

Forenzička analiza informacijsko-komunikacijskih sustava vozila kao terminalnih uređaja

Radman, Matija

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:210078>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-01**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

Matija Radman

**FORENZIČKA ANALIZA INFORMACIJSKO –
KOMUNIKACIJSKIH SUSTAVA VOZILA KAO TERMINALNIH
UREĐAJA**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2020.

**Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti**

ZAVRŠNI RAD

**FORENZIČKA ANALIZA INFORMACIJSKO –
KOMUNIKACIJSKIH SUSTAVA VOZILA KAO TERMINALNIH
UREĐAJA**

**FORENSIC ANALYSIS OF INFORMATION AND
COMMUNICATION SYSTEM OF VEHICLES AS TERMINAL
DEVICES**

Mentor: prof. dr. sc. Dragan Peraković

Student: Matija Radman

JMBAG: 0195028348

Zagreb, kolovoz 2020

FORENZIČKA ANALIZA INFORMACIJSKO-KOMUNIKACIJSKIH SUSTAVA VOZILA KAO TERMINALNIH UREĐAJA

SAŽETAK

U ovom završnom radu opisuju se svi elementi vozila koji generiraju podatke nastale korištenjem istog. Opisani su senzorski elementi i komunikacijska sučelja vozila sa okruženjem. S obzirom na zastupljenost vozila na prometnicama shvatljivo je da institucije imaju potrebu za podacima sadržanim u vozilu kako bi rasvijetlili događaj gdje nedostaje svjedoka ili dobavili dokaze koji na prvu nisu vidljivi. Mogućnosti vozila iz dana u dan postaju sve veće i kompleksnije stoga je potrebno biti u korak sa njima. U radu su pojašnjeni ciljevi i metode automobilske forenzike vozila kao grane digitalne forenzike uključujući zlonamjerne napade na sustave vozila. Primjer alata za forenzičku analizu kao i podaci koji se mogu dohvatiti putem njega također su opisani.

KLJUČNE RIJEČI: forenzika vozila; terminalni uređaj; *Infotainment* sustav; komunikacijske tehnologije; senzorske tehnologije

SUMMARY

This final bachelor thesis describes all the elements of the vehicle generating data created by using it. Sensor elements and vehicle communication interface to the surroundings are described. Given the presence of vehicles on the roads, it is understandable that institutions need the information contained in the vehicle in order to elucidate an event with missing witness or to provide evidence that is not visible at first. The possibilities of vehicles are becoming bigger and more complex day by day, so it is necessary to keep up with them. In this thesis the goals and methods of automotive vehicle forensics as a branch of digital forensics including malicious attacks on vehicle systems are explained. An example of a forensic analysis tool as well as data that can be retrieved through it are also described.

KEY WORDS: automotive forensic; terminal device; *Infotainment* system; communication technologies; sensor technologies

Sadržaj

1	Uvod	1
2	Vozila u ulozi terminalnih uređaja	3
2.1	Razvoj pametnih vozila kroz povijest.....	3
2.2	<i>In-vehicle Infotainment</i> sustav u vozilu (IVI)	4
2.3	Nadogradnja <i>In-vehicle-Infotainment</i> sustava.....	5
2.3.1	Apple CarPlay sustav	6
2.3.2	Android auto	6
2.4	<i>In-vehicle infotainment</i> sustavi - podjela prema proizvođaču.....	6
2.4.1	Napredni <i>Infotainment</i> sustav - BMW	8
2.4.2	Napredni <i>Infotainment</i> sustav - Tesla	8
3	Komunikacijske i senzorske tehnologije vozila	9
3.1	Vrste komunikacije vozila V2X.....	9
3.1.1	<i>Vehicle-to-vehicle</i> komunikacija (V2V).....	10
3.1.2	<i>Vehicle-to-infrastructure</i> komunikacija (V2I)	11
3.1.3	<i>Vehicle-to-Cloud/Network</i> komunikacija (V2N)	11
3.1.4	<i>Vehicle-to-pedestrian</i> komunikacija (V2P)	11
3.2	Mobilna <i>Ad Hoc</i> mreža (MANET).....	12
3.3	<i>Ad Hoc</i> mreža za vozila (VANET).....	13
3.4	Senzorske tehnologije vozila	16
3.4.1	Vanjski senzori u modernim vozilima.....	18
3.4.2	Unutarnji senzori u modernim vozilima	22
4	Prikupljeni podaci iz vozila	25
4.1	Ključne kategorije informacija pohranjenih u vozilu	25
4.2	EDR (Event data recorder)	26
4.3	Crna kutija u vozilu (<i>black box</i>).....	28
4.4	OBD (<i>On-Bard Diagnostic</i>)	29
5	Forenzička analiza Informacijsko-komunikacijskih sustava vozila	31
5.1	Digitalna forenzika	31
5.1.1	Automobilska forenzika - grana digitalne forenzike	31
5.1.2	Cilj forenzičke istrage vozila	32

5.1.3	Proces digitalne forenzike vozila	32
5.1.4	Vjerodostojnost dokaza i njegovo čuvanje.....	33
5.2	Forenzika vozila.....	34
5.2.1	Slučajevi korištenja forenzike vozila	34
5.2.2	Pohrana podataka u vozilu	35
5.2.3	Ekstrakcija podataka iz vozila	36
5.2.4	Pitanja postavljena uz automobilsku forenziku	37
5.2.5	Zahtjevi za sigurnost i privatnost podataka.....	37
5.2.6	Modeli prijetnje vozilu	37
5.3	Primjer alata za forenzičku analizu <i>iVe ecosystem</i>	38
5.3.1	Mobilna aplikacija (<i>iVe Mobile</i>)	39
5.3.2	Garnitura pristupnih kablova i alata (<i>iVe Toolkit</i>)	40
5.3.3	Forenzički softver (<i>iVe Desktop</i>).....	41
6	Zaključak	42
	Popis kratica.....	43
	Literatura.....	44
	Popis slika	47
	Popis tablica.....	48

1 Uvod

U današnje vrijeme sve je više krivičnih djela. Gotovo svako krivično djelo uključuje, na neki način, posredno ili neposredno i vozilo. Upotreba tehnika forenzičke analize značajno doprinosi uspješnom rješavanju problema i zadovoljenju pravde. U ovom radu obrađena je forenzička analiza informacijsko-komunikacijskih sustava vozila.

Napretkom tehnologije u svrhu olakšavanja svakodnevnog života u vozila su implementirani elementi koji bilježe niz aktivnosti o samome korisniku vozila te o vozilu što je vrlo korisno u rješavanju krivičnog djela.

Prije 10 godina vozila su posjedovala maksimalno 10 komponenti koje se smatraju kao računalo dok današnja posjeduju 70-110 računala koji generiraju 25GB podataka u jednom satu. Uparivanjem mobilnog terminalnog uređaja (MTU) sa multimedijским ulazom u automobilu podatci iz MTU sjedinjuju se i uparuju sa onima u automobilu kako bi postali jedna cjelina. Ekstrakcija podataka iz globalnog pozicionog sustava (*Global positioning system* – GPS) podataka je samo mali dio onoga što još možemo saznati iz samog vozila. Uparivanjem MTU sa vozilom pristajemo na dijeljenje podataka o pozivima, kontaktima, tekstualnih poruka, audio snimke, video snimke te slike. Prilikom punjenja MTU-a preko univerzalne serijske sabirnice (*Universal Serial Bus* –USB) vozilo učita veliku količinu podataka na memoriju vozila. Ekstrahirane podatke potrebno je pregledati te razlučiti one bitne od bespotrebnih što nekada zna biti vrlo kompliciran posao.

Ovaj završni rad obrađen je kroz 6. poglavlja

1. Uvod
2. Vozila u funkciji terminalnih uređaja
3. komunikacijske i senzorske tehnologije vozila
4. Prikupljeni podaci iz vozila
5. Forenzička analiza informacijsko-komunikacijskih sustava vozila
6. Zaključak

Kroz drugu cjelinu objašnjen je odnos između vozila i terminalnog uređaja, razvoj pametnih vozila te što ga čini pametnim. Također obrađen je pojam *Infotainment* sustava u vozilu kojeg posjeduje skoro svako vozilo novijeg datuma proizvodnje. *Infotainment* sustav zauzima bitnu ulogu u forenzici vozila, podaci koji su sadržani unutar memorije mogu biti od presudne važnosti za istražitelje, ako dođe

do forenzičke analize vozila. Podjele *Infotainment* sustava vozila (*In Vehicle Infotainment – IVI*) prema proizvođačima vozila kao i nadogradnje također su navedene u ovoj cjelini.

Treće poglavlje obrađuje komunikacijske tehnologije vozila, način komunikacije vozila sa okolinom te prijenos informacija. Ilustrativni prikaz kao i tablični napravljeni su u svrhu jednostavnijeg poimanja implementacije mreže. Drugi dio istog poglavlja obrađuje senzorsku tehnologiju vozila kroz osnovnu podjelu senzora na vanjske i unutarnje te opis njihovih uloga u vozilu kao i princip rada.

Četvrto poglavlje odnosi se na podatke koje vozilo generira, informacije o događajima u vozilu, podaci o rutama i lokacijama, informacije sa *Infotainment* sustava kao i informacije koje zahtijevaju osiguravajuća društva u svrhu definiranja cijene obaveznog osiguranja od automobilske odgovornosti. Pojašnjene su mogućnosti i prijetnje izvedive korištenjem ugrađenog dijagnostičkog sučelja (*On-Board Diagnostics -OBD-II*).

Petim poglavljem obuhvatit će se forenzička analiza informacijsko komunikacijskih sustava vozila, biti će objašnjeni elementi automobilske forenzike kao grane digitalne forenzike. Također biti će naveden alat za automobilsku forenziku koji za sada isporučuje najbolje rezultate te njegove mogućnosti i karakteristike.

2 Vozila u ulozi terminalnih uređaja

Vozilo je svako prijevozno sredstvo namijenjeno za kretanje po cesti, osim dječjih prijevoznih sredstava, prijevoznih sredstava na osobni ili motorni pogon za osobe s invaliditetom ili starije osobe, ako se pritom ne kreću brzinom većom od brzine čovječjeg hoda [1].

Terminalni uređaji su krajnji uređaji (terminali) u kojima se vrši pretvorba različitih vidova informacija u električne signale prilagođene za prijenos komunikacijskim kanalom (prijenosnim medijem), i obratno. [2]

Vozilo samo po sebi kao sredstvo prijevoza putnika ili robe ima značajnu ulogu no kada tome pridodamo da svako novije vozilo funkcionira i kao terminalni uređaj ono poprima još veći značaj. Što je vozilo novije samim time posjeduje i više računala koje vrše određenu funkciju u vozilu te bilježi podatke koji su korisni pri analizi. Kod starijih vozila mogućnost ekstrakcije korisnih podataka svede se na minimum ili ih uopće nije moguća. Razvoj vozila se u odnosu na MTU¹ puno sporije razvija, no potreba da vozilo bude u korak sa MTU tjera stručnjake iz automobilske industrije da ga prate. Glavni čimbenik je cijena razvoja koja je u automobilskoj industriji puno viša i ne orijentira se samo na napretke vezane uz tehnologiju koja čini vozilo „pametnim“ već za kompletno poboljšanje od voznih karakteristika, sigurnosti, udobnosti, itd. dok je u industriji MTU svedeno sve na unapređenje karakteristika, funkcija i aplikativnih rješenja sa generalno nižom cijenom.

2.1 Razvoj pametnih vozila kroz povijest

Sam početak komunikacije između vozila i vozača bio je jednostran. Vozilo je putem senzora davalo vozaču potrebne trenutne informacije putem kazaljki i lampica bez mogućnosti pohrane. Neki od bitnijih su: brzina, broj okretaja motora, temperatura motora te razina goriva u spremniku. Napretkom tehnologije na kontrolnu ploču vozila dodavano je, korištenjem indikatorskih lampica, sve više stavki vozila. Izraziti napredak i nagli porast mogućnosti pokrenut je ugradnjom grafičkog zaslona i putnog računala. Time je omogućen prikaz vanjske temperature, prosjek potrošnje goriva, trenutna potrošnja goriva, domet sa dostupnim gorivom, itd.

Potrebu za razvojem dodatnih mogućnosti primjene u auto industriji potaknuo je i brzi razvoj telekomunikacija. Potreba za razgovorom tijekom vožnje prvobitno je bila luksuz dok su mobilne terminalne uređaje integrirane u vozilo imali samo

prestižni automobili visoke klase za poslovne ljude. Kasnije kada su MTU postali dostupni za skoro svaki džep korisnici su tijekom vožnje masovno komunicirali kako bi obavili važne razgovore ne trošeći vrijeme prije ili poslije vožnje ili jednostavno razgovaranje za skraćivanje vremena putovanja što je u sve češćem broju dovodilo do neželjenih posljedica kao što su prometne nesreće. Potreba za spojem MTU sa *Infotainment* sustavom u vozilu postala je nužna.

Početak pametnih automobila pokrenula je u SAD-u tvrtka General Motors 1996. godine sa svojom inačicom OnStar, [3], koju su ostvarili u suradnji sa Motorola Automotive. Osnovna namjena je bila na sigurnosti u prometu, cilj je dojaviti pozivnom centru da se dogodila prometna nesreća gdje je agent po potrebi slao hitnu medicinsku pomoć. U samom početku sustav je radio samo preko glasovnog poziva te je ozlijeđeni trebao dojaviti svoju lokaciju što u slučajevima gdje je nezgoda imala ozbiljnije posljedice nije bilo u moguće. Samim time nametnulo se pitanje kako unaprijediti postojeći sustav. Nakon što je uveden podatkovni promet sustav je unaprijeđen te je u mogućnosti centru odaslat GPS koordinate mjesta nezgode. Kroz sljedeća razdoblja sustav je napredovao ali su i druge korporacije vidjele budućnost u tome.

2.2 In-vehicle Infotainment sustav u vozilu (IVI)

Izraz *Infotainment* je popularna riječ za medijski uređaj ili uslugu koja pruža kombinaciju informacije i zabave. Sadržaj plasiran putem *Infotainment*-a dizajniran je tako da bude informativan, a opet dovoljno zabavan da privuče i održi interes korisnika. [4].

In-vehicle Infotainment integrirani sustav u auto industriji označava spoj između *entertainment* (zabava) i *information* (informacije) pružajući vozaču i putnicima potrebne informacije i zabavu kako bi putovanje bilo ugodnije, [5].

IVI sustavi koriste audio/video sučelja, zaslone osjetljive na dodir te druge vrste uređaja i senzora za pružanje ove vrste usluga. IVI sustavi često koriste *Bluetooth* tehnologiju za uparivanje sa pametnim telefonima kako bi vozačima pomogli upravljati sustavom za glasovne naredbe, unosom putem zaslona osjetljivog na dodir ili mehaničkim kontrolama. Iako je svaki IVI sustav drugačiji zajedničko im je osnovno svojstvo, a to je upravljanje i reprodukcija audio sadržajem, korištenje navigacije za vožnju, pružanje zabave na zadnjim sjedištima (igre, filmovi, društvene mreže), slušanje i slanje SMS poruka, uspostava telefonskih poziva, pristup sadržaju koji je dostupan putem Interneta ili pametnog telefona (stanje na cestama,

vremenska prognoza). Kako zabava i nekontrolirano korištenje IVI-a ne bi dovelo do nezgode, većina proizvođača je osigurala živote korisnika tako što se video zapisi ili ugađanje postavki automobila ne mogu izvršiti kada se vozilo kreće već isključivo kada vozilo miruje.

2.3 Nadogradnja In-vehicle-Infotainment sustava

Korištenje implementiranog sustava u vozilu korisnicima koji nisu tehnički potkovani kod nekih IVI-a može stvarati probleme. Nesnalaženje sa pred instaliranim sučeljem, nerazumljiv strani jezik te druge prepreke dovode do toga da vozač poseže za mobilnim uređajem na kojega je već naučen te samim time izlaže sebe i druge sudionike u prometu opasnosti. Zbog tog problema su Google i Apple u suradnji sa proizvođačima automobila osmislili aplikaciju koja se uparuje preko kabela ili bežično sa *Infotainment* sustavom u vozilu te na grafičkom sučelju pokazuje ikone, funkcije koje su iste kao i na mobilnom uređaju te korisniku uvelike olakšavaju korištenje te mu pružaju osjećaj sigurnosti zbog korištenja već poznatih ikona. [6].



Slika 1. Usporedni prikaz grafičkog sučelja apple carPlay i android auto, [7]

2.3.1 Apple CarPlay sustav

Apple carplay (*The ultimate copilot*) operativni sustav omogućuje spajanje apple pametnog uređaja sa IVI-em u vozilu, spajanje se ostvaruje putem kabela ili bežično. CarPlay nudi navigaciju putem Apple Maps, glazbu putem iTunesa, čitanje poruka na glas te diktiranje za pisanje poruka, primanje i upućivanje poziva bez korištenja ruku. Osnovni preduvjet za korištenje je internetska veza. Trenutno je dostupan za više od 500 modela vozila mlađih od 2016 godine, za starije automobile postoji nadogradnja putem naknadno ugrađenih IVI sustava kao što su Pioneer AVH-1440NEX te drugi modeli istog proizvođača. [8]

2.3.2 Android auto

Spajanje sa ugrađenim IVI-em putem kabela ili bežično, funkcije slične kao i kod CarPlay sustava no kod Android auto mogućnosti su puno veće što se tiče aplikacija koje se mogu koristiti tijekom vožnje kao što su audio knjige, skype i facebook messenger. Što se tiče zastupljenosti android auto prednjači nad konkurencijom, glavna prednost istog je što se može instalirati na pametni telefon bez spajanja na IVI vozila. [9].

2.4 In-vehicle infotainment sustavi - podjela prema proizvođaču

Svaki proizvođač u svoje vozilo ugrađuje drukčiji IVI sustav, u načelu svi imaju istu ulogu ali grafičko sučelje, dodatne opcije, senzorske tehnologije se razlikuju. Želja korisnika je imati sustav za zabavu koji je brz i jednostavan za korištenje. U slučaju da je sustav nerazumljiv i kompliciran za korištenje korisnici se okreću korištenju mobilnog uređaja tijekom vožnje što u konačnici nije dobro ni za proizvođača, a ni za korisnika jer dovodi u opasnost svoj život, život suputnika te drugih sudionika u prometu.

Tablica 1. Pregled ugrađenih IVI sustava prema proizvođačima vozila

Izvor: [6]

PROIZVOĐAČ AUTOMOBILA	NAZIV IVI SUSTAVA U VOZILU
BMW	iDrive (gesture control); iDrive (touch)
Mercedes-Benz	Comand
Audi	MMI
Volkswagen	MIB 2
Ford	Sync3
Fiat	Uconnect 4
Tesla	IVI
Nissan	NissaConect
Mazda	Mazda Conect
Toyota	Entune
Honda	HondaLink with 2 screens
Hyunday/kia	Hyundai Display Audio, UVO 3
Land Rover/Jaguar	InControl

2.4.1 Napredni *Infotainment* sustav - BMW

BMW *iDrive* gesture kontrol je najnovija tehnologija uvedena u BMW-u, s ciljem da se korisniku omogući izvršavanje željene radnje putem gestikulacije rukom i/ili prstima te pri tome ne skrećući pogled s ceste. Sustav je još u razvoju tako da su mogućnosti ograničene, omogućena je promjena stanice ili pjesme, pojačavanje i stišavanje glasnoće, prihvaćanje i odbijanje poziva. Sustav za funkcioniranje koristi kameru koja je smještena na sredini vozila iznad mjenjača i snima gestikulaciju. Sustav izvršava pojedine funkcije nedvosmislenim očitavanjem pridijeljene gestikulacije rukom. [10]

2.4.2 Napredni *Infotainment* sustav - Tesla

Prema informacijama korisnika najpopularniji infotainment sustav je Tesla IVI. Obzirom na veliki ekran smješten na sredinu vozila jasno je da ne služi samo za navigaciju. Tesla IVI u konačnici je pravi infotainment sustav u punom smislu te riječi. Glazba, predinstalirane aplikacije, zabava kroz Tesla Theater, pomoć vozaču putem kamera oko vozila, samoupravljanje, te mnoge druge opcije. Uzevši u obzir da su vozači Tesla vozila specifični korisnici koji znaju što kupuju i što traže od vozila nije čudno da su i najzadovoljniji od svih ispitanih. [11]

3 Komunikacijske i senzorske tehnologije vozila

Bitan preduvjet da bi vozilo moglo komunicirati je pristup Internetu. Tako opremljeno vozilo nazivamo *Connected vehicle*. Pristup Internetu koristi se za dijeljenje podataka sa pametnim uređajima u vozilu kao i sa onima izvan vozila uključujući druga vozila, semafore, senzore postavljene na cesti i uz cestu. Kroz viziju Internet stvari (*Internet of Things* -IoT) obuhvaćena su i vozila (*Internet of Vehicles* – IoV). Vizija gradova budućnosti ili *Smart City vision* gdje se ideja o pametnom životu pretvara u stvarnost, a čine je pametne kuće, rad u pametnim tvornicama, korištenje pametnih prometnih tehnologija. Kao primjer nakon posla dolazimo kući sa automobilom koji komunicira sa kućom, ručak se sam podgrije, rashladni sistemi ili grijanje pokreće se dovoljno unaprijed kako bi boravak bio ugodan, rasvjetna tijela se pale prema potrebi, hladnjak dojavljuje koje su namirnice raspoložive a koje bi trebalo dopuniti. Sve te prednosti dovode do velike uštede osobnog vremena te do drastičnog smanjenja troškova, smanjena potrošnje električne energije, očuvanje okoliša.

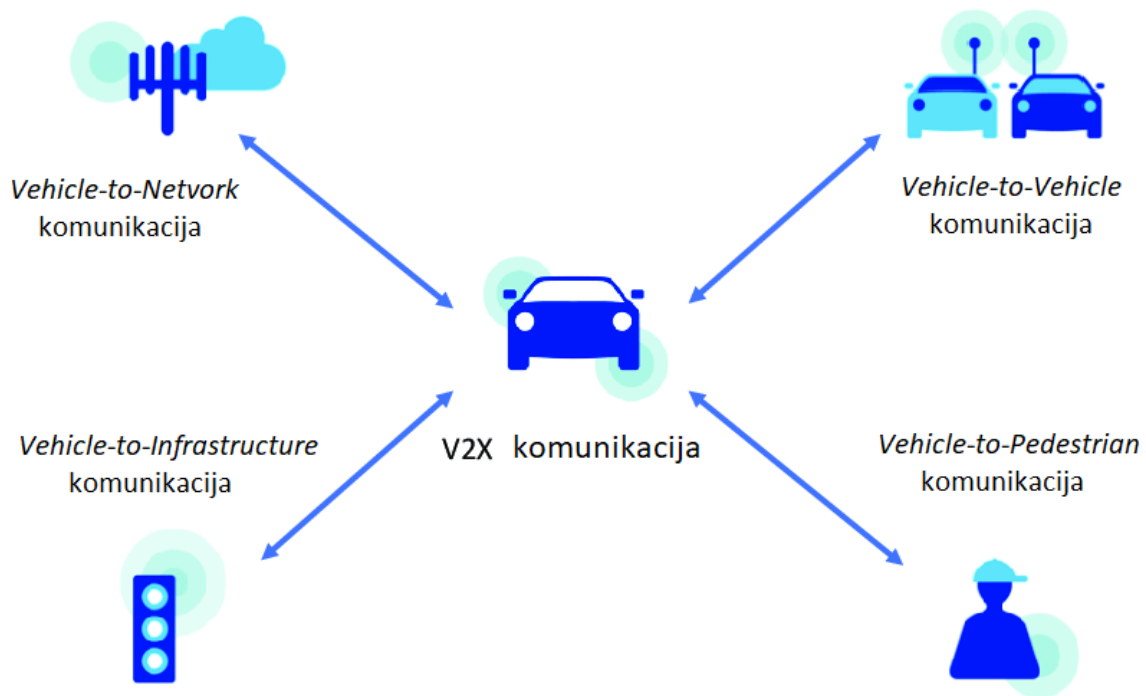
3.1 Vrste komunikacije vozila V2X

Komunikacija vozila (*Vehicle to X* - V2X) je relativno novi oblik komunikacije a odnosi se na tehnologiju i procese koji omogućuju vozilima komunikaciju s različitim dijelovima prometnog sustava. Pored sigurnosnih prednosti, V2X tehnologija nudi i niz drugih pogodnosti, npr. Plaćanje cestarine, parkinga. Međutim kako bi V2X postao produktivniji, druga vozila, sudionici u prometu kao i prometna infrastruktura također moraju imati ugrađenu V2X tehnologiju, čak i pješaci kao i biciklisti također moraju nositi V2X uređaje. Iz tog razloga V2X mora rapidno napredovati kako bi objedinio sve sudionike u prometu. Unatoč svemu mnogi dobavljači V2X kao što su Delphi, Qualcomm, Denso i Continental neprestano rade na planovima integracije V2X.

Obzirom na komunikaciju i povezanost vozila s okolinom razlikujemo četiri osnovne podjele:

- Vozilo prema vozilu (*Vehicle-to-vehicle*- V2V),
- Vozilo prema prometnoj infrastrukturi (*Vehicle-to-infrastructure* - V2I),
- Vozilo prema podacima u oblaku/mreži (*Vehicle-to-Cloud/network* - V2N),
- Vozilo prema pješaku (*Vehicle-to-pedestrian* - V2P)

Pod pojmom „Vozilo“ podrazumijeva se bilo koje prometalo spojeno na Internet tj. Connected vehicle, dok kod vehicle-to-pedestrian računamo da pješak ima uz sebe pametni uređaj te samim time postaje povezan. [12]



Slika 2. Funkcijski prikaz V2X komunikacije, [13]

3.1.1 *Vehicle-to-vehicle* komunikacija (V2V)

V2V komunikacija odnosi se na vozila (automobili, kamioni, autobusi itd.) koja su povezana s drugim vozilima u prometu. Komunikacija je isključivo bežična i koristi se za potrebe kao što su određivanje lokacije, smjera kretanja, brzine. Tehnologija koja stoji iza V2V komunikacije omogućuje vozilima da šalju i primaju višesmjerne poruke obično svakih 5-10 sekundi kreirajući stvarno stanje 360 stupnjeva oko vozila kako bi i ostala vozila u blizini imala potrebne informacije. Kroz takve poruke vozila mogu odrediti potencijalne nadolazeće prijetnje od sudara.

V2V tehnologija koristi namjensku komunikacijsku tehnologiju kratkog dometa (*Dedicated Short-Range Communications – DSRC*), koja se opisuje kao bežična mreža (*Wireless-Fidelity - Wi-Fi*) zbog toga što je jedna od mogućih frekvencija 5.9 GHz koja se inače koristi kod Wi-Fi-a. Sustav tako može koristiti vizualna, taktička, zvučna upozorenja ili kombinaciju kako bi upozorio vozača da poduzme odgovarajuće mjere za izbjegavanje sudara, npr. promjena smjera, brzine kretanja. Sve to pomaže u pružanju boljeg i sigurnijeg načina vožnje kako za vozača i suvozača tako i za pješake te umanjuje prometne nesreće. [12]

3.1.2 Vehicle-to-infrastructure komunikacija (V2I)

V2I komunikacija odnosi se na vozilo povezano sa prometnom infrastrukturom ceste ili autoceste, koja uključuje uličnu rasvjetu, digitalne znakove uz cestu, kamere za brzinu itd. Komunikacija je bežična i dvosmjerna. Hardverska tehnologija i komponente uključuju senzorsku opremu temeljenu na identifikaciji korištenjem radio frekvencija (*Radio-frequency identification* - RFID) kao što su na pr. Radari i kamere.

Komunikacija se odvija pomoću namjenskih DSRC frekvencija sličnih V2V povezivanju. Svrha je prikupljanje podataka o prometnoj infrastrukturi kako bi se putnicima u stvarnom vremenu pružale informacije o promjeni brzine vožnje, kočenju, upute o preusmjeravanju ili izbjegavanje opasnih situacija. Kao i kod V2V komunikacije V2I komunikacija pruža bolje i sigurnije iskustvo vozačima i putnicima, smanjuje nesreće i ozljede.

Razlika između V2V i V2I je u tome što V2V zahtjeva povezivanje i drugih vozila u okruženju dok V2I zahtjeva samo povezivanje između prometne infrastrukture i samog vozila. [12]

3.1.3 Vehicle-to-Cloud/Network komunikacija (V2N)

V2N komunikacija odnosi se na vozilo koje je bežično povezano sa *Cloud*-om uglavnom za pristup, prijenos, razmjenu, analizu podataka te donošenje odluka u stvarnom vremenu. *Cloud* tehnologija može pomoći u smanjenju kompliciranosti kontrolnih ploča u vozilu. Pohrana i dohvaćanje podataka korištenjem *Cloud* tehnologije zahtijevaju manje hardverskih rješenja u samom upravljačkom sistemu vozila. Pružanje i korištenje ostalih usluga utemeljenih na *Cloud* strukturi što znači da teži podatkovni zadaci mogu biti prebačeni na drugi *Cloud* server na obradu. U konačnici V2C komunikacija omogućuje smanjenje ukupnih troškova u proizvodnji vozila zbog izostanka skupih komponenti koje *Cloud* zamjenjuje. V2C također može povećati sigurnost i proširenu stvarnost (*Augmented reality*- AR). [12]

3.1.4 Vehicle-to-pedestrian komunikacija (V2P)

V2P komunikacija uključuje izravnu komunikaciju između vozila i pješaka, u neposrednoj blizini vozila. Pješaci kao najranjivija skupina predstavljaju i najveću opasnost zbog nesmotrenosti, ljudi koji hodaju uz cestu ili je prelaze na označenim i neoznačenim dijelovima, majke s djecom u kolicima, invalidi sa kolicima ili drugim pomagalima, putnici iz javnog prijevoza koji se ukrcavaju ili iskrcavaju, biciklisti.

Cilj je povećanje sigurnosti svih grupa pješaka i putnika. Važan aspekt V2P komunikacije je sustav detekcije pješaka koji se može implementirati na više načina: unutar vozila (pregled mrtvog kuta), na vozilu (automatsko kočenje), izvan vozila (znakovi koji upućuju na prisutnost pješaka). [12]

3.2 Mobilna *Ad Hoc* mreža (MANET)

MANET se koristi za komunikaciju između vozila i pametnih uređaja na cesti. U ovoj mreži poznatoj i kao bežična *ad hoc* mreža (Wireless Ad-Hoc Network - WANET), čvorovi (tj. Vozila) su autonomne i pokretne jedinice te se neovisno kreću u bilo kojem smjeru. Čvorovi su dakle povezani na proizvoljan način. Stoga mreža koristi *ad hoc* protokole usmjeravanja ili tablice na zahtjev.

MANET koristi samokonfigurirajuću mrežu bez infrastrukture te ima sljedeće značajke:

- dinamičku topologiju,
- veze promjenjivog kapaciteta,
- rad ograničen energijom i
- ograničenu fizičku sigurnost.

Neke MANET mreže uglavnom su ograničene na lokalno područje bežičnih uređaja, dok drugi mogu biti povezani na Internet. U MANET-u je svaki čvor potencijalni usmjerivač. Često se koriste slijedeći protokoli za usmjeravanje:

- Ad hoc Vektor udaljenosti na zahtjev (*Ad Hoc On-demand Distance Vector - ADOV*),
- Dinamičko usmjeravanje izvora (*Dinamic Source Routing - DSR*),
- Optimizirano usmjeravanje prema stanju veze (*Optimised Link State Routing OLSR*) i
- Algoritam vremenskog redoslijeda usmjeravanja TORA (*Temporally Ordered Routing Algorithm – TORA*).

MANET mreže su decentralizirane i zbog toga obično pouzdanije od centraliziranih mreža zbog višestruke skočnosti (multi-hop) prijenosa podataka. Uzevši u obzir da se MANET arhitektura s vremenom razvija i nadograđuje može se očekivati rješavanje problema poput prekida rada čvora ili sporog prijenosa podataka. Također zbog činjenice da MANET ima promjenjivu topologiju smatra se da su te mreže fleksibilnije, skalabilnije sa nižim troškovima održavanja.

Problemi nastaju sa zaštitom signala, pouzdanošću čvorova, ograničenom snagom procesora, pa čak i napajanjem, no unatoč svemu tome fleksibilnost MANET mreže jedina je pozitivna stavka. [12]

3.3 Ad Hoc mreža za vozila (VANET)

Ad-Hoc mreža za vozila (*Vehicle Ad-Hoc Network* – VANET) je podklasa MANET tipa povezivanja, primjenjivo posebno za vozila. Sastoji se od skupine pokretnih i stacioniranih vozila povezanih putem bežične mreže. Donedavno su se VANET mreže koristile za pružanje sigurnosti i udobnosti vozača u vozilu, no VANET mreže se razmatraju za infrastrukturu inteligentnih transportnih sustava (ITS) za sve veći broj autonomnih vozila na cestama.

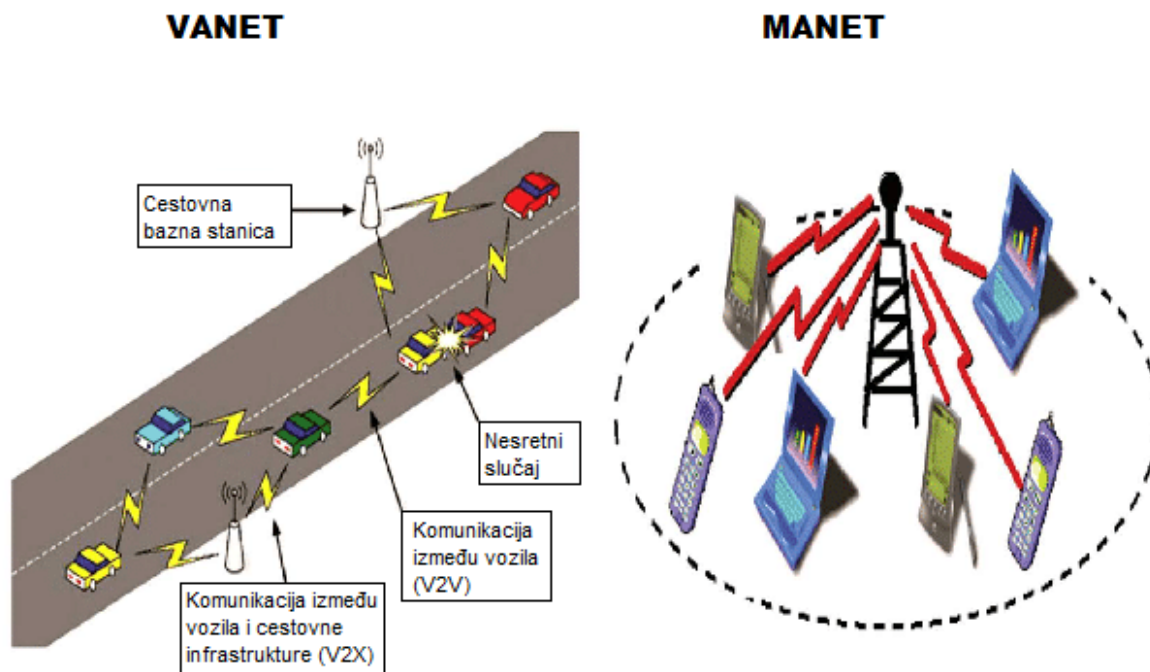
Jedna od glavnih karakteristika VANET-a je distribucija usmjerena na sadržaj (bitan je sadržaj a ne izvor) što je u potpunoj suprotnosti sa Internetom gdje korisnik traži informacije iz određenog izvora. VANET komunikacijski protokoli slični su onima u žičnim mrežama, gdje svaki korisnik ima IP adresu, no dodjeljivanje takvih adresa kod pokretnih vozila nije lako i zahtjeva poslužitelja DHCP (*Dinamic Host Configuration Protocol*). [12]

Razlika između MANET-a i VANET-a je u tome što protokoli za usmjeravanje MANET-a ne mogu se koristiti i u VANET arhitekturi.

VANET se može smatrati sustavom koji se sastoji od cjelina dijeljenih u tri domene

- Mobilna domena: sastoji se od dva pododjeljka:
 - domena vozila (automobili, autobusi itd.)
 - domena mobilnih uređaja (pametni telefoni, navigacijski sustavi itd.)
- Domena infrastrukture koja se također sastoji od dva pododjeljka:
 - Cestovna infrastrukturna domena (prometni znakovi, semafori itd.)
 - Središnja infrastrukturna domena (centri za upravljanje prometom i vozilima)
- Generička domena koja se sastoji od internetske infrastrukture i privatne infrastrukturne domene

Na slici 3. prikazana je funkcionalna usporedba VANET I MANET mreže, a tablica 2. prikazuje usporedbu pojedinih važnijih karakteristika obiju mreža.



Slika 3. Usporedni funkcionalni prikaz VANET / MANET,
Izvor: [14]

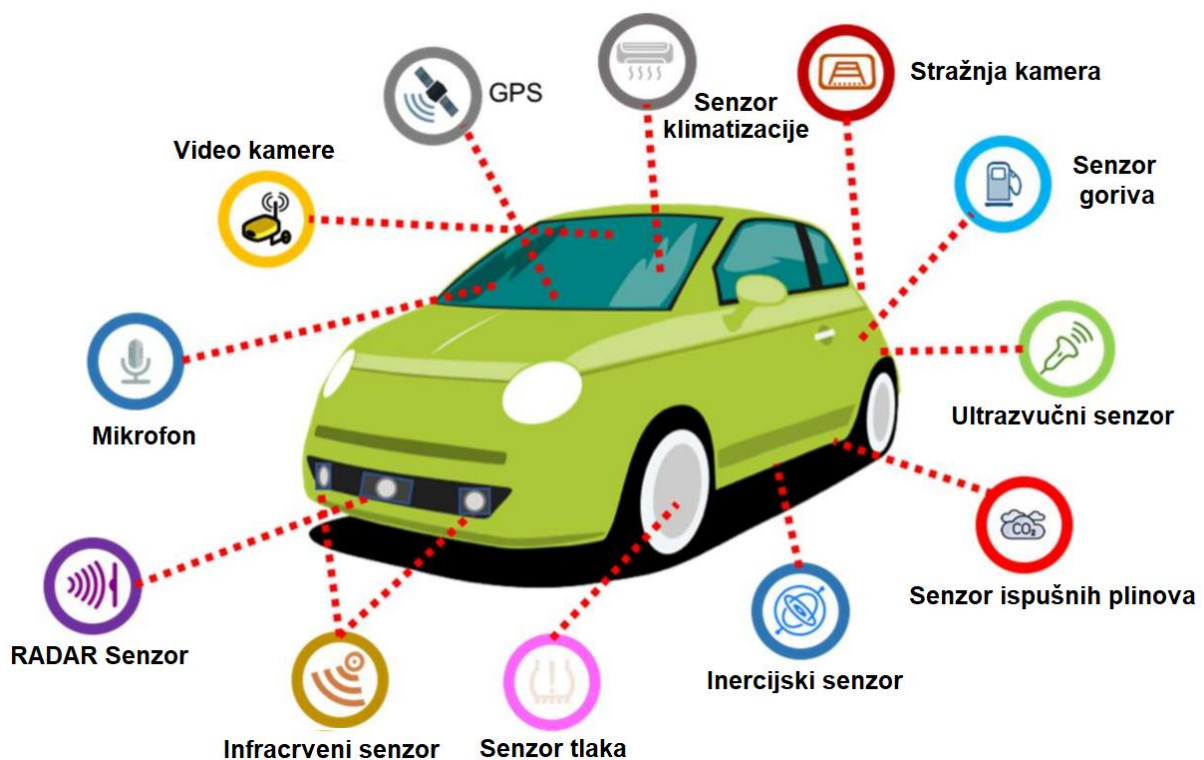
Tablica 2. Usporedba karakteristika VANET / MANET,
Izvor: [14]

VANET		MANET
Visoki	Troškovi implementacije	Niski
Česta i jako brza	Potreba za unapređenjem tehnologije	Povremena i spora
Visoka	Mobilnost	Niska
Frekventna, promjenljiva i velika	Gustoća u čvoru	Niska
1000 ps	Pojasa širina	100 ps
Do 600 m	Domet	Do 100 m
Ovisno o vijeku vozila	Životni vijek čvorišta	Ovisno o napajanju
Visoka	Pouzdanost	Srednja
Normalan	Uzorak gibanja čvorova	Slučajan

3.4 Senzorske tehnologije vozila

Senzor je uređaj čija je svrha otkrivanje događaja ili promjena u svom okruženju te odašiljanje informacija drugoj elektroni najčešće procesoru. Uglavnom se koristi kombinacija od više senzora. U svakodnevnom životu okruženi smo razno raznim sensorima temeljenim na digitalnoj i analognoj tehnologiji.

Na slici 4. Prikazane su napredne senzorske tehnologije ugrađene u moderna vozila sa okvirnim lokacijama njihove ugradnje. Standardni senzori koji se već duže vrijeme ugrađuju (temperature okoline i motora, brzina i broj okretaja i sl.) nisu prikazani zbog jednostavnosti

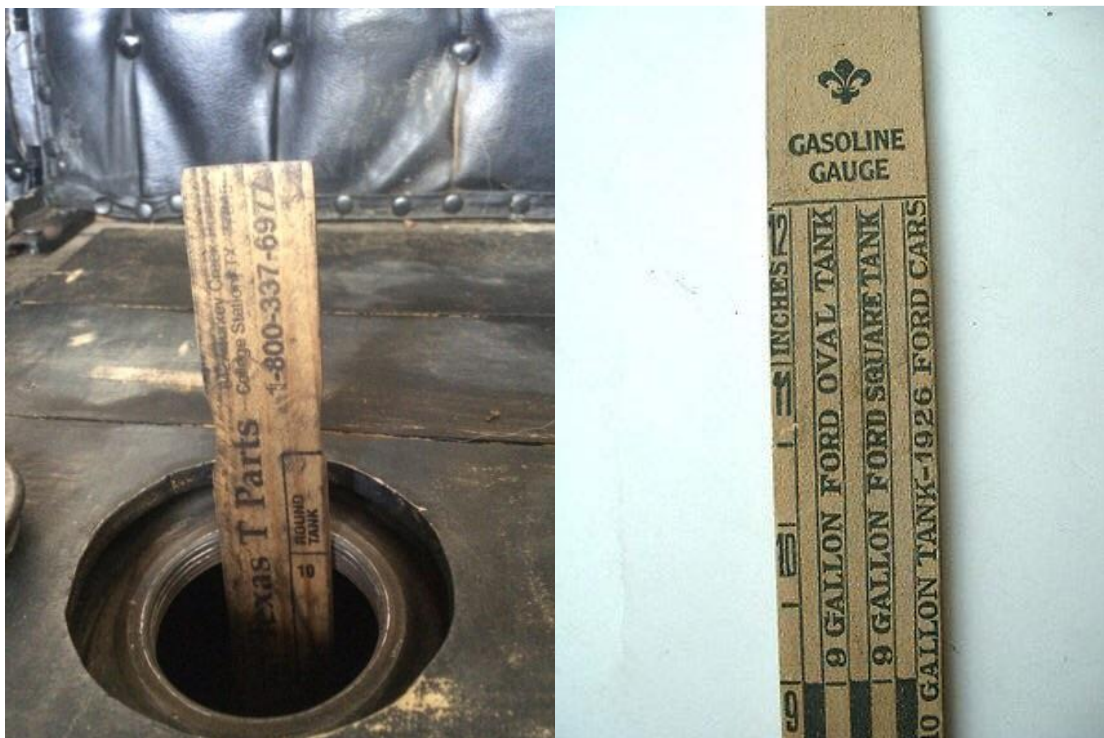


Slika 4. Prikaz senzorskih tehnologija u modernim vozilima, [15]

Kao jednostavan primjer možemo uzeti senzor vanjske temperature u vozilu najčešće pozicioniran u suvozačkom retrovizoru. Senzor vanjske temperature je termalni senzor, otpornik koji promjenom temperature mijenja svoju vrijednost u omima (Hm - mjerna jedinica za otpornost). Senzor pruža informacije koje se odnose na vanjsku temperaturu. Obradena vrijednost se prikazuje na kontrolnoj ploči u obliku razumljivom svakome tj. u stupnjevima Celzusa. Najčešći kvarovi nastupaju

mehaničkim oštećenjem zbog njegove pozicije u retrovizoru koji vrlo često prvi na udaru.

Povijesno gledano vozila u samome početku nisu imala nikakvih senzora. Sve se svodilo na iskustvo vozača koji je sam trebao procijeniti brzinu kretanja, stanje goriva u rezervoaru te slične parametre, no "slijepa" vožnja nije dugo trajala. Prvi, ako je to moguće tako nazvati, senzor se pojavljuje 1920. godine u obliku drvenog štapa koji se uranjao u rezervoar te na sebi imao iscrtana polja pripadajuća tada dostupnim tipovima Ford model T automobila, [16] koja su prikazivala količinu goriva u rezervoaru. Proizvođačima automobila tada je bilo jasno da uz samo vozilo moraju ponuditi rješenja koja će olakšati korisnicima vožnju i učiniti je ugodnijom.



Slika 5. "Senzor razine goriva" za Ford Model-T, [17]

U suvremenim vozilima postoji ogroman broj dinamičkih informacija koje se mijenjaju iz sekunde u sekundu. Za što bolje i preciznije očitavanje istih koriste se senzori i aktuatori. Senzori su povezani sa čvorovima koji te podatke prenose vozilu te imaju sposobnost međusobnog razmjenjivanja informacija, tj. rade umreženo.

U autonomnim vozilima postoji više od 300 senzora koji svakodnevno generiraju više od 5000 GB podataka. Bitno je pohraniti te podatke kako bi se kasnije mogli obraditi i koristiti u svrhu predviđanja prometnih uvjeta u određeno doba dana ili dana u tjednu i iskoristiti za određivanje alternativnih ruta.

Elektronički koji se koriste u obradi i pohrani postaju sve manji i kompleksniji, a istovremeno i povoljniji za proizvodnju. Tehnologija koja je prije koju godinu bila skupa i rijetka danas je široko dostupna. Kao primjer možemo uzeti mobilni terminalni uređaj iz 2010. godine koji je imao istu procesorsku snagu kao i super računalo iz 1985. godine a sve to stane u dlan jedne ruke. Mogućnosti modernih senzora su stoga beskrajne.

Senzore u modernim vozilima obzirom na lokaciju možemo podijeliti u dvije skupine, a to su senzori smješteni unutar vozila i senzori smješteni izvan vozila (temperatura, kamere, radar, sonar, lidar, gps te drugi).

Prije podijele senzora bitno je razumjeti slijedeće tehničke karakteristike bitne u odabiru istih [18]:

- Točnost, preciznost: Pogreška između prave vrijednosti i prijavljenog mjerenja senzora. Preciznost ovisi o raznim čimbenicima, uključujući razinu buke i parametre smanjenja vanjskih smetnji.
- Rezolucija: Minimalna varijacija između dvije mjerne vrijednosti, koja je uglavnom višestruko manja od stvarne vrijednosti senzora.
- Osjetljivost: Minimalna vrijednost koja se može otkriti ili izmjeriti.
- Dinamički raspon: Odnos između minimalne i maksimalne vrijednosti koje se mogu točno zabilježiti.
- Perspektiva: predstavlja polje usmjerenosti senzora.
- Aktivno / pasivno: Aktivni senzor emitira oblik energije proporcionalno detektiranoj vrijednosti (napon, struja, digitalna vrijednost, ...), dok pasivni senzor mijenja svoju vrijednost ovisno o mjernoj vrijednosti (npr. Promjena otpora senzora ovisno o temperaturi okoline).
- Vremenski raspon: brzina osvježavanja senzora i frekvencija očitavanja vrijednosti pojedinog senzora.
- Izlazno sučelje: definira izlaz senzora koji može biti: analogni napon, analogna struja, digitalni signal, serijski ili mrežni tok podataka.

3.4.1 Vanjski senzori u modernim vozilima

GPS - zasniva se na korištenju prijemnika i antena koji komuniciraju s raznim satelitima za trianguliranje položaja vozila.

GPS tehnologija temelji se na širenju RF signala. Satelit odašilje RF signal, prihvaća ga GPS antena smještena na vozilu koja tada aproksimira položaj bilo gdje

u sferi širenja signala. Kada se spoje dva signala, prijemnik aproksimira položaj prema sjecištu dviju sfera. Zbog toga su potrebna najmanje 3 satelita za točan proračun položaja, dok četvrti služi za korekciju pogreške. Trenutni položaj može se pronaći na osnovu udaljenosti od zemljopisne dužine, zemljopisne širine i elevacije, X-Y-Z koordinate.

Dobiveni podaci upareni sa preciznom kartom se mogu koristiti u autonomnim vozilima za izračunavanje optimalnih ruta, pružanje uputa za vožnju, otkrivanje prepreka te mnoge druge vozaču korisne usluge.

Većina današnjih vozila koristi GPS za navigaciju, no nemaju potrebnu točnost kako bi to zahtijevali uvjeti za potpuno autonomno vozilo. Klasični GPS prijemnik u modernim vozilima sa slabim prijemom ili ograničenom satelitskom povezanošću ima točnost otprilike 5-15 metara, ta točnost je dovoljna za pružanje usluge navigacije ali nije dovoljna za detaljnije zahtjeve. Zbog se koriste i korekcijski signali dostupni iz više izvora kao što su NDGPS (*Nation Differential Global Positioning System*), WAAS (*Wide Area Augmentation System*), EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay Service*). Ovi besplatni izvori pružaju signale za poboljšanje pozicijske preciznosti od otprilike 1-2m. Sa tom razinom preciznosti povećava se pouzdanost navigacije te sigurnosti ali još uvijek nije dovoljno točna da bi mogla odrediti granice traka na kolniku. Sofisticiraniji izvori korekcije imaju točnost od 1-2 cm, ali zahtijevaju puno skuplju opremu, također im je mana što ne mogu otkriti ostala vozila u prometu što za autonomnu vožnju predstavlja bitan faktor. [18]

Primjer jednog takvog autonomnog vozila je traktor koji koristi diferencijalni GPS za kontrolu kretanja i položaj traktora, uzevši u obzir da je u pitanju otvoreno zemljište bez prepreka, ostalih sudionika u prometu, točnih dimenzija tj. kontrolirani uvjeti za rad faktor nezgode smanjen je na minimum. Stazu određuje poljoprivrednik, a traktor slijedi točnu putanju putem GPS-a uparenog sa komandama vozila. Ova tehnologija se može primijeniti samo u kontroliranim uvjetima gdje nema opasnosti u pogledu pješaka, drugih vozila, itd. Potpuno autonomno vozilo zahtjeva visoku točnost GPS-a u uvjetima gdje drugi senzori mogu zakazati, no još uvijek najveći problem stvaraju troškovi implementacije takvog gps-a u komercijalna vozila.

RADAR (*Radio detection or ranging*) koristi se u auto industriji za detekciju prepreka ispred vozila, bitni parametri su udaljenost i vidno polje tj. kut promatranja. Tipični sustav za Adaptivni (prilagodljivi) tempomat ima domet od 150m i vidno polje od oko 20stupnjeva. Koristeći se Dopplerovim Efektom dolazi se i do brzine kretanja. Umjesto korištenja rotirajućih antena moderni sustavi koriste antene sa digitalnom

obradom signala (*Digital Signal Processing* - DSP) koje koriste metodologiju oblikovanja snopa zračenja za mjerenje azimut-nog kuta. [18]

Radarski sustavi funkcioniraju u raznim uvjetima načelno im ne smetaju bljeskovi, kiša, magla, snijeg, prašina. Ova prednost uz niže troškove u odnosu na LIDAR sustave čini ih povoljnijima u proizvodnji vozila. Adaptivni tempomat obično koristi radar zbog dinamičke sposobnosti otkrivanja udaljenosti objekta i brzine. Koristeći radar adaptivni tempomat omogućuje ugodnu vožnju i u uvjetima smanjene koncentracije, prilikom nailaska na vozilo automatski usporava te u kombinaciji sa drugim sensorima održava distancu. [19]

LIDAR (*Light Detection and Ranging*) laserski sustav za mjerenje udaljenosti, koristi infracrveni usmjereni snop svjetlosti emitiran laserskom diodom koji se preko usmjerivačkog zrcala šalje ispred vozila. Za detekciju prepreka koristi se povratni snop reflektiran od objekata ispred vozila koji ne apsorbiraju svjetlo. Za savladavanje prepreka kao što su poluprozirni materijali te loši vremenski uvjeti LIDAR sustav koristi višestruko odašiljanje zraka za obavljanje višestrukih mjerenja udaljenosti istovremeno. Višestruko odašiljanje također se koristi u uvjetima gdje je potrebna trodimenzionalna slika. Unatoč tome što su LIDAR sustavi precizniji od RADAR-a, obično su skuplji i zahtijevaju više prostora. LIDAR sustav koji se koristi u Google-ovim autonomnim vozilima košta otprilike 70.000,00 \$ (470.000 Kn). LIDAR sustavi nisu precizni kao RADAR sustavi za određivanje brzine zbog nemogućnosti korištenja Dopplerovog efekta. Iz tog razloga google-ovo vozilo koristi oba senzora i to za potpunu autonomiju. Korišteni LIDAR sustav je proizvod tvrtke Velodine Inc. i koristi 32-36 zraka. Za usporedbu kompleksnosti sustav koji proizvodi Continental-AG koristi 4 zrake i može se koristiti samo za male brzine. Potreba za ovakvim sustavom postaje sve veća te samim time i njegova cijena će postepeno padati. [18]

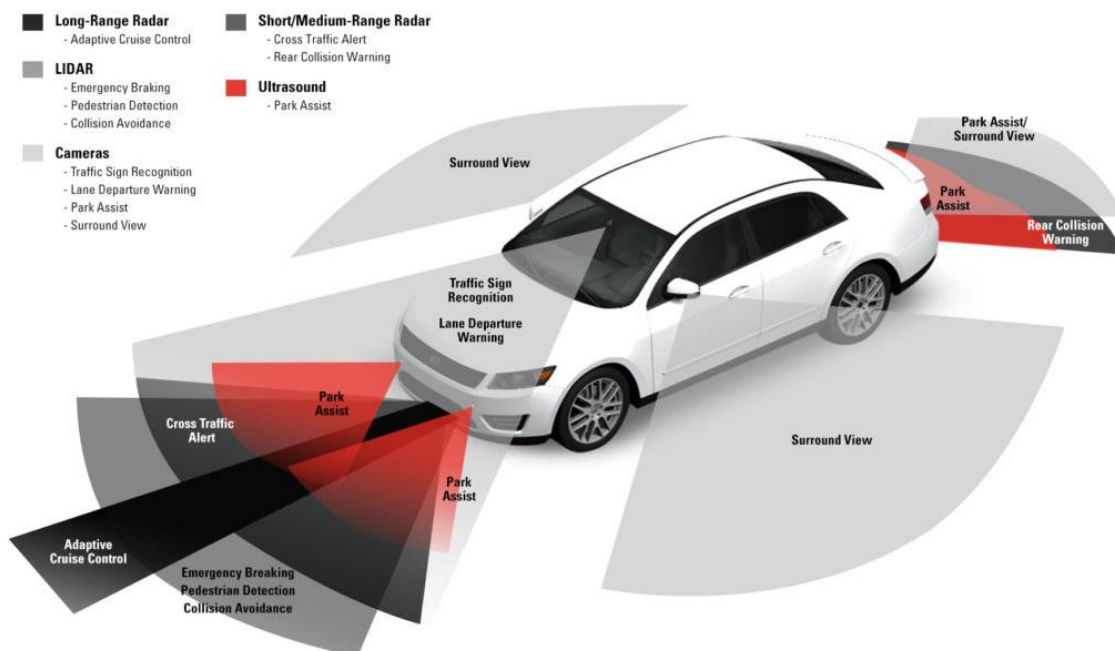
KAMERA se danas koristi u gotovo svim vozilima novijeg godišta za praćenje traka i zadržavanje unutar granica prometnih traka, čitanje prometnih znakova, stvaranje slike oko vozila za lakše parkiranje. Kamera apsorbira svjetlost koja se reflektira od objekta, slično principu na kojem funkcionira ljudsko oko.

Većina automobila koristi CCD senzore koji hvataju cijelu sliku u odnosu na CMOS senzor koji hvata jedan po jedan red svjetlosnih informacija gdje se različiti dijelovi senzora izlažu svjetlu u različito vrijeme. Većina aplikacija za vozila temelje se na CCD senzoru zbog njegove dostupnosti i razvijenosti. Za veću razlučivost koriste se 3 odvojena senzora. Najčešća uporaba sustava sa kamerom u auto industriji je detekcija prometnih traka. Osnovni algoritmi koriste dinamički raspon za stvaranje optimalne razlike u kontrastu crne boje kolnika i bijele boje tj. prometne

trake. Primjena kamera također se koristi za opciju *Night vision system* gdje se snimanje vrši termografskom kamerom infracrvenim, ljudskom oku nevidljivim, zrakama. Taj sistem značajno pomaže u uvjetima slabe vidljivosti. [18]

ULTRAZVUČNI SENZOR koristi se u auto industriji kao pomoć pri parkiranju već dugi niz godina. Zvučni val odbija se od predmeta u dometu a povratni impuls koristi se za određivanje udaljenosti. Kao ultrazvučni generator koristi se Piezo električni materijal pod izmjeničnim električnim naponom. Generirani zvučni val putuje zrakom dio signala se rasprši a dio se vraća tj. reflektira od prepreke i daje povratnu informaciju o udaljenosti predmeta pretvaranjem iz analognog u digitalni oblik. Također postoje i smetnje pri emitiranju i prijemu vala pa povratna informacija nije uvijek točna. Najčešće do smetnji dolazi kada je senzor zamazan, no uzrok smetnji može biti i temperatura, vlaga, kiša. Najbolju preciznost imaju na malim udaljenostima. [18]

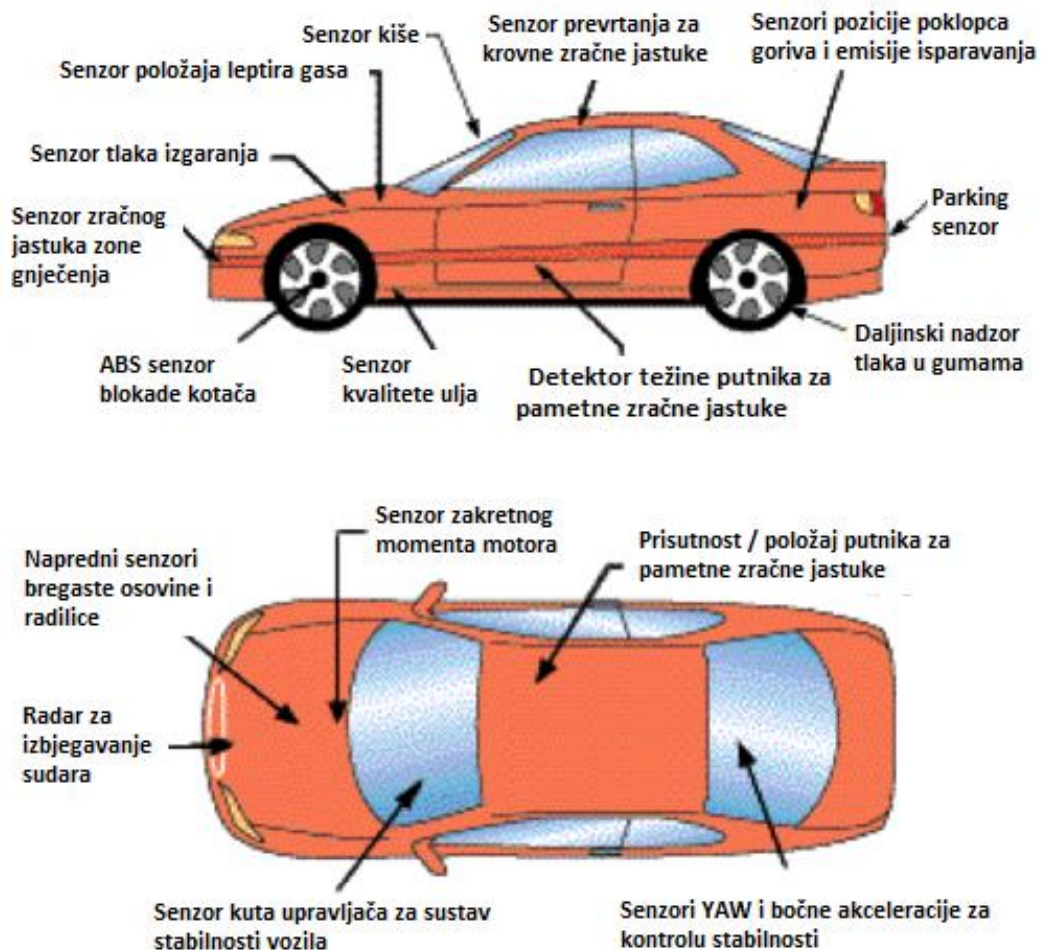
Na slici 6. Prikazani su vanjski senzori koji se ugrađuju u moderna vozila s okvirnim mjestima njihove ugradnje.



Slika 6. Vanjski senzori ugrađeni u moderna vozila, [20]

3.4.2 Unutarnji senzori u modernim vozilima

Većina unutarnjih senzora koji se nalaze u modernim vozilima postoje već dugi niz godina ali njihove mogućnosti napreduju. Signali odati od senzora putuju sabirnicom mreže lokalnih regulatora (*Controller Area Network – CAN*) i služe za pružanje adekvatnih informacija o vozilu, a također se koriste u kombinaciji sa drugim sensorima. To su inteligentni sustavi koji kontroliraju različite parametre vozila kao što su temperatura motora, razina rashladne tekućine, tlak ulja i mnoge druge funkcije potrebne za ispravan rad motora. [21] U načelu za rad motora sa unutarnjim izgaranjem bitno je zadovoljiti tri stvari a to su gorivo, iskra i zrak. Raspored ugradnje i vrsta unutarnjih senzora prikazani su na slici 7.



Slika 7. Prikaz unutarnjih senzora automobila, [22]

Unutarnji senzori uglavnom služe za optimizaciju rada motora i nadzor funkcionalnosti vozila. U nastavku su opisani neki od unutarnjih senzora [21] :

- Senzor brzine: *Hall Effect* senzor je uređaj koji se koristi za mjerenje magnetskog polja, njegov je izlazni napon upravo proporcionalan sa jakošću magnetskog polja kroz njega. Hallov efekt se koristi u sensorima za mjerenje brzine, a potreban je za informiranje vozača o brzini kretanja te za senzore kojima je rad ograničen bez njega.
- Senzor za elektronsku kontrolu stabilnosti (*Electronic Stability Program - ESP*): za mjerenje koristi žiroskop koji je smješten u centar gravitacije vozila, a koristi se za elektroničku stabilnost vozila.
- Bočni/uzdužni senzor (*Lateral/Longitudinal senzor*): koriste se za stabilnost vozila u kretanju.
- Ulazi za upravljanje volanom (*Steering inputs*): uključuju senzore zakretnog momenta i položaja volana. Koristi se snaga motora prenesena servo pumpom koja korisniku omogućuje lakše upravljanje volanom.
- Hidraulične kočnice: pritiskom noge na polugu kočnice ovisno o intenzitetu kočenja uključuju se i dodatne mogućnosti sigurnijeg zaustavljanja kao što su Sistem protiv blokade (*njem. Antiblockiersystem - ABS*), sustav protiv proklizavanja (*Traction control system - TCS*) te ESP
- Senzor protoka zraka: senzor izračunava volumen i gustoću zraka koju motor uzima, u komunikaciji sa elektroničkom upravljačkom jedinicom (*Electronic Control Unit – ECU*) osigurava da motor unosi ispravnu količinu goriva potrebnu za optimalan rad, važan senzor za optimalnu potrošnju goriva no njegova neispravnost može dovesti do trajnih oštećenja motora vozila.
- Senzor broja okretaja: senzor pričvršćen na radilicu motora, odgovoran je za nadzor broja okretaja radilice.
- Senzor kisika (O_2 senzor): senzor izračunava količinu kisika u ispušnoj grani, na temelju njega moguće je izračunati radi li motor sa bogatom ili siromašnom smjesom goriva. Njegova neispravnost dovodi do nemirnog rada motora i povećane potrošnje.
- Senzor apsolutnog tlaka u razdjelniku (*Manifold Absolute Pressure - MAP*): mjerač tlaka usisanog zraka, važan za rad benzinskog motora, jer po njemu upravljačka elektronika proračunava gustoću tj. masu usisanog zraka te po tome i potrebnu količinu ubrizganog goriva. U slučaju njegove neispravnosti motor radi neravnomjerno odnosno uopće ne radi.

- *Knock* senzor: senzor koji omogućuje pravilno izgaranje smijese, neispravnost ovog senzora može dovesti do skupih kvarova te iz tog razloga je njegova ispravnost od iznimne važnosti.
- Senzor temperature goriva: senzor konstantno nadzire temperaturu goriva kako bi osigurao optimalnu potrošnju goriva. Ako je gorivo hladno potrebno je duže vrijeme sagorijevanja zbog njegove veće gustoće, dok toplo gorivo sagorijeva puno brže.
- Senzor napona: senzor upravlja brojem okretaja motora u praznom hodu te osigurava da se broj okretaja povećava ili smanjuje ovisno o potrebama.

4 Prikupljeni podaci iz vozila

Vozila generiraju ogromnu količinu podataka, većina tih podataka kada dođe do potrebe forenzičke analize su beskorisni no dio njih može rasvijetliti situaciju i otkriti pravu istinu što uvelike pomaže istražiteljima u njihovom cilju. Te informacije pohranjuju se na računala kojih može biti i preko 75 u modernom vozilu, a generiraju približno 25 GB podataka u jednom satu [23]. Računalni sustavi vozila neprestano prikupljaju mjerne podatke o performansama, obavljaju nadzor senzorskih podataka, skeniranje vanjskih uvjeta, telemetriju iz CAN sabirnice, vrše komunikaciju s drugim vozilima.

Pohrana podataka vrši se po sustavima vozila kako se prikupljaju i obrađuju. Podaci sadržani u tim spremištima su ključni dokazi koji su od presudne važnosti tijekom istrage. Pridodamo li podacima koje generira automobil i podatke sa našeg mobilnog terminalnog uređaja priča postaje još složenija obzirom da spajanjem na *Infotainment* sustav vozila dobrovoljno dijelimo podatke koji su pohranjeni na mobilnom terminalnom uređaju. Uzevši u obzir da u današnje vrijeme sav svoj život imamo pohranjen u mobilnom terminalnom uređaju (često kontaktirane osobe, razno razne fotografije, lokacije slobodnog kretanja, stacionarne lokacije, bankovni računi te druge informacije), a još tome pridodamo i automobil koji više nije luksuz nego potreba, svi podaci o korisniku nesvjesno su plasirani na pladnju, potrebno ih je samo očitati i obraditi. Kako većina korisnika nije sklona kršenju zakona dijeljenje podataka sa vozilom ne predstavlja nikakav problem već jedan oblik pojednostavljenja korištenja mobilnog uređaja tijekom vožnje. U slučaju nelegalnih radnji, gore navedene mogućnosti neupućenim korisnicima mogu stvoriti velike probleme ako postoji osnovana sumnja da krše zakon.

4.1 Ključne kategorije informacija pohranjenih u vozilu

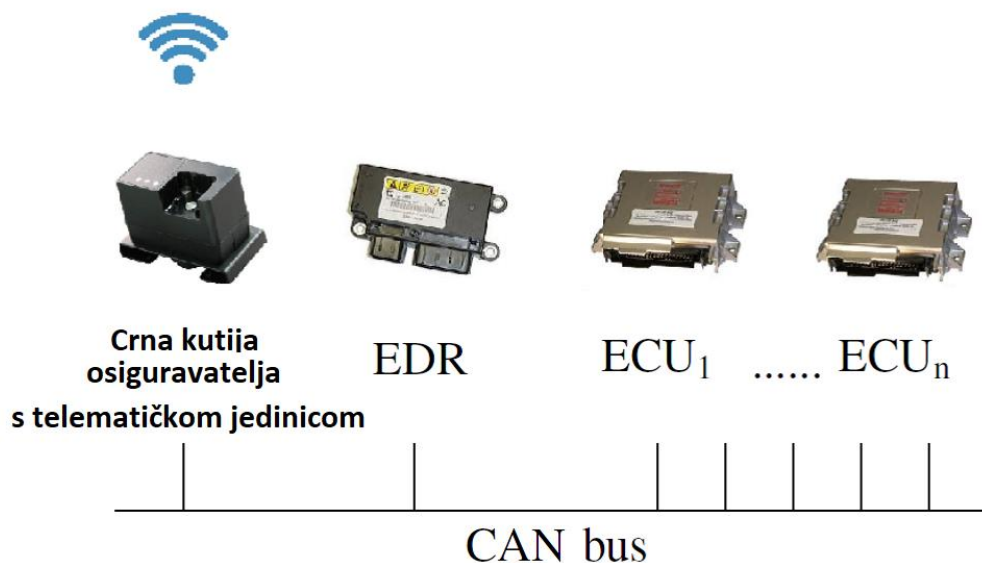
Sve informacije pohranjene u memoriji vozila mogu se podijeliti u par ključnih kategorija [24] :

- Rute: u ovoj kategoriji obuhvaćene su sve rute kojima se vozilo kretalo kroz promatrani vremenski period.
- Događaji u vozilu: preko ove kategorije moguće je otkriti aktivnosti koje su se događale u vozilu tijekom traženog perioda kao što su otvaranje vrata, prozora, promjene stupnja prijenosa, brzina kretanja, paljenje i gašenje motora, paljenje i gašenje svijetla te mnoge druge mogućnosti.

- Podaci o lokacijama: u ovoj kategoriji istražiteljima je omogućeno praćenje lokacija kao što su često posjećivane, odredišta traženih lokacija sa rutom putovanja, lokacije gdje je vozilo bilo u stacionarnom stanju, a sve to je moguće odrediti u točnom vremenu i datumu. Pomoću ove kategorije istražitelji mogu odrediti tijek zbivanja sa točnim lokacijama a u kombinaciji sa gornjom točkom i događaje koji su se događali u tom periodu.
- Povezani uređaji: pomoću ove kategorije dostupne su informacije o svim mobilnim terminalnim uređajima koji su bili ili jesu spojeni na dotično vozilo, a samim time i svi podaci koji su bili pohranjeni na tim istim uređajima. Mobilni terminalni uređaj može biti spojen preko USB ili *Bluetooth* sučelja odnosno preko bežične mreže. Jednom kada se mobilni terminalni uređaj sinkronizira sa *Infotainment* sustavom vozila njegovi se podaci dijele sa vozilom, SMS poruke, fotografije, e-pošta, video zapisi, podaci sa društvenih mreža.
- Medijski sadržaji: kroz ovu kategoriju istražiteljima su dostupni podaci o medijskim sadržajima i uređajima kojima je pristupano tijekom istraživanog perioda

4.2 EDR (Event data recorder)

Snimač podataka o događajima (*Event Data Recorder – EDR*) je elektronički senzor ugrađen u motorno vozilo, njegova uloga je da bilježi određene tehničke informacije o vozilu nekoliko sekundi neposredno prije sudara i tijekom sudara. Do sada je preko 90% novih vozila opremljeno EDR-om, a cilj je da sva vozila budu njime opremljena.



Slika 8. Elektronički uređaji povezani na CAN bus vozila, [25]

EDR je elektronički uređaj koji se najčešće nalazi ispod jednog od prednjih sjedala u vozilu ili ponekad u središnjoj konzoli. Neki od podataka koje EDR može bilježiti su položaj sjedala, težina putnika na vozačevom i suvozačevom sjedalu, pojedinosti o aktiviranju zračnih jastuka. Glavna komponenta u elektroničkom sustavu je upravljačka jedinica motora (ECU), uloga ECU-a je prikupljanje i analiziranje podataka o radu motora položaj leptira za gas, okretaja u minuti, protok zraka te na temelju tih podataka ECU šalje podatke o količini goriva koja dolazi na injektore. Jednom spremljeni podaci ne mogu se izbrisati, izuzetak čini aktiviranje zračnog jastuka koji se također bilježi u EDR ali nakon 60 dana ili 250 ciklusa paljenja automobila nestaje iz memorije. EDR sakuplja podatke sa senzora i kontinuirano ih zamjenjuje novima, zadržavaju se samo najnoviji podaci koji su i jedino bitni u slučaju potrebe za njima. Podaci pohranjeni na EDR-u prikupljaju se pomoću kabela spojenog na uređaj ili alternativno preko OBD-II porta. Prednost EDR-a je što znatno pomaže u rješavanju slučajeva prometnih nezgoda gdje nema svjedoka, osiguravajuće kuće mogu provjeriti kolika je krivica vozača prije nego isplate štetu, također auto industrija može iskoristiti podatke sa EDR-a kako bi unaprijedili sustave za izbjegavanje prometnih nezgoda te mnoge druge prednosti. [26].

U tablici 3. Prikazane su kategorije pohranjenih podataka te njihova dostupnost pojedinim korisnicima s potrebnim autorizacijama pristupa.

Tablica 3. Dostupnost i potrebna autorizacijska ovlaštenja,
Izvor: [25]

Podaci	Korisnik			
	Vlasnik vozila	Rent-a-car	Potencijalni kupac vozila	Istražitelj
DTC	✓	✓	✓	✓
Kriptografski podaci	✓	✓	✓	✓
Vanjski uređaji	✓	x	x	✓
Podaci o sudaru	✓	x	x	✓
Napad na sabirnicu	✓	x	x	✓
Povijest nezgoda	✓	✓	✓	✓
Autorizacija	Potpuna	Osnovna	Osnovna	Potpuna

4.3 Crna kutija u vozilu (*black box*)

Najčešće korišten uređaj od strane davatelja osiguranja od automobilske odgovornosti. U Hrvatskoj još nije u primjeni no u zemljama poput velike Britanije široko je zastupljen pogotovo za mlade neiskusne vozače. Osiguravajuće kuće imaju ugovor sa firmama koje ugrađuju crnu kutiju u vozilo. To je mali uređaj (kutija) veličine mobilnog terminalnog uređaja i obično se postavlja na nevidljivo mjesto u vozilu. Kada se instalira i pokrene osiguravajuća kuća može prikupljati podatke o vozačkim navikama te prema tim informacijama formirati iznos premije police obaveznog osiguranja od automobilske odgovornosti. U slučaju da korisnik zaista

vozi oprezno i prema pravilima osiguravajuća kuća nagrađuje korisnika nižom cijenom premije. Podaci iz crne kutije služe za formiranje police za svakog korisnika posebno a ne prema statistikama u kojima su uglavnom mladi vozači krivi za nezgode pa se prema tim statistikama visoka cijena premije odnosi na cijelu skupinu vozača. [27]

Informacije koje su interesantne osiguravajućem društvu prilikom formiranja cijene obaveznog osiguranja su [27]:

- Vrijeme vožnje: određuje da li je veća vjerojatnost da se nesreća dogodi za vrijeme popodnevnih gužvi ili prilikom noćne vožnje.
- Mjesta vožnje: određuje koristi li se vozilo u urbanim sredinama, na autoputu, brzim cestama ili periferiji grada gdje je mogućnost za nesreću smanjena.
- Brzina vožnje: podatak o brzini vožnje pomaže u odlučivanju cjenovnog ranga pri naplati osiguranja. Ako se korisnik pridržava ograničenja brzine spada u nisko rizičnu skupinu, dok oni koji se ne pridržavaju u visokorizičnu skupinu.
- Provedeno vrijeme u prometu: što više vremena korisnik provede za volanom to je veća vjerojatnost da dođe do nezgode.
- Način vožnje: upravljanje vozilom, kočenje, ulasci u zavoj.

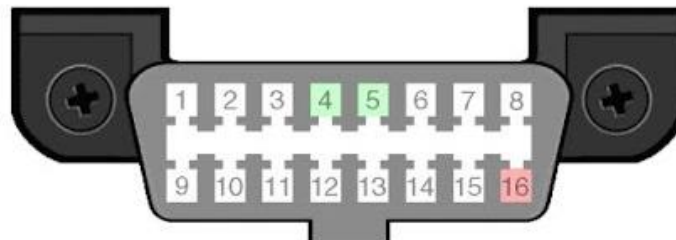
Ovi podaci strogo su čuvani samo za osiguravajuća društva i mogu biti iskorišteni samo za izračun premije osiguranja. Osiguravajuće društvo se obavezuje da neće koristiti podatke u druge svrhe što znači ako je počinjen neki prekršaj npr. prekoračenje brzine neće proslijediti podatke policijskoj postaji. Izuzetak je u slučaju da policija podnese službeni zahtjev za podacima, što se jedino dešava ako je u pitanju počinjenje nekog kaznenog djela.

4.4 OBD (On-Bard Diagnostic)

Standardizirani sustav koji omogućuje spajanje vanjskih sustava na računalni sustav vozila. Prvobitna namjena je očitavanje grešaka motora zbog brže detekcije nastalog problema no kako OBD sučelje omogućava pristup podacima vozila, njegove mogućnosti su puno veće od onih koje OBD čitač pruža. Potreba za prelaskom sa rasplinjača na električno ubrizgavanje goriva rezultirala je i većim brojem računala u vozilu, a kako bi sustav radio ispravno potrebno je uskladiti više faktora. Samim time ako neki od naprednih sustava zakaže puno je lakše doći do uzroka kvara ako je sve povezano i detekcija greške se očitava spajanjem na OBD port.

Začetak OBD-a bio je rješenje za pojedine proizvođače vozila prije 1990 godine. Standardizacija sistema kreće 1991 godine kada je odbor za zračne resurse u Kaliforniji naložio da sva vozila prodana u Kaliforniji moraju imati neki oblik OBD-a. Kako ranije nije bilo standardizacije vozila koja su proizvedena prije 1996 godine a imala su neki oblik dijagnostike klasificirana su kao OBD-I. Standard nastao 1996 godine koji se koristi i danas je OBD-II. Gotovo svako vozilo prodano u zadnjih 20 godina slijedi OBD-II standard. OBD-II priključak obično je smješten ispod upravljačke ploče na bočnoj strani vozača. OBD-II konektor služi za dijagnostiku no omogućava i korištenje u druge svrhe kao što su spajanje na ECU vozila kako bi se izmijenili tvornički parametri te unijeli vlastiti radi poboljšanja performansi vozila što dovodi do gubitka garancije. Takva promjena parametara kod vozila novijeg godišta odnosno prilikom tehničkog pregleda klasificira vozilo kao tehnički neispravno iz razloga što su promijenjene performanse koje je odredio proizvođač. OBD-II koriste i osiguravajuće kuće kako bi spojili uređaj koji prati vozne navike vozača u svrhu formiranja cijene police osiguranja vozila. [28]

S obzirom da je OBD-II sučelje „ulaz“ u vozilo i sve njegove podatke bitno ga je zaštititi te ne dopustiti neovlaštenim osobama priključivanje na isti. Većina profesionalnih krađa vozila izvršava se preko OBD-II porta stoga lopovu nije potreban ni ključ vozila kako bi ga otuđio, što govori o mogućnostima koje OBD-II sučelje pruža.



- 1 Specifično za proizvođača/model
- 2 SAE J1850-PWM POS(+) or SAE J1850-VPW POS(+)
- 3 Specifično za proizvođača/model
- 4 Masa - šasija (svi protokoli)
- 5 Masa - signal (svi protokoli)
- 6 ISO15765-4 CAN-Bus High
- 7 ISO9141-2 K-Line ili ISO14230-4 KWP2000 K-Line
- 8 Specifično za proizvođača/model
- 9 Specifično za proizvođača/model
- 10 SAE J1850-PWM NEG(-)
- 11 Specifično za proizvođača/model
- 12 Specifično za proizvođača/model
- 13 Specifično za proizvođača/model
- 14 ISO15765-4 CAN-Bus Low
- 15 ISO9141-2 L-Line ili ISO14230-4 KWP2000 L-Line
- 16 +12V (trajno uključen) (svi protokoli)

Slika 9. Raspored priključaka na OBD II konektoru, [29]

5 Forenzička analiza Informacijsko-komunikacijskih sustava vozila

Forenzika kao znanost koristi se u svrhu prikupljanja dokaza potrebnih u sudskim procesima kao sredstvo dokazivanja krivnje. Područja forenzičke znanosti proizlaze iz brojnih znanstvenih grana a naglasak je na prepoznavanju, identifikaciji i procjeni fizičkih dokaza. Forenzika je bitan dio pravosudnog sustava zbog korištenja širokog spektra znanosti za dobivanje pouzdanih informacija relevantnih za kaznene i pravne dokaze. Forenzička znanost može dokazati postojanje krivičnog djela, počinitelja krivičnog djela ili povezanost s krivičnim djelom. Uloga forenzičara je prikupiti podatke, obraditi, osigurati te svesti na oblik razumljiv svima.

5.1 Digitalna forenzika

Digitalna forenzika definirana je kao postupak očuvanja, identifikacije, ekstrakcije i dokumentiranja računalnih dokaza korisnih u sudskim procesima. U digitalnoj forenzici vrši se analiza elektronički zapisanih podataka, bez obzira nalazili se oni na tvrdom disku računala, USB memoriji, mobitelu, igraćoj konzoli, video kameri, *Infotainment* sustavu vozila ili računalu vozila. Svi elektronički uređaji sadrže memoriju sa podacima koji su trenutno dostupni, a uglavnom je moguć pristup i izbrisanim podacima. Digitalna forenzika je disciplina koja iziskuje konstantnu edukaciju, te puno uloženog vremena kako bi se došlo do cilja. Pronalaženje odgovarajućih dokaza nije uvijek jednostavno, uzevši u obzir da nisu svi podaci od koristi te da je puno više onih koji ne koriste pri istrazi, ali svejedno ih je potrebno "pročešljati".

Prilikom pristupanja forenzičkoj analizi potrebno je znati nešto više o sustavu kojeg se obrađuje. Bez prethodnog informiranja o tome kako sustav funkcionira, koje su mogućnosti istog, način stvaranja artefakata te uslijed čega ih sustav stvara nema smisla započeti sa forenzičkom analizom. Artefakti su bitni podaci stvoreni od strane korisnika, a nastaju korištenjem uređaja. U digitalnoj forenzici bitan je pravilan odabir forenzičkog alata. Postoji veliki broj alata, ali ne postoji najbolji, temeljem stečenog iskustva forenzičar procjenjuje kojim alatom bi najbolje odradio zadani problem. [30]

5.1.1 Automobilska forenzika - grana digitalne forenzike

Automobilska forenzika je grana digitalne forenzike koja proučava razne komponente vozila kojima upravljaju ljudi, a odnosi se na oporavak digitalnih dokaza

ili podataka pohranjenih u automobilskim modulima, mrežama i porukama prenesenim preko operativnih sustava u vozilu. Vozila su opremljena sabirničkom mrežom (CAN BUS) koja omogućava rad automobilskih modula. Poruke se emitiraju preko sabirničke mreže i mogu se oporaviti u forenzičko povoljnim uvjetima. Digitalna forenzika vozila uključuje pribavljanje i analizu digitalnih podataka (digitalnih dokaza) s motornih vozila. Digitalni podaci sa vozila mogu biti prikupljeni od slijedećih sustava vozila:

- EDR
- *Infotainment* sustava vozila
- Podaci pohranjeni u ključu vozila
- Kamere za snimanje vožnje sa prednjeg i zadnjeg kraja vozila
- Podaci sa ECU korišteni u vozilu za autonomnu vožnju
- Ostali ECU koji također pohranjuju podatke
- Dodatna elektronika naknadno ugrađena u vozilo

Svi navedeni izvori dokaza trebaju se uzeti u obzir no najkorisnije informacije najčešće su pohranjene u *Infotainment* sustavima vozila. Danas u 90% slučajeva vozila imaju neki oblik *Infotainment* sustava a cilj je do 2025 da to bude pokriveno u cijelosti tj. sva nova vozila imat će ugrađeni *Infotainment* sustav. [23]

5.1.2 Cilj forenzičke istrage vozila

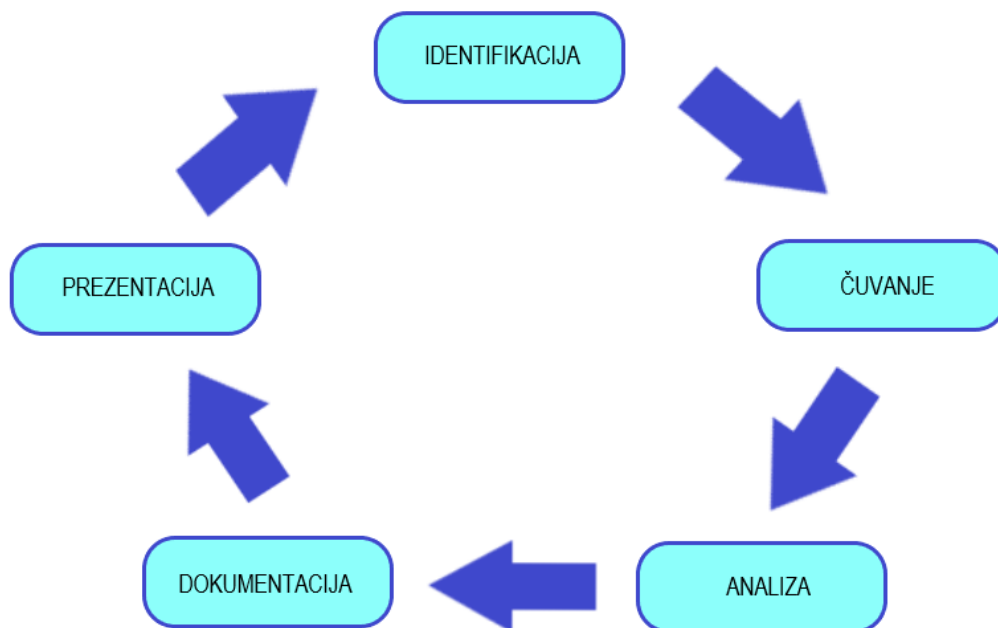
Cilj forenzičke istrage vozila je olakšati rješavanje slučaja putem informacija koje pruža vozilo, minimizirajući novčane troškove i trošak vremena provedenog za dolaženje do krajnjeg rezultata. Forenzičkom istražitelju potrebno je omogućiti da slobodno primjenjuje i koristi bilo kakve tehnički ogovarajuće analize, a da se pri tome ne dođe do uništenja podataka. Međutim nekada su ograničenja nametnuta u vidu vremena ili novčanih sredstva. [31]

5.1.3 Proces digitalne forenzike vozila

Proces digitalne forenzike uključuje faze potrebne za dolaženje do cilja kojih se treba pridržavati. Te faze su redom [30]:

- Identifikacija: predstavlja prvi korak u forenzičkom procesu. Proces identifikacije uključuje vizualnu inspekciju o vrsti vozila za obradu, zatim koji dokazi su prisutni, gdje se podaci pohranjuju i kako se pohranjuju.
- Čuvanje: u ovoj fazi podaci su izolirani, osigurani i sačuvani na transparentan način kako ne bi došlo do gubitka ili oštećenja.

- Analiza: u ovoj fazi istražitelji rekonstruiraju fragmente podataka i izvode zaključke na temelju dokaza koje su otkrili od vozila. Potrebna su ponavljanja i rekonstrukcije kako bi se potvrdila teorija o nekom događaju.
- Dokumentacija: u ovom procesu se mora stvoriti zapis svih dostupnih podataka. Uključuje odgovarajuću dokumentaciju o mjestu počinjenja krivičnog djela zajedno sa fotografijama, skicama i lokacijom.
- Prezentacija: u posljednjem koraku sve informacije i slutnje moraju biti spremne za sud u obliku razumljivom svima. Svaka teorija mora biti potkrijepljena prikupljenim dokazima.



Slika 10. Shematski prikaz provođenja digitalne forenzike

5.1.4 Vjerodostojnost dokaza i njegovo čuvanje

Kako bi neki digitalni zapis bio priznat od strane suda mora imati nedvojbeni slijed stjecanja što znači da mora biti jasno kako se do tog podatka došlo, tko je pristupao dokazu te što je rađeno sa dokaznim materijalom. Kada forezičar izvadi kompjuter motora ili bilo koju drugu komponentu podložnu forezičkoj analizi prvo je mora nekoliko puta zrcalno (bit po bit) umnožiti, nije dovoljno samo kopirati podatke. Sve komponente koje se obrađuju moraju biti pohranjene na sigurnom mjestu. Pri pregledu kopiranih podataka iz vozila potrebno je paziti da se ne napravi nešto što bi moglo utjecati na podatke koji služe kao dokaz. Svako pokretanje vozila generira nove podatke koji bi mogli prebrisati baš one koji su potrebni u istrazi, stoga nije preporučljivo korištenje vozila tijekom obrade.

5.2 Forenzika vozila

Automobilska forenzika koristi se u raznim slučajevima iz prometne prakse. Pojašnjeni će biti procesi pohrane podataka, ekstrakcije podataka pohranjenih u vozilu, sigurnosni zahtjevi te moguće prijetnje sustavima automobilske forenzike. U nastavku će biti obrađeni pojedini slučajevi.

5.2.1 Slučajevi korištenja forenzike vozila

Forenzički podaci koriste se za rasvjetljavanje slučajeva prometnih nezgoda, no postoje i drugi slučajevi kada forenzička analiza i spremanje podataka može biti od koristi.

Trenutno aktualan trend prihvaćen od strane osiguravajućih kuća je izračun premije obaveznog osiguranja vozila na temelju podataka o stilu vožnje osobe koja je zatražila policu osiguranja. Ti podaci mogu biti odaslani bežično ili pohranjeni u uređaju koji se spaja u vozilo i bilježi relevantne činjenice. Također usluga *eCall* koja se koristi prilikom prometne nezgode, a radi na principu da automatski kontaktira nadležne službe sa lokacijom i točnim vremenom nastanka nezgode u svrhu bržeg pružanja pomoći.

Prilikom kriminalističkih istraživanja korištenjem GPS podataka može se odrediti lokacija osumnjičenog u trenutku počinjenja djela.

Firme koje iznajmljuju vozila također mogu imati koristi od podataka koje vozilo bilježi, u slučaju da dođe do oštećenja vozila gdje se obje strane ne mogu složiti u načinu podmirenja nastale štete ili ako je vozilo otuđeno pomoću GPS-a mogu stupiti u trag vozilu.

Prilikom kupovine rabljenog vozila očitavanje podataka iz ECU može biti od koristi kupcu kako bi se uvjerio da ono što kupuje zaista i je u stanju kako navodi prodavač.

Napad na mrežu vozila izvršava se tako da se učita zlonamjerna poruka preko CAN sabirnice koja može izazvati uskraćivanje neke usluge ili manipulirati operacijama vozila. Posjedovanjem sustava za zapis podataka vlasnik bi mogao biti obaviješten da je u pitanju neki oblik napada na njegovo vozilo. Mjesta na kojima vozilo može biti izloženo napadu su ona gdje se vozilo i ključ ostavljaju bez nadzora kao što su auto praonice, parkirne garaže u hotelima i sl. Korisnik usluga na takvim mjestima uglavnom nije ni svjestan da može postati žrtva napada. [25]

5.2.2 Pohrana podataka u vozilu

ECU može biti mjesto za pohranu podataka iako u slučaju potpunog uništenja vozila podaci sadržani na računalu vozila možda više neće biti dostupni. Podaci spremljeni u EDR mogu biti promijenjeni ili oštećeni nestručnim rukovanjem stoga najbolje i najsigurnije mjesto za pohranu podataka vozila bio bi *Cloud* ili udaljeni server pod uvjetom da su podaci zaštićeni od neovlaštenog pristupa. Korisnik vozila trebao bi biti upoznat sa podacima koje dijeli s trećom stranom putem oblaka ili udaljenog servera.

Mobilni terminalni uređaj također bi mogao biti još jedno potencijalno mjesto za pohranu podataka no postoje sumnje da bi podaci mogli biti još prije kompromitirani s obzirom da je puno teže pristupiti podacima arhiviranim u vozilu nego onima u mobilnom terminalnom uređaju. U odnosu na dohvaćanje podataka direktno sa ECU ili EDR-a, podaci pohranjeni u oblaku ili serveru su pristupačniji i nije potrebna fizička konekcija već se sve može riješiti bežičnim putem, a samim time smanjuje se mogućnost uništenja podataka prilikom nestručnog pristupa. Mobilni terminalni uređaj bi mogao poslužiti kao rezervno rješenje za pohranu podataka, a ujedno i korisnik bi imao uvid u podatke generirane od strane vozila putem aplikacije što je ujedno jednostavnije i povoljnije rješenje u odnosu na ekstrakciju podataka direktno iz vozila. [25]



Slika 11. Prikaz mogućeg oblika pohrane podataka

5.2.3 Ekstrakcija podataka iz vozila

Pristup podacima iz vozila imaju samo nadležna tijela za provedbu zakona, odvjetnici, istražitelji povezani sa policijom ili osiguravajućim društvima, proizvođači vozila te vlasnici. Policiju mogu interesirati podaci iz vozila kako bi utvrdili razlog prometne nezgode, proizvođači vozila mogu iskoristiti podatke kako bi unaprijedili karakteristike vozila sa ciljem smanjenja uzroka nesreća, osiguravajuća društva kako bi otkrili moguću prevaru na njihovu štetu. Podacima pohranjenim u vozilu može se pristupiti na tri načina [25]:

- Fizičkim povezivanjem na OBD-II port, a zatim logički pristup crnoj kutiji putem CAN sabirnice
- Fizičko povezivanje sa ECU, a zatim logički pristup EEPROM-u ili Flash memoriji
- Fizičko povezivanje s EEPROM-om ECU-a ili Flash memorijom

Ako su podaci pohranjeni na serveru onda pristup imaju samo ovlaštene osobe.



Slika 12. Primjer fizičke ekstrakcije podataka sa *Infotainment* sustava Ford Sync, [32]

5.2.4 Pitanja postavljena uz automobilsku forenziku

Glavni problem u automobilskoj forenzici je privatnost podataka, tko i zašto ima pristup tim podacima. Uređaji koji su ugrađeni zbog osiguravajućih društva šalju podatke direktno na server, a da korisnik pri tome ne zna što se sve prenosi tim putem. Vlasnik bi također trebao imati pristup tim podacima kako bi mogao provjeriti njihovu točnost. Trenutno za pristup podacima iz vozila potrebni su skupi alati i znanje, no napretkom tehnologije bit će sve dostupniji i povoljniji, a samim time i podložniji raznim zlonamjernim napadima. Dostupnost podataka mogla bi biti ugrožena ako se svi podaci nalaze isključivo na jednom mjestu u vozilu (EDR) zbog toga je potrebno pohraniti ih na više mjesta. [25]

5.2.5 Zahtjevi za sigurnost i privatnost podataka

Tijekom forenzičke analize osobito je važno pridržavati se propisanih pravnih normi vezanih uz sigurnost te zaštitu podataka i privatnosti. Te norme definirane su u slijedećim točkama [25]:

- I. integritet: ključno je utvrditi da podatci nisu mogli biti kompromitirani
- II. autentičnost: podaci moraju biti originalni i osoba koja rukuje sa njima specijalizirana
- III. dostupnost: potrebno je omogućiti da svi podaci budu dostupni u cilju istrage
- IV. pouzdanost: izrada sigurnosne kopije i skladištenje forenzičkih podataka povećava pouzdanost
- V. privatnost: važno je zaštititi privatnost vlasnika vozila, osobito prilikom korištenja podataka o vozačkim navikama vlasnika

5.2.6 Modeli prijetnje vozilu

potencijalni napadači na podatke vozila su nepouzdana auto radionice gdje se vozilo ostavlja bez nadzora, vlasnici vozila, istražitelji i hakeri sa financijskom motivacijom. Oblike napada možemo opisati kroz tri karakteristična slučaja. [25]

- Zlonamjerna entitet može pristupiti CAN sabirnici i manipulirati podacima prije nego se oni pohrane
- Zlonamjerna entitet može pristupiti i manipulirati već pohranjenim podacima
- Zlonamjerna entitet ne može utjecati na sadržaj zbog kriptiranja

Izvršene napade možemo također opisati kroz pet točaka [25]:

- Napad izvršen uskraćivanjem usluge (*Denial of Service* - DoS), blokada pristupa spremljenim podacima ili blokada spremanja podataka.
- Napad izvršen lažnim predstavljanjem, napadač se lažno predstavlja kao ovlaštena osoba i na taj način kontaminira podatke važne za istragu.
- Napad manipulacijom pohranjenih podataka, mijenja se sadržaj važnih podataka prije, poslije pohrane ili tijekom očitavanja. Time se narušuje integritet podataka važnih prilikom istrage.
- Napad se također može izvršiti mehaničkim uništavanjem komponenti koje sadrže bitne informacije, isto tako napad je moguće izvršiti elektronički ometanjem pristupa memoriji ili izmjenom sadržaja.
- Napad zlonamjnim porukama ubačenim putem CAN sabirnice može ometati vozača te mu pružati lažne informacije o stanju vozila ili preuzeti kontrolu nad vozilom time izazvati nezgodu te nakon nezgode obrisati sve podatke iz EDR-a

5.3 Primjer alata za forenzičku analizu *iVe ecosystem*

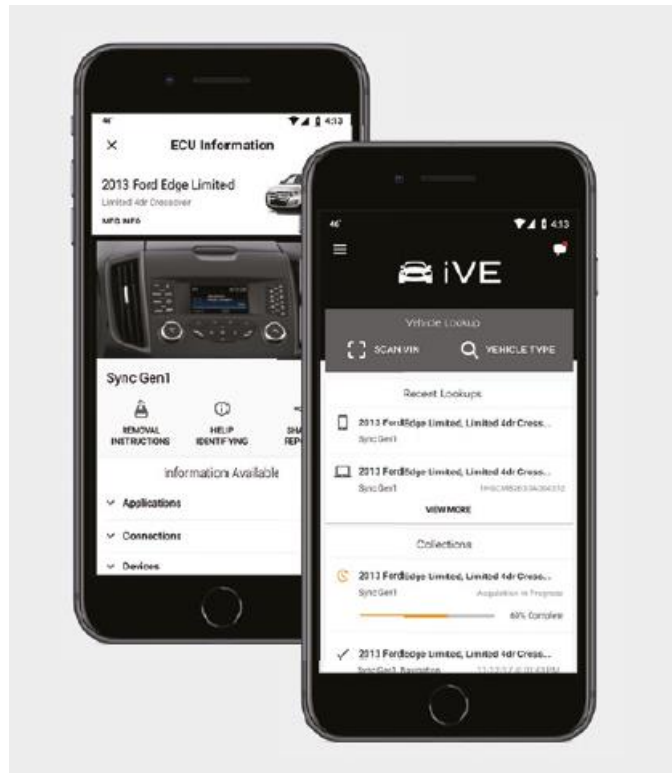
Iako postoji obilje dostupnih informacija, proizvođači *Infotainment* sustava nisu omogućili da su i lako dostupne, tu nastupa američka firma Berla koja sa svojim proizvodom *iVe Ecosystem*, kompletom koji se sastoji od softverskih i hardverskih komponenti, omogućuje pristup brojnim sustavima raznih proizvođača vozila. Za neka vozila to je vrlo jednostavan postupak poput priključenja na OBD-II port i aplikacija odradi ostatak posla. Za kompliciranije sustave potrebno je obaviti forenzičku analizu po principu da se uređaj rastavi i obrađuje se tiskana pločica. *iVe Ecosystem* je skup alata koji istražiteljima omogućuju postizanje cilja. Mobilna aplikacija služi za identifikaciju vozila, hardverski komplet za fizičko uklanjanje sustava iz vozila i forenzički softver za analizu podataka. [24].

Navedeni forenzički alat dostupan je agencijama za provođenje zakona, vojnim, civilnim i regulatornim agencijama te odabrani privatnim organizacijama sa posebnom licencom izdanom od državnih službi.

iVe Ecosystem sastoji se od mobilne aplikacije, seta alata potrebnog za demontažu te forenzičkog softvera.

5.3.1 Mobilna aplikacija (*iVe Mobile*)

iVe Mobile omogućuje istražiteljima identifikaciju vozila podržanih s iVe. Za podržana vozila određuje koji sustavi su instalirani, koji podaci se mogu ekstrahirati i način na koji se mogu ekstrahirati te sve potrebno prije poduzimanja mjera. Aplikacija također pruža informacije za lociranje i uklanjanje sustava vozila. Aplikaciju je moguće skinuti na *App Store* i *Google Play* no za njeno pokretanje potrebna je prijava i odobrenje proizvođača (Berla).



Slika 13. iVe Mobilna aplikacija, [24]

5.3.2 Garnitura pristuonih kablova i alata (*iVe Toolkit*)

iVe Toolkit sastoji se od posebno razvijenih kablova i uređaja potrebnih za konekciju sa vozilom, također uključuje i alate koji pomažu prilikom fizičkog rastavljanja vozila kako bi se otvorio pristup do željenog uređaja tj. njegovo vađenje iz vozila kada je to potrebno. Kada je uređaj izvađen iz vozila prekida mu se napajanje stoga su iz Berle osigurali prijenosni uređaj za napajanje.



Slika 14. iVe Toolkit, [24]

5.3.3 Forenzički softver (*iVe Desktop*)

iVe Desktop je aplikacija bazirana na Windows operativnom sistemu, koristi se za analizu podataka, vraćanje izbrisanih podataka i pregled neobrađenih podataka. iVe Desktop uključuje niz alata potrebnih za analizu i izvještavanje koji uključuju grupiranje istovrsnih podataka, pretraživanje, izvoz podataka, analiza kroz vremenski period. [24]



Slika 15. iVe Desktop, [24]

6 Zaključak

Ubrzani razvoj tehnologije nije zaobišao ni auto industriju. U današnje vrijeme sve relevantne informacije o nama posjeduje samo jedan uređaj, a to je MTU. Potreba za korištenjem MTU prilikom vožnje potaknula je auto industriju da osmisle način kako sjediniti MTU i vozilo. Razvojem tehnologije nastaje *Infotainment* sustav zadužen da korisniku pruža informacije i zabavu unutar vozila. Korištenjem MTU prilikom vožnje korisnici dovode u opasnost sebe i druge sudionike u prometu pa spajanje MTU sa *Infotainment* sustavom vozila i nije loša ideja. Kako sve oko nas postaje "pametno" tako i vozila imaju tu tendenciju. Autonomna vozila prije nekoliko godina bila su samo dio SF filmova, no to više nije slučaj. Potpuno autonomna vožnja već je testirana no da bi ta ideja postala stvarnost potrebno je da i druga vozila budu povezana na mrežu kako bi mogli međusobno komunicirati i osigurati vožnju bez posljedica. U tom cilju potreban je razvoj senzorskih tehnologija sadržanih unutar i izvan vozila. Za sve te funkcije potrebna su računala koja kontroliraju pravilno funkcioniranje, a njih je u modernim vozilima od 70 do 110 ovisno o proizvođaču i modelu dok generiraju 25 GB podataka u jednom satu. Kako je broj vozila na prometnicama u svakodnevnom porastu tako je i sve više prometnih nezgoda sa nejasnim činjenicama ili kaznenih dijela koja su uključivala vozilo. Sve to iziskuje potrebu za forenzičkom analizom podataka pohranjenih u sustavima vozila kako bi se rasvijetlile situacije gdje dokazi nisu lako dostupni istražiteljima. Pristup tim podacima nije jednostavan već kompliciran i dugotrajan temeljen na velikom iskustvu. Automobilaska forenzika kao grana digitalne forenzike bavi se ekstrakcijom i obradom digitalnih podataka u svrhu pružanja informacija generiranih od strane vozila. Trenutni lider po pitanju programa za forenzičku analizu podataka je tvrtka Berla iz SAD-a. Njihov proizvod *iVe ecosystem* sastoji se od aplikacije na mobilnom terminalnom uređaju, alata potrebnog za demontažu elemenata pogodnih za forenzičku analizu i kabela za njihovu konekciju sa računalom, te softverskog rješenja. Tvrtka Berla surađuje sa regulatornim agencijama za provođenje zakona diljem svijeta te unapređuju svoje sustave i proširuju opseg automobila koji se mogu obraditi njihovim softverom, za rad sa *iVe ecosystem* potrebno je proći tečaj osiguran od strane Berle, to govori o kompleksnosti alata i njegovim mogućnostima.

Popis kratica

ADOV	(Ad Hoc On-demand Distance Vector), Ad hoc vektor udaljenosti na zahtjev
AR	Augmented Reality, Proširena stvarnost
CAN	Controller Area Network, Mreža lokalnih regulatora
DoS	Denial of Service, Uskraćivanje usluge
DHCP	(Dynamic Host Configuration Protocol), Protokol poslužitelja s dinamičkom adresom
DSP	(Digital Signal Processing), Digitalna obrada signala
DSR	(Dynamic Source Routing), Dinamičko usmjeravanje izvora
DSRC	(Dedicated Short-Range Communications), Namjenska komunikacijska tehnologija kratkog dometa
ECU	(Electronic Control Unit), Elektronička upravljačka jedinica
EDR	(Event Data Recorder), Snimač podatak o događaja
Wi-Fi	(Wireless-Fidelity), Bežična mreža
GPS	(Global Positioning System), Globalni pozicioni sustav
IoT	(Internet of Things), Internet stvari
IoV	(Internet of Vehicles), Internet vozila
IVI	(In-Vehicle Infotainment), Sustav zabave u vozilu
LIDAR	(Light Detection And Ranging), Laserski sustav mjerenja udaljenosti
MANET	(Mobile Ad-Hoc Network), Mobilna ad hok mreža
MAP	(Manifold Absolute Pressure), Apsolutni tlak u razdjelniku
MTU	Mobilni terminalni Uređaj
OBD	(On-Board Diagnostic), Ugrađena dijagnostika

OLSR	(Optimised Link State Routing), Optimizirano usmjeravanje prema stanju veze
RFID	(Radio-frequency Identification), Identifikacija radio Frekvencijom
TORA	(Temporally Ordered Routing Algorithm), Algoritam vremenskog redoslijeda usmjeravanja
USB	(Universal Serial Bus), Univerzalna serijska sabirnica
V2I	(Vehicle to Infrastructure), Vozilo prema prometnoj infrastrukturi
V2N	(Vehicle to Cloud/Network), Vozilo prema podacima u mreži
V2P	(Vehicle to Pedestrian), Vozilo prema pješaku
V2V	(Vehicle to Vehicle), Vozilo prema vozilu
V2X	(Vehicle to Everything), Vozilo prema svemu
VANET	(Vehicle Ad-Hoc Network), Ad-Hoc mreža za vozila
WANET	(Wireless Ad-Hoc Network), Bežična Ad-Hoc mreža

Literatura

- [1] »<http://www.prometna-zona.com/pojmovi-cestovnog-prometa/>,« [Mrežno]. [Pristupljeno Ožujak 2020].
- [2] D. Peraković, *Autorizirana predavanja sa kolegija Terminalni uređaji*, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, 2017.
- [3] »<https://www.onstar.com/us/en/articles/tips/evolution-of-onstar-innovations/>,« Onstar. [Mrežno]. [Pristupljeno Ožujak 2020].
- [4] »<https://www.webopedia.com/TERM/I/in-vehicle-infotainment-ivi.html>,« [Mrežno]. [Pristupljeno Ožujak 2020].
- [5] »<https://www.techopedia.com/definition/27778/in-vehicle-infotainment-ivi>,« Techopedia. [Mrežno]. [Pristupljeno Ožujak 2020].
- [6] »<https://www.consumerreports.org/automotive-technology/car-infotainment-systems-that-free-you-from-your-phone/>,« [Mrežno]. [Pristupljeno Ožujak 2020].

- [7] »<https://www.silux.hr/motorsport-vijesti/639/apple-carplay-vs-android-auto>,« 27 8 2018. [Mrežno]. [Pristupljeno Ožujak 2020].
- [8] »<https://www.apple.com/ios/carplay/>,« apple. [Mrežno]. [Pristupljeno Ožujak 2020].
- [9] »<https://www.android.com/auto/>,« andriod. [Mrežno]. [Pristupljeno Ožujak 2020].
- [10] »<http://bestride.com/news/technology/tech-what-are-vehicle-gesture-controls-and-how-do-they-work>,« [Mrežno]. [Pristupljeno Travanj 2020].
- [11] »<https://www.tesla.com/support/infotainment>,« Tesla. [Mrežno]. [Pristupljeno Travanj 2020].
- [12] Z. Mahmood, Connected Vehicles in the Internet of Things, Springer Nature Switzerland AG, 2020.
- [13] »https://www.researchgate.net/figure/Towards-seamless-ubiquitous-vehicle-to-everything-V2X-communication_fig1_331676083,« [Mrežno]. [Pristupljeno Travanj 2020].
- [14] » https://www.researchgate.net/figure/Comparison-of-VANET-with-MANET_fig2_264983640,« [Mrežno]. [Pristupljeno Travanj 2020].
- [15] »<https://www.mdpi.com/1424-8220/18/4/1212>,« [Mrežno]. [Pristupljeno Travanj 2020].
- [16] »<https://www.history.com/topics/inventions/model-t>,« [Mrežno]. [Pristupljeno Travanj 2020].
- [17] »<https://www.antiquesnavigator.com/d-2223926/1926-ford-model-t-car-fuel-gauge-measure-stick-gas-station-nekoma-north-dakota.html>,« [Mrežno]. [Pristupljeno Travanj 2020].
- [18] p. R. G. B. Jaycil Z. Varghese, »http://ieomsociety.org/IEOM_Orlnado_2015/papers/140.pdf,« 2015. [Mrežno]. [Pristupljeno Svibanj 2020].
- [19] »<https://360.here.com/external-sensors-in-modern-cars>,« 2018. [Mrežno]. [Pristupljeno Svibanj 2020].
- [20] »<https://roboticsandautomationnews.com/2017/07/01/adas-features-of-advanced-driver-assistance-systems/13194/>,« [Mrežno]. [Pristupljeno Svibanj 2020].

- [21] »<https://www.carbibles.com/car-sensors/>,«
[Mrežno]. [Pristupljeno Lipanj 2020].
- [22] O. F.N. Murrieta R., »Frequency domain automotive sensors: resolution improvement by,« 2015.
- [23] P. Eoin A. Bates, »Digital Vehicle Forensics,« [Mrežno].
Available: <https://abforensics.com/wp-content/uploads/2019/02/INTERPOL-4N6-PULSE-IssueIV-BATES.pdf>.
[Pristupljeno Lipanj 2020].
- [24] »<https://berla.co/join-us-on-the-fall-forensic-world-tour/>,«
[Mrežno]. [Pristupljeno Lipanj 2020].
- [25] K. M. K. M. Hafizah Mansor, »The non-invasive vehicle forensics,« [Mrežno].
Available: <https://pure.royalholloway.ac.uk/portal/files/26613303/forensics.pdf>.
[Pristupljeno Lipanj 2020].
- [26] D. R. P. Bill Canis, »“Black Boxes” in Passenger Vehicles:,« u *Congressional Research Service* , 2014.
- [27] »<https://www.moneysupermarket.com/car-insurance/how-does-black-box-insurance-work/>,«
[Mrežno]. [Pristupljeno Lipanj 2020].
- [28] »<https://www.digitaltrends.com/cars/everything-you-need-to-know-about-obd-ii/>,«
[Mrežno]. [Pristupljeno Svibanj 2020].
- [29] »<https://www.chinatopcable.com/odb2-pinout-codes/>,«
[Mrežno]. [Pristupljeno Srpanj 2020].
- [[30] »<https://www.guru99.com/digital-forensics.html>,«
[Mrežno]. [Pristupljeno Lipanj 2020].
- [31] Č. Duboka, »Considerations in forensic examination of automotive systems,«
International Journal of Forensic Engineering, Vol. 1, No. 2, , 2012.
- [32] S. M. a. C. S. William Bortles, »An Introduction to the Forensic Acquisition of Passenger,« SAE International, 2017.
- [33] »<https://www.webopedia.com/TERM/I/in-vehicle-infotainment-ivi.html>,«
[Mrežno]. [Pristupljeno Ožujak 2020].
- [34] »<http://bestride.com/news/technology/tech-what-are-vehicle-gesture-controls-and-how-do-they-work>,«
[Mrežno]. [Pristupljeno Travanj 2020].

- [35] »<https://digitpol.com/automotive-forensics/>,«
[Mrežno]. [Pristupljeno Svibanj 2020].
- [36] »<https://www.digitalforensics.com/digital-forensics/automotive-forensics>,«
[Mrežno]. [Pristupljeno Lipanj 2020].
- [37] »<https://www.duvonn.com/product/detail?id=15>,«
[Mrežno]. [Pristupljeno Lipanj 2020].

Popis slika

Slika 1. Usporedni prikaz grafičkog sučelja apple carPlay i android auto, [7]	5
Slika 2. Funkcijski prikaz V2X komunikacije, [13].....	10
Slika 3. Usporedni funkcionalni prikaz VANET / MANET, Izvor: [14]	14
Slika 4. Prikaz senzorskih tehnologija u modernim vozilima, [15]	16
Slika 5. "Senzor razine goriva" za Ford Model-T, [17].....	17
Slika 6. Vanjski senzori ugrađeni u moderna vozila, [20]	21
Slika 7. Prikaz unutarnjih senzora automobila, [22]	22
Slika 8. Elektronički uređaji povezani na CAN bus vozila, [25].....	26
Slika 9. Raspored priključaka na OBD II konektoru, [29]	30
Slika 10. Shematski prikaz provođenja digitalne forenzike	33
Slika 11. Prikaz mogućeg oblika pohrane podataka	35
Slika 12. Primjer fizičke ekstrakcije podataka sa <i>Infotainment</i> sustava Ford Sync, [32]...	36
Slika 13. iVe Mobilna aplikacija, [24].....	39
Slika 14. iVe Toolkit, [24].....	40
Slika 15. iVe Desktop, [24].....	41

Popis tablica

Tablica 1. Pregled ugrađenih IVI sustava prema proizvođačima vozila 7

Tablica 2. Usporedba karakteristika VANET / MANET, Izvor: [14]..... 15

Tablica 3. Dostupnost i potrebna autorizacijska ovlaštenja, Izvor: [25]..... 28



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.

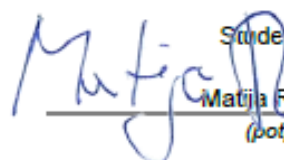
Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

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 INFORMACIJSKO -**
KOMUNIKACIJSKIH SUSTAVA VOZILA KAO TERMINALNIH UREĐAJA

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

U Zagrebu, 1.9.2020

Studentica:

Matija Radman
(potpis)