

5.2 Prikupljanje podataka pametnih vozila

Implementirajući veći broj senzora u pametna vozila, inženjeri su omogućili nadgledanje raznih parametara vožnje, rada motora i samog vozača. Omogućeno je nadziranje kritičnih točaka i preventivno djelovanje na njih, također implementacijom *GPS*-a sustavu je omogućeno praćenje vozačevih ruta i načina vožnje. U tablici 2 navedeni su podaci koje pohranjuje informacijsko – zabavni sustav pametnog vozila.

Tablica 2: Podaci koje pohranjuje pametno vozilo

Podaci o vozilu i sustavu	<ul style="list-style-type: none">- Serijski broj- Broj elementa- Izvorni VIN broj
Instalirane aplikacije	<ul style="list-style-type: none">- Meteorološke aplikacije- Apk. o stanju u prometu- <i>Facebook</i>- <i>Twitter</i>
Povezani uređaji	<ul style="list-style-type: none">- Mobiteli- Multimedijски uređaji- USB diskovi- SD memorijske kartice

	- Bežične pristupne točke
Navigacijski podaci	- Putanje i odredišta - Memorirane lokacije - Prethodne destinacije - Aktivne i neaktivne rute
Informacije o uređaju	- ID uređaja - Pozivi - Poruke - Kontakti - Audio i video zapisi - Slike - Informacije o pristupnoj točki
Događaji	- Otvaranje i zatvaranje vrata - Uključeno ili isključeno svjetlo - <i>Bluetooth</i> veze

Izvor: [43]

Termin pametna vozila asocira na autonomna vozila, koja su u stanju samostalno donositi odluke, što podrazumijeva sljedeće funkcije:

- **Prikupljanje – planiranje – djelovanje:** kako bi vozilo bilo u mogućnosti planirano djelovati, algoritmi strojnog učenja u vozilu moraju moći predvidjeti očekivane i neočekivane ishode na prometnicama, na temelju obrađene velike količine podataka,
- **Mapiranje:** računalni sustav vozila mora sadržavati velike i detaljne karte, koje sadrže razne elemente prometnica, od semafora, znakova, pločnika, ulične rasvjete i ostalo,
- **Detektiranje i rangiranje svjetlosti:** korištenjem raznih senzora i LIDAR tehnologije, vozilo je u mogućnosti u stvarnom vremenu nadgledati okolinu vozila,
- **Međusobna komunikacija među vozilima:** takav koncept uključuje *IoT* aspekt, gdje autonomna vozila međusobno prenose korisne podatke.

5.3 Prikupljanje podataka pametnih televizora

Kao i svi pametni uređaji, tako i pametni televizor prikuplja određene podatke o korisnicima, kao na primjer najgledaniji filmovi, serije ili TV kanal. To omogućava ACR (engl. *Automatic Content Recognition*), što podrazumijeva automatsko prepoznavanje sadržaja. Djeluje na način da uređaj pohranjuje piksele⁴ prikazane na zaslonu te ih uspoređuje s bazom podataka TV programa kako bi analizom saznao trenutno emitirani kanal. Ovo se odnosi i na emitiranje sadržaja koji nije preuzet s Interneta, poput satelitske televizije ili reprodukcije *DVD* i *Blu – Ray* diskova. Primjeri mogućih prikupljenih podataka forenzičkom analizom pametnog televizora navedeni su u nastavku:

- **Sistemske informacije i konfiguracije:** ime uređaja, mrežne informacije, povezani uređaji i pametne funkcije,
- **Aplikacije:** *Facebook, Twitter* i *YouTube*,
- **Internet pretraživanje:** posjećene stranice, tragovi pretraživačkih mehanizama,
- **Multimedijski sadržaj,**
- **Vanjski uređaji:** poput USB-a, tvrdog diska i *flash* memorije,
- **Elektronička pošta**
- **Cloud usluge:** *Dropbox* i *OneDrive*
- **Informacije o reproduciranim TV kanalima**

Osim gledanog sadržaja, pametni televizori prikupljaju podatke o korisnikovoj tražilici ili o favoriziranim sadržajima, kao i informacije o korištenim aplikacijama. Kako bi sustav koji prati takve podatke znao o kojemu je uređaju riječ, on prati IP adresu uređaja i na osnovu toga vrši analizu, [44].

⁴ Piksel je najmanji segment digitalne fotografije, izveden je od engl. riječi *picture* i *element*, te spajanjem nastaje *pixel*

6. Forenzička analiza nekonvencionalnih terminalnih uređaja

Opisavši nekonvencionalne terminalne uređaje i njihove operativne sustave, te podatke koje pohranjuju, vrhunac ovog rada je forenzička analiza tih uređaja. Pošto je digitalni kriminal sve češći predmet neke istrage, forenzička analiza ima glavnu ulogu u rješavanju takvih slučajeva.

Većina korisnika nekonvencionalnih terminalnih uređaja nema saznanja o mogućnostima forenzičke analize njihovih uređaja, pa iz tog razloga ne obraćaju pozornost na taj dio moguće istrage u slučaju nekih krivičnih djela.

Digitalna forenzika ili računalna forenzika definirana je kao znanost čija je zadaća prikupljanje, pretraživanje, analiziranje i prezentacija podataka koji su preuzeti s digitalnih uređaja. Kako bi se uspješno prikupili podaci, dotični uređaj za koji se pretpostavlja da sadrži vrijedne podatke transportira se u forenzički laboratorij u za to predviđenim kutijama ili vrećicama kako ne bi došlo do udaljenog djelovanja na sami uređaj, tj. brisanja ili uređivanja podataka, [45].

Kako bi se prikupili podaci s uređaja koji je predmet istrage, potrebno je stvoriti forenzičku kopiju tvrdog diska, što se realizira u četiri koraka:

- Forenzičko „čišćenje“ odredišnog diska,
- Povezivanje tvrdog diska predmetnog uređaja na uređaj za snimanje (IDE ili *crossover* kabelom),
- Kopiranje sadržaja,
- Utvrđivanje autentičnosti dobivene kopije.

Da bi se izvršilo kompletno pražnjenje odredišnog diska, nije dovoljno samo obično formatiranje, nego je potrebno forenzičkom metodom formatirati disk, te ispisati seriju nula koje će svaki sektor diska potpuno isprazniti, [46].

Za povezivanje predmetnog diska na odredišni disk, istražitelji koriste dvije osnovne metode: povezivanje pomoći IDE kabela što znači da se povezuje samo tvrdi disk predmetnog uređaja na radno računalo istražitelja i pomoću *crossover* kabela, što znači da istražitelj direktno povezuje predmetni uređaj s radnim računalom.

U situaciji kada se podaci prenose IDE kabelom, potrebno je blokirati pisanje po izvornom disku, pošto je tvrdi disk namijenjen za čitanje i pisanje, pa se time onemogućava izmjenjivanje trenutnog sadržaja diska. Ukoliko se istražuje računalo koje nije moguće isključiti s mreže, tada je istraga otežana iz razloga što sustav neprestano mijenja svoje stanje, [45].

Ukoliko je prikupljanje podataka uspjelo, sljedeći korak je pretraga tih podataka, koja se izvršava „podizanjem“ diska na testnom računalu koji je konfiguriran samo za čitanje. Kako bi se smanjilo vrijeme pretrage neke se datoteke već u početku eliminiraju, datoteke poput *explore.exe*, *iexplore.exe*, *winword.exe*, itd.

Pretraga prikupljenog sadržaja izvršava se na nekoliko načina koji su nabrojani u nastavku:

- *Hash* analiza
- Potpis datoteke (*file signature*)
- Pretraga po ključnoj riječi
- Pretraga po tipu, veličini, datumu nastanka ili zadnje promjene
- Zamjenska datoteka (*swap*)
- Kanta za smeće (*Recycle Bin*)
- Obrisane datoteke (*undelete*)
- Neiskorišteni prostor u klasteru na tvrdom disku (*slack space*)
- Privremene datoteke
- Elektronička pošta
- „Kolačići“ (*cookies*)
- Datoteke zapisa (*log files*)

Pretraga prema ključnoj riječi - U „.txt“ datoteku upisuju se ključne riječi vezane za istragu, koje se pomoću određenih alata uspoređuju s riječima na tvrdom disku, što istražiteljima uvelike olakšava pretragu. Ako je specificirana određena datoteka, moguće je izvršiti pretragu prema tipu, veličini i datumu nastanka datoteke.

Zamjenske (swap) datoteke - Podrazumijeva pregledavanje izbrisanih podataka, zamjenskih datoteka, neiskorištenih dijelova klastera na disku. Zamjenska datoteka služi kao virtualna memorija u koju se upisuje sadržaj radne memorije koji je u prošlosti bio izbrisan, te se na taj način omogućava čitanje izbrisanih sadržaja.

Korištenje elektroničke pošte - U današnje vrijeme velika količina poruka razmjenjuje se preko elektroničke pošte, što ju čini savršenom za istražitelje. Analizom sadržaja e-pošte moguće je utvrditi s kime je i kada osoba komunicirala i kakvog je sadržaja poruka. Poruke se pohranjuju u privremene Internet datoteke, koje osim poruka sadrže i *web* stranice koje je korisnik posjećivao, datume pregleda, učestalost posjeta te sadržaj koji je preuzet s Interneta.

Log datoteke - Jedan od najvažnijih izvora podataka su *log* zapisi nekog servera, koji najčešće sadrže informacije o sistemskim sredstvima, procesima i aktivnostima korisnika. Poučeni tim metodama, kriminalci se drže pravila da prilikom upada u sustave, brišu ili modificiraju datoteku zapisa njihove aktivnosti.

Nakon prikupljanja podataka, sljedeći korak je analiza istih koja se može definirati kao proces tumačenja dokaza prikupljenih tokom procesa prikupljivanja i pretraživanja uređaja i podataka. Razlikuju se tri osnovne analize:

- Vremenska analiza
- Analiza skrivenih podataka
- Analiza datoteka i aplikacija

Kako bi istražitelj dobio točno vrijeme događaja, koristi vremensku analizu, pomoću koje stvara sliku o razvoju zabranjenih radnji. Koristi se za pregledavanje vremenskih metapodataka poput posljednje izmjene ili pristupa, vremena nastanka ili promjene statusa i za

pregledavanje *log* datoteke (evidencija pogrešaka, evidencija prijava na sustav ili nekih instalacija i ažuriranja), [45].

Analizom skrivenih podataka lako se ukazuje vlasništvo podataka i namjera korisnika za buduće korištenje. To su najčešće podaci kojima je izmijenjena ekstenzija ili su šifrirani lozinkama, [46].

Analiza datoteka i aplikacija pomaže u donošenju zaključka o vještinama korisnika i sposobnosti sustava za nelegalno korištenje, a rezultati takve analize uvjetuju mjere za poduzimanje određenih radnji kako bi se sveukupna analiza uspješno provela. Mjere su nabrojane u nastavku:

- Pregledavanje sadržaja datoteke
- Identifikacija serijskog broja i vrste operativnih sustava
- Korelacija podataka i aplikacija
- Utvrđivanje povezanosti između datoteka
- Pregledavanje korisnikovog tvrdog diska te utvrđivanje mjesta pohrane podataka
- Pregledavanje korisničkih postavki

Kao završni dio cjelokupne forenzičke analize, rezultati dobiveni istragom prezentiraju se naručiocu istrage. Ukoliko se radi o sudskom procesu, tada je forenzički istražitelj u svojstvu svjedoka, čija je zadaća što kraće i jednostavnije prikazati i obrazložiti dobivene rezultate.

Za najvažniju fazu digitalne forenzike navodi se izvješće, koje mora sadržavati vrijeme i datum analize, te detaljno opisane rezultate. Osnovna konstrukcija izvješća svodi se na dokumentaciju o pregledanom objektu, alate korištene u istrazi i činjenične nalaze.

Izvješća pomažu istražiteljima kako bi se prisjetili nekih prošlih procesa i kako bi ih posjetila na neke bitne detalje vezane za istragu. Detaljno izvješće sadrži šest bitnih elemenata:

- Sudionici istrage,
- Datum izvršenja forenzičke analize,
- Metode pronalaska podataka,
- Korišteni hardverski i softverski alati,
- Izgled rekonstrukcije kriminalne radnje temeljen na prikupljenim podacima,
- Te tko je i kada u međuvremenu imao pristup podacima

Najbitniji dokument završne faze naziva se „Nalazi i mišljenje“, koji sadrži prikupljenu dokumentaciju, popis dokaza i rezultate analize, [45].

6.1 Forenzička analiza *Samsung* pametnog televizora

Kao što je već poznato, da bi televizor postao „pametan“, u njega su implementirane karakteristike računala, što ih za forenzičku analizu čini dosta sličnim stolnim računalima. Pametni televizori tako imaju integrirane funkcije *web* pretraživanja, instalacije aplikacija, povezivanja vanjskih uređaja, snimanja željenog video sadržaja, korištenja *Skype* aplikacije koja zahtijeva implementaciju kamere i mikrofona i ostale mogućnosti. Neki od najpopularnijih proizvođača pametnih televizora su *Samsung*, *LG*, *Panasonic* i *Sony*.

Forenzička analiza opisana u nastavku odnosi se na pametni televizor marke *Samsung*, modela „UE40F000SLXXN“, jedan od najpopularnijih u svojoj seriji, koji sadrži kameru i mikروفon, te operativni sustav otvorenog koda. *Samsung Smart TV* je kvalitetan izvor digitalnih tragova koji su korisni u istrazi, što ga čini relevantnim za ovaj rad, [47].

6.1.1 Metode prikupljanja podataka

Izabrani pametni televizor za pohranu podataka koristi *flash* memoriju, koja se nalazi u eMMC čipu. Ovisno o karakteristikama hardvera, postoji nekoliko načina prikupljanja podataka iz dotičnog uređaja. Metode su navedene u nastavku:

- **eMMC *five* – *wire* metoda:** eMMC čip korišten u ovom pametnom televizoru, zahtijeva pet signala kako bi se uspješno povezo na vanjski tvrdi disk, to su: *Vss*, *Vdd*, *Clock*, *Command* i *Data0*. Ovi signali su identificirani na matičnoj ploči televizora, a očitavaju se pomoću standardnog USB SD čitača kartice.
- ***NFI Memory Toolkit 2 (MTK 2)*:** Predstavlja univerzalnu metodu koja istražiteljima omogućava čitanje sadržaja memorijskih čipova i ekstrakciju korisničkih podataka, poput tekstualnih poruka, brojeva telefona, povijesti pretraživanja, slika, aplikacija i ostalo. *MTK 2* predstavlja kombinaciju hardvera i softvera, gdje je hardver zaslužan za fizičko povezivanje na uređaj, generiranje signala i napajanje memorijskog čipa, dok se softver koristi za pokretanje potrebnih naredbi kako bi se pristupilo podacima u određenoj vrsti memorijskog čipa.
- **Aplikativno rješenje:** Podrazumijeva softversko prikupljanje podataka pomoću prilagođene aplikacije instalirane na pametni televizor koja prenosi podatke na vanjski tvrdi disk. To je ostvareno *Samsung*-ovim SDK-om koji omogućava razvoj aplikacija za svoje pametne televizore, [47].

eMMC *five* – *wire* metoda

Kao što je već navedeno, na matičnoj ploči pametnog televizora potrebno je identificirati pet različitih signala kako bi se omogućila ekstrakcija podataka s eMMC čipa. Potrebno je naglasiti kako se sadržaj eMMC čipa ne može kopirati, na što utječe činjenica da je procesor u mogućnosti pristupiti memoriji. Procesor nije moguće zaustaviti ili resetirati, niti

prebacivanje pametnog televizora u poseban način rada ne osigurava integritet podataka. Na ovom modelu *Samsung Smart TV*-a, ova metoda nije izvediva ni korisna.

NFI Memory Toolkit 2 (MTK 2)

Da bi se mogla koristiti ova metoda, potrebno je izdvojiti samu *flash* memoriju kako bi ju MTK 2 uspio iščitati. Slika 9 prikazuje matičnu ploču pametnog televizora, te označeni memorijski čip. Memorijski čip *Samsung* modela UE40F7000SLXXN je *Samsung* KLM4G1FE3B-B00, što označuje eMMC čip, naziva *MoviNAND* s 4 GB memorijskog prostora. Nakon što je čip odvojen od matične ploče, MTK 2 je generirao sliku memorijskog čipa.



Slika 9: Prikaz matične ploče *Samsung SmartTV*-a, [47]

Aplikativno rješenje

Pošto je ovakva metoda prikupljanja podataka vrlo specifična i destruktivna, potrebna je razina opreza prilikom analize pomoću ove metode. Organizacije za kibernetičku sigurnost još razvijaju i usavršavaju ovakve metode. U nastavku će se za prikupljanje podataka koristiti *SamyGO* widget.

Mogućnost i korisnost korištenja aplikativnih rješenja ovisi o trenutnoj verziji sustava koja se koristi za pokretanje uređaja. Iz toga slijedi da su fizički bazirane metode (MTK 2 ili Emmc five - wire) puno korisnije i upotrebljivije u samom procesu prikupljanja podataka.

Jedna od najkorištenijih aplikacija za ovakvu vrstu forenzike je *SamyGO* koja iskorištavanjem ranjivosti sustava omogućava pristup operativnom sustavu uređaja i stvaranje forenzičke slike.

Kako bi istražitelj uspješno izveo forenzičku analizu pametnog televizora, potrebna su mu znanja o unutarnjoj strukturi datotečnog sustava. *Samsung* najčešće koristi *RFS* (engl. *Robust File System*) ili *VFAT* (engl. *Virtual File Allocation Table*) sustav.

Prvi korak je *root*-anje samog uređaja kako bi istražitelj dobio pristup *Linux ARM* operativnom sustavu instaliranom na pametnom televizoru. Bez potpunih privilegija, nije moguće pristupiti ekstrakciji podataka iz korisnikove memorije, te je onemogućen potpuni pristup sistemskim datotekama, [47].

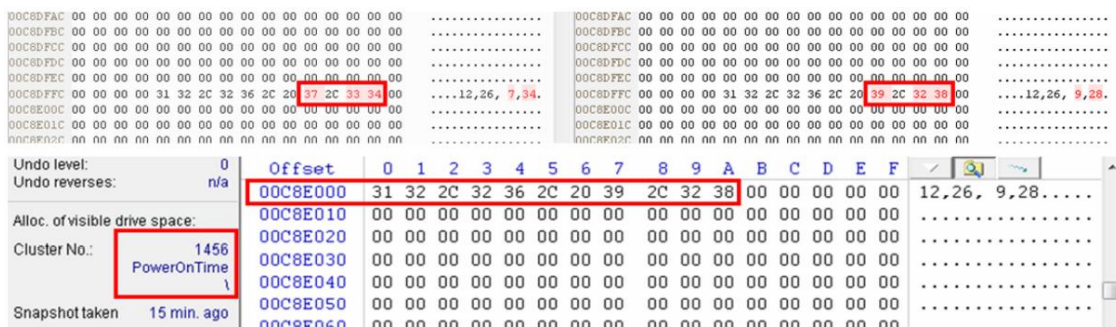
Modifikacijom *runSamyGO.sh* skripte pokreće se *run1.sh* skripta, čija je zadaća instalacija *busybox* instance, te izvođenje *dd* naredbe iz *busybox*-a kako bi se kreirala slika, koja se pohranjuje na USB disk.

6.1.2 Analiza prikupljenih podataka

Nakon pohrane podatka na USB disk, potrebno je izvršiti provjeru binarnih promjena u datotekama koje su nastale prije i poslije postupka prikupljanja podataka. Kako bi se taj proces uspješno izvršio potrebno je slijediti nekoliko koraka:

- U prvom koraku generira se slika diska prije izvršavanja bilo kakvih radnji na uređaju. Na taj način istražitelj dobiva strukturu diska koja je zatečena prilikom prvog aktiviranja uređaja.
- Nakon toga, slijedi izvršavanje raznih funkcija pametnog televizora, što podrazumijeva aktivaciju kamere, pretraživanje Interneta, pregled multimedijalnog sadržaja i ostale prethodno nabrojane funkcije.
- U trećem koraku istražitelj ponovno generira sliku kako bi mogao usporediti strukturu diska prije i poslije izvršavanja funkcija uređaja.
- U četvrtom koraku izvršava se binarna usporedba generiranih slika, čime se određuju dijelovi diska koji su povezani s izvršenim funkcijama pametnog televizora, [48].

Kako bi se opisala promjena podataka prilikom korištenja uređaja, naveden je primjer promjene datuma i vremena prikazanih na uređaju. Kao primjer, uzeta je particija *mmcblk0p12* čija je slika generirana u 16:34 sati, nakon čega je upaljen televizor. Nakon navedenih radnji generirana je nova slika u 18:28 sati, čime je prepoznata 4 bajtna razlika u *00C8E007* pomaku u *mmcblk0p12* particiji, što označuje *PoweOnTime.dat* datoteku prikazanu na slici 10.



Slika 10: Prikaz binarnih usporedbi particija prije i poslije izvršavanja funkcija, [48]

Daljnjom analizom slika generiranih u istraživanju *Samsung* pametnog televizora detektirani su sljedeći podaci:

- povijest *web* pretraživača,
- popis nedavno korištenih funkcija pametnog televizora,
- sličice video datoteka koje su nedavno reproducirane,
- informacije o aplikaciji,
- informacije o korištenju kamere,
- popis odabranih TV kanala.

Analizirajući datoteku *RecentlyServiceManager.dat* prikupljeni su podaci o gledanim TV kanalima, informacije o korištenim aplikacijama, *web* adrese posjećenih stranica i naziv reproduciranih video datoteka.

Pošto je implementacijom mrežne kartice u pametne televizore omogućeno pretraživanje Interneta, pametni televizor pohranjuje razne podatke o korisnikovoj Internet tražilici. Informacije su zapisane u *SQLite* bazi podataka koja sadrži 14 tablica, od kojih su neke prikazane na slici 11, a pojedine su opisane u nastavku:

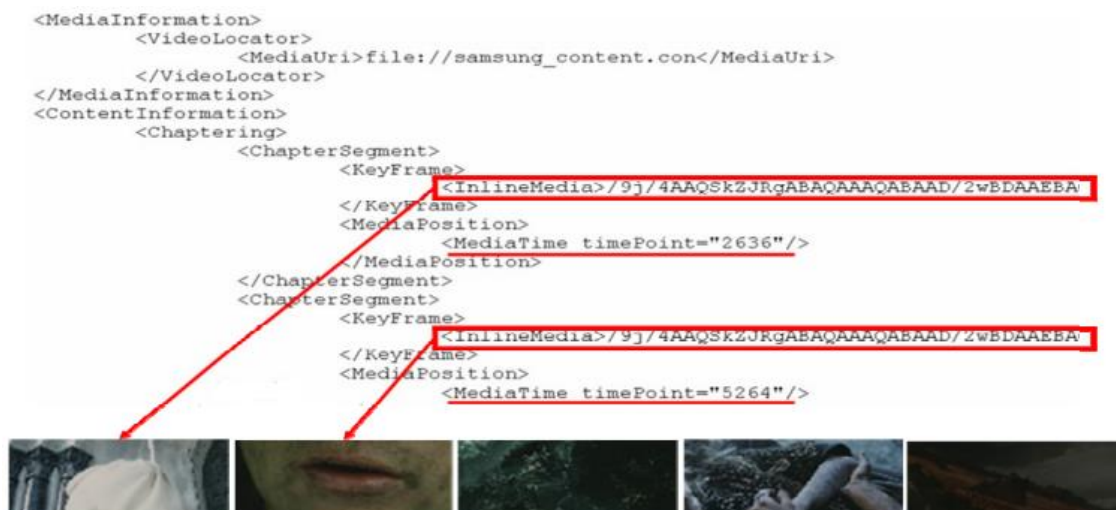
- *FullBrowserHistory*: sadrži informacije o URL-u, imenu posjećene stranice, te datum posjete
- *fullBrowser_HiddenHistory*: sadrži samo ime stranice bez dodatnih informacija
- *fullBrowser_Bookmark*: sadrži informacije o označenim (favoriziranim) stranicama
- *fullBrowser_Search*: sadrži informacije o nazivu pretraživača (npr. *Google*, *Yahoo*, *Bing*, itd.).

Table: FullBrowserHistory

	URL	Title	Count	VisitDay
1	http://www.bing.com/	Bing	1	1970-01-01
2	http://nl.msn.com/?pc=SMTV	MSN NL: Hotmail, Outlook, Skype, het	89	1970-01-01
3	http://nieuws.nl.msn.com/afbeeldingen/heb-je	Roemeense bedelaar heeft drie luxe s	1	1970-01-01
4	http://www.telegraaf.nl/	Nieuws Altijd op de hoogte van het l	3	1970-01-01
5	http://tmgonlinemedia.nl/consent/consent/?ret	Nieuws Altijd op de hoogte van het l	1	1970-01-01
6	http://www.telegraaf.nl/privé/22152971/_Mai	Man sterft na winnen prijs in show Elk	1	1970-01-01
7	http://www.dumpert.nl/	dumpert.nl	3	1970-01-01
8	http://www.dumpert.nl/mediabase/6577295/e:	dumpert.nl - KOMT DIE GOLF!!!	1	1970-01-01
9	http://www.dumpert.nl/mediabase/6577257/7f	dumpert.nl - Helikoptercrew redt kraa	1	1970-01-01

Slika 11: Prikaz tablice „FullBrowserHistory“ u SQLite bazi podataka, [47]

U datoteci *RecentlyPlayed* nalaze se podaci o nedavno reproduciranim video datotekama, tj. *RecentlyPlayed* datoteka sadrži 8 mta datoteka XML formata, a svaka mta datoteka sadrži 5 sličica nedavno reproduciranog video sadržaja, prikazanih na slici 12, [48].



Slika 12: Prikaz analize sličica nedavno reproduciranih video datoteka

Izvor: [48]

Datoteka *CameraApp FileInfo.xml* sadrži podatke koji se generiraju prilikom korištenja kamere. Ti podaci podrazumijevaju: datum i vrijeme nastanka fotografije, ime fotografije, lokacija pohranjene fotografije, lokacija pohranjene umanjene slike, rezolucija fotografije, te veličina i vrijeme reprodukcije.

6.2 Forenzička analiza informacijsko – zabavnih i telematičkih sustava u vozilu

Implementacijom multimedijskog sadržaja, komunikacijskih i navigacijskih sustava u vozilima stvorena je potreba za forenzičkom analizom tih uređaja. Iz tog razloga u nastavku teksta će se obraditi *HG 2.0 HMI* modul informacijsko - zabavnog sustava iz *Chevrolet Silverado*-a, modela iz 2015. godine, [43].

Kako ne bi došlo do zabune, potrebno je naglasiti da informacijsko - zabavni i telematički sustavi vozila nisu isto što i snimač podataka o sudaru (engl. *Crash Data Recorder*, CDR) ili snimač podataka o događaju (engl. *Event Data Recorder*, EDR). Razlika je u tome što CDR bilježi podatke poput brzine, položaja papučice kočnice, položaja volana ili aktiviranja zračnih jastuka, koji se bilježe mnogo puta u sekundi ali samo nekoliko sekundi prije samog sudara. Informacijsko - zabavni i telematički sustavi bilježe informacije o sigurnosti koje se temelje na brzini i koordinatama GPS uređaja, koji podatke pohranjuju manjim intenzitetom ali kroz duži vremenski period.

Da bi se kvalitetno i uspješno prikupili i analizirali podaci, u ovom slučaju koristi se *iVE* forenzički komplet alata tvrtke *Berla*, koji je sastavljen od *iVE* softverskih i hardverskih komponenti.

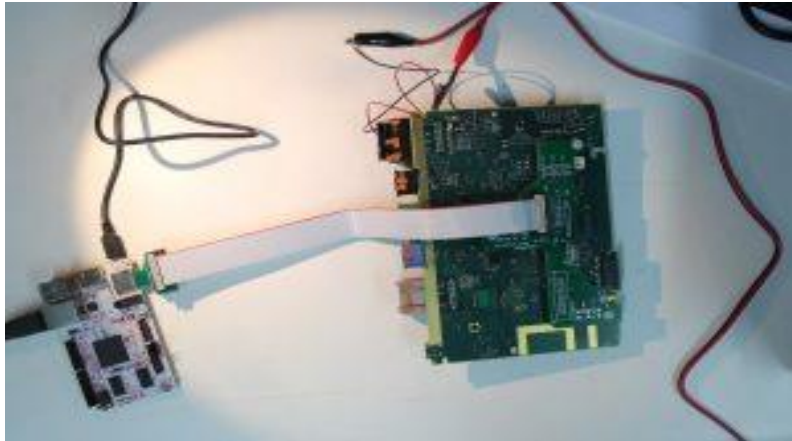
Kod nekih sustava dovoljno je samo povezati informacijsko - zabavni sustav vozila i istražiteljevo računalo pomoću USB ili OBD 2 kabela, te sljedeći korake *iVE* softvera uspješno prikupiti željene podatke.

U slučaju kada je ova metoda onemogućena, koristi se *iVE Device Interface Bord* (DIB), koji se povezuje s PCB (engl. *Printed Circuit Board*) modulom vozila. Povezivanjem DIB-a i računala s potrebnim softverom, te povezivanje napajanja na DIB i PCB modul, omogućen je prijenos podataka.

U slučaju CDR uređaja, postoje određena pravila i zahtjevi koji propisuju vrstu i format pohranjenih podataka, dok je kod informacijsko - zabavnih i telematičkih sustava to drugačije, tj. razlikuje se od proizvođača do proizvođača.

Priprema za prikupljanje podataka s PCB-a počinje skidanjem sloja izolacije s konektora, kako bi se omogućilo povezivanje PCB-a i istražiteljevog računala. Posebnu pažnju prilikom tog postupka treba obratiti na zaštitnu opremu (naočale i rukavice) kako ne bi došlo do povrede prilikom skidanja izolacije, iz razloga što se prilikom skidanja izolacije koristi posebna olovka s nitima *fiberglass*-a koje mogu oštetiti dijelove očiju i dlanova.

Na slici 13 prikazan je postupak povezivanja PCB-a s generatorom napona, čija je razina napona u ovom slučaju strogo propisana na 12V (volti). Prije samog povezivanja PCB-a s generatorom napona, potrebno je izvršiti ugađanje na 12V kako ne bi došlo do oštećenja samog PCB-a.



Slika 13: Generator električne energije povezan s PCB-om, [56]

Nakon što je povezivanje dovršeno, sljedeći korak je testiranje hardverskih veza, te klikom na tipke „Otkrivanje“ i „Testiranje“ u *iVE* softveru, započinje prikupljanje podataka, koje za HMI modul predstavlja generiranje logičke slike, [43]

Završetkom ekstrakcije omogućena je analiza podataka, te izrada izvješća. U *iVE* softveru omogućen je izvoz podataka u *.csv*, *tab-delimited* formatu i *.kml* formatu za GPS podatke, dok izvješća mogu biti izvezena u *HTML* i *PDF* formatu.

Podaci koji su prikupljeni forenzičkom analizom podrazumijevaju identifikacijske brojeve svih povezanih uređaja (pametni telefoni, USB diskovi, SD memorijske kartice, itd.), listu poziva i poruka, listu pohranjenih kontakata, čak i reproducirani multimedijски sadržaj, [49].

Uz prethodno navedeno, forenzičkom analizom vozila moguće je prikupiti podatke o događajima poput:

- otvorena ili zatvorena vrata,
- aktiviranje ili deaktiviranje svjetala,
- korištenje *Bluetooth* veza,
- korištenje *Wi – Fi* veza,
- stanje brojanika prijeđenih kilometara

Ukoliko vozilo sadrži navigacijski sistem moguće je prikupljanje podataka o *GPS* sustavu, tj. lista spremljenih lokacija, aktivnih i neaktivnih ruta, prethodno posjećenih odredišta, te korisničke zapise o određenim lokacijama (npr. pohranjeno odredište *Dom*, *Posao*, *Odmorište* i ostalo), [49].

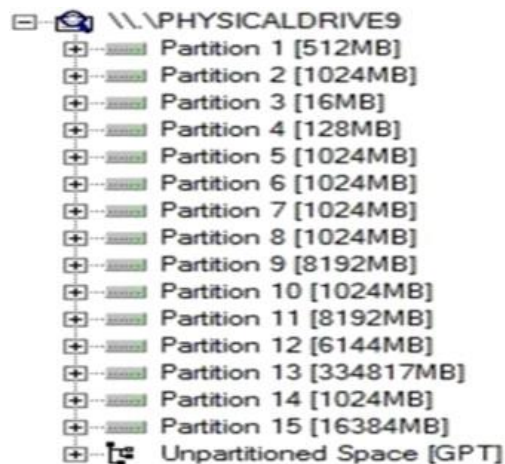
6.3 Forenzička analiza *PlayStation 4* igraće konzole

Jedan od većih izazova pri postupku forenzičke analize *PlayStation 4* igraće konzole su nestandardni datotečni sustavi, koji su šifrirani i onemogućavaju detaljniju analizu uređaja. Kako bi se postigli rezultati, u istrazi se koristi metoda snimanja korisničkog sučelja, dok se istovremeno koristi tehnologija blokiranja pisanja po tvrdom disku kako bi se onemogućila bilo kakva promjena podataka pohranjenih na tvrdom disku.

Drugi izazov je onemogućavanje modifikacije podataka putem *PlayStation Network*-a (PSN), pomoću kojega udaljeni korisnik može putem odgovarajućeg PSN računa i pomoću alternativnih konzola poput *PS4 Companion APP* ili *PlayStation Vita-e*, pristupiti podacima i izvršiti izmjenu ili brisanje sadržaja, [50].

Pošto je u ovoj istrazi riječ o konzolama osme generacije, potrebno je uzeti u obzir da se dio podataka generiranih na uređaju pohranjuje pomoću *Cloud* usluga (dijeljenje rezultata i postignuća u igrama, te snimljenih videozapisa), što podrazumijeva metodu internetske istrage za prikupljanje dokaza.

Za početnu klasifikaciju tvrdog diska korišten je softver *FTK Imager v3.1.1.8*, koji je kao rezultat prikazao 15 particija, navedene na slici 14, koje su dio nepoznatog datotečnog sustava pohranjenih na tvrdom disku veličine 400GB.



Slika 14: *Sony PlayStation4* particije prikazane u *FTK Imager*-u, [50]

U postupku prikupljanja dodatnih datoteka iz forenzičke slike *PlayStation*-a, korišten je forenzički alat *AccessData Forensic ToolKit (FTK) v3.2*, koji nije imao uspjeha u pronalaganju dodatnih datoteka, što upućuje na visoku razinu šifriranja ili nestandardiziranom formatu diska.

Analizom *PS4 web* preglednika, ustanovljeno je da se nakon 103 posjećenih *web* stranica i korištenjem raznih *web* veza (linkova), pojmovi pretrage nalaze u povijesti *web* pretraživača, te da se vrijeme i datum određene izvršene pretrage ne mogu prikazati putem standardnog korisničkog sučelja, [50].

Upotrebom *Tableau T35e* blokatora pisanja kao posrednika u komunikaciji, što je prikazano na slici 15, omogućeno je *offline* ispitivanje tvrdog diska. Povezivanjem blokatora i konzole putem *SATA* kabela omogućeno je pokretanje konzole i pregledavanje podataka. [51]

Prilikom pokušaja upisivanja podataka na tvrdi disk ili interakcija s *PSN*-om generira se pogreška sustava i on postaje nestabilan, pa je potrebno primijeniti postupak resetiranja sustava. Za blokiranje pisanja u sustavima verzije 1.75 i novijima, korišten je blokator *Voom Shadow 3*. Povezivanje tvrdog diska konzole i *Voom Shadow 3* blokatora prikazano je na slici 15.



Slika 15: Postupak povezivanja *Tableau T35e* blokatora s tvrdim diskom *PS*-a

Izvor: [51]

Omogućavanjem internetske veze, pokrenut je postupak analize mrežnog sadržaja, koji istovremeno onemogućava izmjenu sadržaja tvrdog diska. Upitno je da li će ovakva metoda spriječiti promjenu sadržaja vezanu za *PSN*, što je ispitano slanjem većeg broja poruka drugom korisniku, gdje su poruke prolazile kroz blokator pisanja.

Ponovnim pokretanjem konzole utvrđeno je da poslane poruke nisu vidljive. Ponavljanjem postupka sadržaj poruka je postao vidljiv, što ukazuje na kompleksnost postupka, te na to da istražitelji moraju voditi računa o tome da se prethodno poslane poruke putem *PSN*-a mogu pohraniti lokalno ili na daljinu, [50].



Slika 16: Prikaz povezanog tvrdog diska i *Voom Shadow 3* blokatora pisanja, [51]

Korištenjem *Voom Shadow 3* blokatora (slika 16) prilikom analize sustava verzije 1.72, u *offline* analizi konzole, omogućen je pregled podataka poput:

- Internet *web* preglednika
- Upravljanje pohranom podatak
- Vrijeme i datum sustava
- Povijest grešaka
- Galerija slika
- Osnovne informacije o profilu korisnika
- Poruke
- Obavijesti

Povezivanjem konzole na internetsku mrežu i korištenje *Voom Shadow 3* blokatora, pokrenuto je devet *web* lokacija, nakon čega je evidentirana povijest pregleda, te je konzola ponovno pokrenuta. Ponovnim pregledom povijesti pretraživanja uočeno je da prethodno unesene promjene nisu evidentirane, [51].

Pomoću *Exif* preglednika prikupljeni su metapodaci koji sadržavaju naziv slike generiran od strane sustava, verziju trenutno korištenog softvera i model kamere. Analizom USB diska pomoću *hex* preglednika u *FTK Imager*-u, ustanovljeno je da je slika *MP4* formata, te su prikazani datum i vrijeme stvaranja datoteke, [50].

U nastavku teksta predložena je metodologija forenzičke analize *Sony PlayStation 4* igraće konzole koja je provjerena i potvrđena u prethodnim istraživanjima:

1. Uklanjanje i forenzičko fotografiranje tvrdog diska *PS4* konzole, te onemogućavanje mrežnog povezivanja,
2. Povezivanje tvrdog diska pomoću *SATA* kabela s blokatorom pisanja, koji ujedno ima i funkciju međuspremnik,
3. Aktivacija uređaja za snimanje video zapisa, evidentiranje vremena aktivacije, te uključivanje same konzole i potrebnog kontrolera,

4. Evidentiranje vremena i datuma s *PS4* konzole, te bilježenje bilo kakve razlike sa stvarnim vremenom, što će biti korisno kod daljnjeg evidentiranja prikupljenih datoteka,
5. Prikupljanje i pohrana podataka,
6. Isključivanje konzole i uređaja za snimanje video zapisa

6.4 Forenzička analiza *Apple Watch* pametnog sata

Apple Watch pametni satovi zasnivaju se na *WatchOS* operativnom sustavu, utemeljenom na *iOS*-u. Za uspješno prikupljanje podataka s *Apple Watch* pametnog sata koristi se nekoliko metoda:

- Izrada sigurnosne kopije s uparenog *iPhone* pametnog mobilnog uređaja
- Izravnim povezivanjem *Apple Watch*-a sa stolnim računalom
- *Cloud* rješenje za prikupljanje pohranjenih podataka

Analiza sigurnosne kopije s *iPhone*-a

Izrada sigurnosne kopije *iPhone*-a moguća je uz pomoć *iTunes*-a ili koristeći forenzički alat *Elcomsoft iOS Forensics Toolkit*. Prikupljanje i analiza tih podataka u ovom istraživanju odrađena je alatima *iBackupBot* dostupna za *Windows* i *Mac* operativne sustave, te *SQLite Expert* softverom dostupnim samo za *Windows* operativne sustave, [52].

Za početak potrebno je analizirati specifikacije uređaja, koje se nalaze u *DeviceRegistry.state* mapi, a koja sadrži nekoliko datoteka navedenih u nastavku:

- **historySecureProperties.plist** - sadrži informacije poput: serijskog broja, UDID (engl. *Unique Device Identifier*), *Wi – Fi Mac* adresu i *Bluetooth Mac* adresu uparenog *Apple Watch* uređaja,
- **stateMachine-<GUID>.PLIST** - *PLIST* sadrži *Pair* status, verziju *WatchOS*-a koja je trenutno instalirana na *Apple Watch*-u i vremensku oznaku uparivanja uređaja,
- **activestatemachine.plist** - sadrži slične informacije kao i *stateMachine-<GUID>.PLIST* datoteka, uz dodatak *WatchOS* verzije instalirane na uređaju u trenutku izrade sigurnosne kopije

Sadržaj mape pod imenom *NanoAppRegistry* vezan je za informacije o aplikacijama, poput *Facebook*-a, u kojoj se nalaze informacije o trenutnoj verziji aplikacije, imenu aplikacije, identifikatoru paketa i nazivu paketa.

NanoMail\Registry.sqlite datoteka sadrži razne informacije o sinkroniziranoj elektroničkoj pošti, poput imena korisnika i adrese primatelja i pošiljatelja za svaki račun elektroničke pošte postavljen na uređaju.

NanoPasses\nanopasses.sqlite3 baza podataka sadrži popis uspješnih transakcija provedenih u *Wallet* aplikaciji *Apple Watch* pametnog uređaja, što za rezultat prikazuje *Type_ID*, naziv organizacije, datum provedbe i opis svake pojedinačne transakcije, [52].

U mapi *NanoPreferencesSync* pohranjene su datoteke vezane za konfiguraciju uređaja, gdje se ističe podmapa *\Backup\Files*, koja sadrži podatke o pozadinama korisničkog sučelja pametnog sata.

Kako bi istražitelj uspješno prikupio podatke s *Apple Watch* pametnog sata, mora biti upoznat s nekoliko osnovnih ograničenja:

1. Povezivanje *Apple Watch*-a izravno s računalom pomoću odgovarajućeg adaptera, *iBUS*, prikazanog na slici 17, koji se povezuje na pametni sat pomoću ulaza za dijagnostiku koji je skriven ispod remena,
2. Kada je *Apple Watch* povezan s računalom, potrebno ga je upariti s mobilnim uređajem kako bi se omogućio pristup informacijama, ukoliko je pametni sat zaštićen lozinkom, a istražitelj je nema, prijenos podataka je onemogućen,
3. Na *WatchOS*-u nije dostupna izrada sigurnosne kopije, pa u tom slučaju ne postoji način izravne izrade sigurnosne kopije,
4. Za trenutne verzije *WatchOS*-a *jailbreak* nije dostupan.



Slika 17: Prikaz povezivanja *iWatch*-a pomoću *iBUS* adaptera, [53]

Za prikupljanje informacija o uređaju i popisa instaliranih aplikacija koristi se *Elcomsoft iOS Forensic Toolkit*, koji je kompatibilan s *Windows* ili *Mac* operativnim sustavima, te uz upareni *Apple Watch* i generiranu naredbu „I“ započinje prikupljanje informacija o uređaju.

Naredba „I“ generira tri vrste datoteka:

- **Ideviceinfo.plist** - sadrži detaljne informacije o uređaju, što podrazumijeva model hardvera, verziju *WatchOS*-a, serijski broj, UDID, naziv uređaja, *Wi-Fi* i *Bluetooth* adrese, vremensku zonu, podatke o ukupnom kapacitetu memorijskog diska, ukupnom kapacitetu sustava, dostupnim podacima i korištenom jeziku,
- **Applications.txt** - sadrži listu instaliranih aplikacija, uključujući identifikator paketa, verziju paketa i prikazano ime paketa,
- **Applications.plist** - sadrži informacije o instaliranim aplikacijama, poput putanje i datoteke u kojoj se pohranjuju podaci vezani za određenu aplikaciju

Nakon prikupljanja podataka, potrebno je izvršiti analizu podataka, koja se izvršava pomoću alata *X-Ways forensics*. Analizom *iTunes_Control\iTunes* mape, pronađena je datoteka pod nazivom *MediaLibrary.sqlitedb* koja donosi SHM (engl. *Shared Memory*) i WAL (engl. *Write Ahead Log*) datoteke.

Te datoteke sadrže informacije poput *iCloud* korisničkog identifikatora, liste medijskih zapisa (slika i videa) i e-knjiga prikupljenih od strane korisnika pomoću *Apple Store*-a. Baza podataka sadrži 36 tablica, od kojih *_MLDatabaseProperties* tablica sadrži navedene identifikacijske oznake.

7. Zaključak

Korištenje nekonvencionalni terminalnih uređaja u današnje vrijeme skoro je neizbježno, a kao posljedica takvog trenda navodi se prikupljanje i dijeljenje velike količine korisničkih informacija. Nekonvencionalni terminalni uređaji svoj napredak započinju početkom 21. stoljeća, kada su inženjeri krenuli u proces razvoja nekonvencionalnih terminalnih uređaja za konvencionalnu upotrebu. Implementacijom komunikacijskih tehnologija u nekonvencionalne terminalne uređaje, kao posljedicu ima stvaranje *IoT* koncepta, koji podrazumijeva cjelokupnu umreženost svih pametnih uređaja na planeti.

Komunikacijske tehnologije svrhu pronalaze u međusobnom povezivanju pametnih uređaja, čime je omogućeno upravljanje većim brojem uređaja pomoću jednog centralnog uređaja. Kako bi se pametnim terminalnim uređajima omogućilo povezivanje s Internetom u njih se implementiraju razne tehnologije bežične komunikacije, koje podrazumijevaju bežični kućni pristup internetu, mobilne ćelijske mreže i bežičnu komunikaciju na malim udaljenostima.

Implementacijom komunikacijskih tehnologija omogućen je prijenos podataka, što podrazumijeva razne korisničke podatke i podatke vezane za rad uređaja. Upravo ti podaci ključni su dokaz prilikom forenzičke analize uređaja koji je dio određene istrage. Istražitelji su sposobni separirati prikupljene podatke, te iz njih iščitati ključne informacije, koje će pomoći u daljnjoj istrazi. Prilikom prikupljanja podataka istražitelj mora biti uvjeren da podaci nisu modificirani ili izbrisani kako bi sa sigurnošću mogao potvrditi i garantirati vjerodostojnost prikupljenih i analiziranih podataka.

Upravo se iz tih razloga sve veća pažnja posvećuje digitalnoj forenzici, koja svakim danom sve više napreduje. Usporedno napretku digitalne forenzike, napreduju sigurnosni sustavi i zaštite nekonvencionalnih terminalnih uređaja, što istražitelju uvelike otežava proces prikupljanja vjerodostojnih podataka. Proučavanjem novijih operativnih sustava inženjeri su u mogućnosti pronaći slabosti sustava, te ih iskoristiti za neovlašteni upad kako bi se omogućilo prikupljanje podataka.

Pošto većina korisnika pametnih uređaja nije svjesno koje podatke njihov pametni sat ili pametni televizor može pohraniti u svoju memoriju, ne obraćaju pažnju na mjesta i trenutke gdje koriste svoje uređaje i kakve informacije istražitelji mogu saznati o njima i njihovim bližnjima. Naprotiv, korištenjem takvih uređaja, korisnici samovoljno dopuste manipulaciju njihovim podacima od strane proizvođača, što je uvjetovano ukoliko korisnik želi koristiti sve mogućnosti i funkcionalnosti nekonvencionalnih terminalnih uređaja.

Literatura

- [1] Djelovanje pametnih uređaja u industriji. Preuzeto sa: <https://www.iotforall.com/iiot-devices-change-manufacturing-industry/> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [2] Pametna tehnologija i Industrija 4.0. Preuzeto sa: <http://www.duplico.hr/en/future-of-business-smart-technology-and-industry-4-0/> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [3] Evolucija kućanstva kroz 50 godina. Preuzeto sa: http://tnative.tportal.hr/pametne-kuce-u-hrvatskoj/?meta_refresh=1 (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [4] Vinko Žoldin. Bežične komunikacijske tehnologije za okruženje pametnog grada, Završni rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektronike, računarstva i informacijskih tehnologija, 2017: <https://repozitorij.etfos.hr/islandora/object/etfos%3A1530/datastream/PDF/view> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [5] WiMAX tehnologija. Preuzeto sa: https://www.rohde-schwarz.com/technologies/cellular/wimax/wimax-technology/wimax-technology_54000.html (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [6] *LTE (Long Term Evolution)*. Preuzeto sa: <https://searchmobilecomputing.techtarget.com/definition/Long-Term-Evolution-LTE> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [7] *PlayStation 4* recenzija. Preuzeto sa: <https://www.playstation.com/hr-hr/explore/ps4/tech-specs/> (pristupljeno: Srpanj 2019.)
- [8] Evolucija *Apple TV*-a. Preuzeto sa: <https://www.lifewire.com/comparing-models-of-apple-tv-1999427> (pristupljeno: Srpanj 2019.)
- [9] Evolucija pametnih televizora. Preuzeto sa: <https://possiblemobile.com/2017/01/androidtv-vs-appletv/> (pristupljeno: Srpanj 2019.)
- [10] Evolucija informacijsko – zabavnog sustava u vozilima. Preuzeto sa: <https://www.linkedin.com/pulse/evolution-car-multimedia-from-sme-perspective-r-rajkumar-rajappan> (pristupljeno: Srpanj 2019.)
- [11] *Mercedes Benz COMAND Online* sustav. Preuzeto sa: <https://www.mercedes-benz.hr/osobna-vozila/mercedes-benz-vozila/modeli/e-klasa/e-klasa-limuzina/inspiracija/intelligent-technologies/comand-online.html> (pristupljeno: Srpanj 2019.)
- [12] Aplikacija *Putni anđeo*. Preuzeto sa: <https://www.vidiauto.com/Automobili/Nove-tehnologije-studije-prototipi/Usporedba-aplikacija-Putni-andeo-vs.-eCall-sustav> (pristupljeno: Srpanj 2019.)
- [13] Evolucija pametnih satova. Preuzeto sa: <https://www.wearable.com/smartwatches/smartwatch-timeline-history-watches> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [14] 12 najboljih pametnih satova. Preuzeto sa: <https://boomspeaker.com/smartwatch-with-speaker-and-mic/> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [15] Pametni satovi: kako rade? . Preuzeto sa: <https://watchranker.com/how-smartwatches-work/> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [16] Sve što trebate znati o pametnim naočalama. Preuzeto sa: <https://medium.com/swlh/every-thing-you-need-to-know-about-smart-glasses-eb3d2e0a62de> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [17] Skugga pametne naočale. Preuzeto sa: <http://skuggaeyewear.com/> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)

- [18] Pametne naočale u industriji. Preuzeto sa: https://job-wizards.com/en/smart-glasses-for-industry-when-your-eyes-suddenly-see-so-much-more/?gclid=CjwKCAjw7anqBRALEiwAgvGgm5adAAKog9c8OIQhRtR9iQsvhkYAkk4JozdcY3RaR7LI_w8qv4n74hoCNvkQAvD_BwE (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [19] J. Štefanac. Nekonvencionalni operativni sustavi terminalnih uređaja, Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2018: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/fpz%3A1304>
- [20] S. Husnjak, I. Jovović, I. Cvitić, J. Štefanac. Pregled: Operativni sustavi modernih terminalnih uređaj. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2018: http://bib.irb.hr/datoteka/994867.Overview_Operating_System_Husnjak_Jovovi_Cvitic_Stefanac.pdf
- [21] Tržište pametnih televizora u 2018. godini. Preuzeto sa: <https://voicebot.ai/2018/07/19/smart-tv-market-share-to-rise-to-70-in-2018-driven-by-streaming-services-alex-a-and-google-assistant/> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [22] Sve o Tizen operativnom sustavu. Preuzeto sa: <https://krazytech.com/technologies/tizen-operating-system> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [23] Arhitektura Tizen operativnog sustava. Preuzeto sa: <https://www.tizen.org/sites/default/files/tizen-architecture-linuxcollab.pdf> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [24] Iot povezivost u webOS operativnom sustavu. Preuzeto sa: <https://www.webosose.org/blog/2018/06/21/iot-connectivity/> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [25] LG Smart TV i webOS. Preuzeto sa: <https://www.lg.com/global/business/information-display/software/webos> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [26] Što je Roku i kako funkcionira. Preuzeto sa: <https://www.lifewire.com/what-is-a-roku-4142216>
- [27] 9 stvari o Firefox operativnom sustavu. Preuzeto sa: <https://www.hongkiat.com/blog/9-things-about-firefox-os/> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [28] TvOS 13 operativni sustav. Preuzeto sa: <https://www.macrumors.com/roundup/tvos-13/> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [29] Marketinška statistika nosivih uređaja. Preuzeto sa: <https://www.smartinsights.com/digital-marketing-strategy/wearables-statistics-2017/> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [30] 5 najvažnijih platformi za razvoj pametnih satova. Preuzeto sa: <https://codefluegel.com/en/die-5-wichtigsten-smartwatch-plattformen-aus-der-sicht-eines-entwicklers/> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [31] WatchOS operativni sustav. Preuzeto sa: <https://www.slideshare.net/AvinashGautam20/watchos-architecture> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [32] Životni ciklus WatchOS aplikacije. Preuzeto sa: https://developer.apple.com/documentation/watchkit/working_with_the_watchos_app_life_cycle (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [33] WearOS operativni sustav. Preuzeto sa: <https://www.pocket-lint.com/smartwatches/news/google/127960-wear-os-your-complete-guide-to-googles-smartwatch-oss> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)

- [34] Arhitektura Android Wear operativnog sustava. Preuzeto sa: https://subscription.packtpub.com/book/application_development/9781785280153/1/ch011v1sec09/understanding-the-android-wear-architecture (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [35] Koje softvere koriste inženjeri autonomnih vozila. Preuzeto sa: https://medium.com/@olley_io/what-software-do-autonomous-vehicle-engineers-use-part-1-2-275631071199 (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [36] Android Automotive operativni sustavi. Preuzeto sa: <https://source.android.com/devices/automotive> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [37] BlackBerry QNX operativni sustav. Preuzeto sa: <http://blackberry.qnx.com/en/products/qnxcar/index#benefits> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [38] Tesla informativno – zabavni sustav verzije 9.0. Preuzeto sa: <https://www.pocket-lint.com/cars/news/tesla/146332-tesla-tech-review-infotainment-screens-software-9-s-x-3> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [39] Rimac Automobili informacijsko – zabavni sustav. Preuzeto sa: https://storage.rimac-automobili.com/b2b-materials/docs/infotainment/RA_Infotainment_Detailed.pdf (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [40] Privatnost nosivih uređaja. Preuzeto sa: <https://www.zdnet.com/article/smartwatch-data-collection-rush-raises-privacy-backlash-fears/> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [41] Prikupljanje i analiziranje podataka nosivih uređaja. Preuzeto sa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5038811/> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [42] Parametri koje mogu pratiti nosivi uređaji. Preuzeto sa: <https://www.lifewire.com/what-wearables-can-track-4121040> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [43] Digitalna forenzika informativno – zabavnih i telematičkih sustava vozila. Preuzeto sa: <https://digital-forensics.sans.org/blog/2017/05/01/digital-forensics-automotive-infotainment-and-telematics-systems-2> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [44] Kako pametna vozila prikupljaju podatke? . Preuzeto sa: <https://blog.finjan.com/how-smart-cars-collect-your-data/> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [45] Uvod u računalnu forenziku. Preuzeto sa: https://www.ieee.hr/download/repository/03_Ieee_Uvod_u_racunalnu_forenziku.pdf (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [46] Digitalna forenzika. Preuzeto sa: <https://detektiv-mreza.hr/hr/usluga/digitalna-forenzika-27> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [47] Digitalni tragovi pametnog televizora. Preuzeto sa: <https://cyberforensicator.com/2017/04/06/smart-tv-forensics-digital-traces-on-televvisions/> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [48] Daljnja forenzička analiza pametnih televizora. Preuzeto sa: <https://jit.ndhu.edu.tw/article/viewFile/1724/1732> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [49] Što je ustvari forenzika vozila? <https://www.linkedin.com/pulse/what-exactly-vehicle-forensics-carly-mcgee> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [50] Forenzička analiza PlayStation 4 igraće konzole. Preuzeto sa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1742287615000146#sec4.3> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [51] Forenzička analiza tvrdog diska PlayStation 4 igraće konzole. Preuzeto sa: <https://www.scribd.com/document/385390707/Digital-Forensic-Analysis-of-a->

- [PlayStation-4-Hard-Drive-With-Links-to-XRY-Mobile-Forensics](#) (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [52] Forenzička analiza Apple Watch-a. Preuzeto sa: <https://blog.elcomsoft.com/2019/06/apple-watch-forensics-02-analysis/> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [53] Forenzička analiza Apple TV i Apple Watch uređaja. Preuzeto sa: <https://blog.elcomsoft.com/2019/06/apple-tv-and-apple-watch-forensics-01-acquisition/> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [54] Android TV. Preuzeto sa: <https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&ved=2ahUKEwi46oDi4rbkAhUHxosKHS1zBHYQjB16BAgBEAM&url=https%3A%2F%2Fwww.android.com%2Ftv%2F&psig=AOvVaw3OfqhI0Jvchbdp7eXxujnO&ust=1567672885706097> (pristupljeno: Rujan 2019.)
- [55] Arhitektura QNX operativnog sustava. Preuzeto sa: <https://cseweb.ucsd.edu/~voelker/cse221/papers/qnx-paper92.pdf> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [56] Forenzika pametnih vozila. Preuzeto sa: <https://teeltechcanada.com/digital-forensic-services/vehicle-system-forensics/> (pristupljeno: Rujan 2019.)
- [57] Lista operativnih sustava pametnih satova. Preuzeto sa: <https://www.mobilespoon.net/2015/03/a-list-of-all-operating-systems-running.html> (pristupljeno: Kolovoz 2019.)
- [58] Mercedes – Benz. Preuzeto sa: http://mercedes-benz.lendcreative.com/blog/mobil/c-class-estate/mercedes-benz-c-class-s205_fallback_26_710x396_04-2016/ (pristupljeno: Rujan 2019.)



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj završni rad

isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

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


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

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog rada
pod naslovom **Forenzička analiza nekonvencionalnih terminalnih uređaja**

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

U Zagrebu, 9.9.2019

Student/ica:


(potpis)