

LATVIJAS UNIVERSITĀTE  
DATORIKAS FAKULTĀTE

**AUTOMAŠĪNĀS IEBŪVĒTO  
GPS ĪPATNĪBAS**

BAKALaura DARBS

Autors: **Aleksandrs Kļimenko**  
Studenta apliecības Nr.: ak11185  
Darba vadītājs: Mg.Dat. Ilvars Mizniks

RĪGA 2015

## ANOTĀCIJA

Automašīnās iebūvēto borta datoru svarīga sastāvdaļa ir GPS, kas atvieglo automašīnas vadītāja ikdienu. Automašīnu īpašnieki nav informēti par šo sistēmu ražotājiem, par to, kādas operētājsistēmas tās darbina, kā arī par to cik drošas ir šīs iekārtas un vai tās ir iespējams pielāgot savām vajadzībām.

Darba mērķis ir izpētīt dažādās automašīnu markās iebūvēto GPS īpatnības, tai skaitā, operētājsistēmas uz kurām šīs iekārtas darbojas, iespējas pielāgot šīs iekārtas savām vajadzībām, kā arī šo iekārtu drošību.

Darba izstrādes gaitā tika iegūtas jaunas zināšanas par automašīnās izmantotajām GPS, paplašinātas zināšanas par operētājsistēmām, to drošību, kā arī praktiski veikti eksperimenti ar automašīnas borta datoru.

Atslēgas vārdi: GPS, navigācija, automašīnas, QNX, RDS-TMC, Mercedes-Benz, BMW, Audi, Toyota, ECU moduļu programmēšana

## ABSTRACT

Automobile integrated media systems important part is GPS which facilitates car owners every day life. Car owners are not informed of this systems manufacturers, what operating system they is operated, as well as on how safe are these systems and whether they can be adapted to your needs.

The aim of this work is to explore different car manufacturers built-in GPS features, including the operating systems on which these systems are running, possibilities to adapt these devices to their needs, and security issues.

During the work have been acquired new knowledge of automotive GPS, expanded knowledge of operating systems, their safety and carried out practical experiments with the vehicle onboard computer as well.

Keywords: GPS, navigation, automobiles, QNX, RDS-TMC, Mercedes-Benz, BMW, Audi, Toyota, ECU module programming.

## SATURS

APZĪMĒJUMU SARAKSTS .....	4
IEVADS .....	5
1. AUTOMAŠĪNĀS IEBŪVĒTO GPS RAŽOTĀJI .....	6
1.1. Mercedes-Benz COMAND.....	6
1.2. BMW iDrive .....	6
1.3. Audi MMI.....	7
1.4. Toyota Entune.....	8
1.5. Automašīnās iebūvēto borta datoru un GPS salīdzinājums .....	9
1.6. Secinājumi .....	9
2. QNX OPERĒTĀJSISTĒMA.....	11
2.1. Reāla laika operētājsistēma.....	11
2.2. QNX Neutrino RTOS .....	11
2.3. Drošības nodrošināšana .....	12
2.4. Secinājumi .....	14
3. RDS-TMC TEHNOLOĢIJA.....	15
3.1. Apraksts .....	15
3.2. Drošība.....	15
3.3. Secinājumi .....	15
4. PIESLĒGŠANĀS PIE AUTOMAŠĪNAS DATORSISTĒMAS.....	17
4.1. Ievads .....	17
4.2. Aprīkojums .....	17
4.3. Pieslēgšanās pie automašīnas datorsistēmas.....	18
4.4. Darbības ar automašīnas datorsistēmu.....	20
4.5. Automašīnas moduļu atjaunināšana.....	21
4.6. Automašīnas datorsistēmas programmēšana .....	21
4.7. Secinājumi .....	22
5. REZULTĀTI UN SECINĀJUMI .....	23
IZMANTOTĀ LITERATŪRA.....	24

## APZĪMĒJUMU SARAKSTS

COMAND - (no angļu: Cockpit Management and Navigation Device) kalpo kā kombinēts komandu un kontroles centrs visām audio, telemātikas un telekomunikāciju funkcijām Mercedes-Benz automobiļos, un ietver sevī speciālu plakano displeju.

RTOS - (no angļu: Real-time operating system) vairākuzdevumu operētājsistēma, kas izstrādāta reāla laika lietotnēm.

DOS uzbrukumi - (no angļu: Denial of Service attack) mēģinājums padarīt iekārtu vai tīkla avotu nepieejamu tā mērķa lietotājam.

RDS-TMC - (no angļu: Radio Data System - Traffic Message Channel) tehnoloģija, kas paredzēta satiksmes un ceļošanas informācijas piegādei līdz mehānisku transportlīdzekļu vadītājiem.

## IEVADS

Mūsdienu automašīnas par ierastu parādību nu jau kļuvis borta dators, kas piedāvā ne tikai multimediju atskaņošanas iespējas, bet arī savienojumu ar viedtālruni, GPS funkcionalitāti un telekomunikācijas iespējas. Mēs zinām, ka automašīnu ražotāji šīs iekārtas iekļauj jau pašā ražošanas procesā, bet mums nav informācijas par to, kas ražo un kādas operētājsistēmas darbina šīs iekārtas, jo automašīnu ražotāji par to plašāk nerunā.

Bez šaubām var apgalvot, ka viena no svarīgākajām borta datora funkcijām ir GPS, jo tā atvieglo ikdienas pārvietošanos. Tā kā GPS darbība ir balstīta uz savienojumu ar satelītu, no kura saņemtā informācija tiek attēlota uz kartes, kas glabājas pašā iekārtā, tad droši var apgalvot, ka GPS ir pietiekami komplicēta automašīnas borta datora sastāvdaļa, lai to pētītu padziļināti. Tā kā automašīnu ražotāji mūs neinformē detalizētāk par šo iekārtu darbību, mēs nevaram izdarīt nekādus spriedumus par to drošību un tai pat laikā nezinām, vai mēs vispār varam iejaukties šo iekārtu darbībā programmēšanas līmenī, lai to pielāgotu savām vajadzībām. Kaut gan auto oficiālie dīleri, protams, apgalvo, ka borta datoru darbībā iejaukties nevar, intuitīvi šķiet, ka runa ir vairāk par nemācēšanu nevis nevarēšanu.

Bakalaura darba mērķis ir izpētīt dažādās automašīnu markās iebūvēto GPS īpatnības, tai skaitā, operētājsistēmas uz kurām šīs iekārtas darbojas, iespējas pielāgot šīs iekārtas savām vajadzībām, kā arī analizēt iekārtu drošību, lai automašīnu turētāji būtu informēti par to, vai kāda persona nevar veikt kādas ļaunprātīgas darbības ar viņu īpašumu. Veikt praktiskus eksperimentus un novērojumus, kuru mērķis ir sniegt rekomendācijas par automašīnās iebūvēto borta datoru funkcionalitātes uzlabošanu un līdz ar to, iespējam uzlabot iebūvētās GPS.

## 1. AUTOMAŠĪNĀS IEBŪVĒTO GPS RAŽOTĀJI

Katrā automašīnā ir pieņemts redzēt interjeram piemērotu borta datoru, taču tie atšķiras ne tikai izskata ziņā. Borta datori mēdz būt dažādi ne tikai starp dažādiem auto ražotājiem, bet arī starp viena ražotāja dažādām auto klasēm. Līdzās datoru attīstībai attīstās arī borta datori, un tehnoloģiskie risinājumi šobrīd nebūt nav tādi, kādi tie bija pirms 10 gadiem. Agrāk, lai borta dators varētu pildīt GPS funkciju, tam bija nepieciešams GPS modulis, kurš sastāvēja no karšu kompaktdisku lasītāja, aparatūras navigācijas funkcijai, GPS uztērēja, žiro sensora, audio un video izejām, ventilatora [1]. Mūsdienu automašīnās šāds modulis vairs nav nepieciešams, jo GPS funkcionalitāte ir iebūvēta borta datorā, kurā atrodas cietais disks uz kura tad arī glabājas kartes.

Tā kā automašīnu ražotāju ir daudz, un viņu ražotās navigācijas vēl vairāk, tad koncentrēsimies tikai uz dažiem no tiem. Tagad par mūsu mērķi kļūst 3 Vācijas autoražotāju izmantotās GPS, kas ir 3 no 10 autoražotājiem, kuri pārdevuši visvairāk vienību [2] Eiropā uz 2014. gadu, un salīdzinājumam arī 1 Japāņu autoražotāja izmantotās GPS, kas uz 2014.gadu pārdevusi visvairāk vienību pasaulē [3]. Izvēlētie autoražotāji ir „Mercedes-Benz”, „BMW”, „Audi” un „Toyota”.

### 1.1. Mercedes-Benz COMAND

Mercedes-Benz automašīnās tiek izmantots borta dators ar nosaukumu COMAND. COMAND sistēmu galvenais uzdevums ir sniegt padziļinātu integrāciju starp dažādām funkcijām, piemēram, multimediju, navigācijas un telefona, kā arī ļaut vairākas prezentācijas un kontroles iespējas. Runājot par funkcionālās integrācijas piemēru, var tikt aplūsināti citi skaņas avoti, kad tiek saņemts ienākošais zvans vai navigācija sniedz norādījumus. Jāpiemin arī, ka galvenā audio sistēma, skaļruņi un mikrofons, tiek izmantoti visām šīm funkcijām, nevis loģiski un funkcionāli atsevišķi. COMAND sistēmas pirmais modelis tika ieviests 1999. gadā [4].

COMAND sistēmas tiek darbinātas izmantojot QNX operētājsistēmu [5]. Nav šaubu, ka kompānija Mercedes-Benz savus borta datorus ražo paši, taču savos produktos izmanto citu kompāniju ražotās komponentes. Tā, piemēram, tiek izmantoti Intel Atom procesori, Toshiba cietie diski un Toshiba plakanie displeji. COMAND navigācija izmanto kompānijas „NAVTEQ” kartes.

### 1.2. BMW iDrive

BMW automašīnās tiek izmantots borta dators ar nosaukumu iDrive. iDrive ir datorsistēma, ko izmanto, lai kontrolētu sekundārās automašīnas sistēmas lielā daļā BMW

automāšīnu. iDrive apvieno automašīnas sistēmas zem vienotas vadības arhitektūras, vadītājam ērtai lietošanai. iDrive vadība sastāv no LCD paneļa, kas ievietots automašīnas priekšējā panelī, un kontroles kloķa, kas uzstādīts uz automašīnas viduskonsoles. iDrive pirmo reizi prezentēts publikai 2001. gadā [6]. Darbības principi un iespējas praktiski neatšķiras no iepriekš aprakstītās Mercedes-Benz sistēmas, taču atšķiras tehnoloģiskie risinājumi.

iDrive sistēmu iedala 2 lielās grupās, CCC (no angļu: Car Communication Computer) un CIC (no angļu: Car Information Computer). CCC sistēma tika izmantota līdz 2009. gadam. Kaut gan CIC sistēma jau parādījās 2008. gadā, to neievietoja visās automašīnās, dažos BMW modeļos uzstādīja gan CCC, gan CIC sistēmas atbilstoši automašīnas komplektācijai. Līdz ar CIC sistēmu parādījās jaunievedumi, no kuriem svarīgākie bija displeja, datora un kontroles kloķa maiņa. CCC sistēmas ražoja pati BMW kompānija, taču CIC sistēmas ražo brends ar nosaukumu „Becker”, kas patiesībā ir kompānija ar nosaukumu „Harman International Industries” [7].

CCC navigācija izmanto kompānijas „NAVTEQ” kartes DVD disku, kuram ir speciāli paredzēts DVD diskdzinis. CIC navigācija izmanto kompānijas „Tele Atlas” kartes, kuras ir instalētas uz 2,5 collu cietā diska.

CCC tipa sistēmas darbina kompānijas „Wind River” operētājsistēma ar nosaukumu VxWorks. CIC tipa sistēmas darbina kompānijas „BlackBerry Limited” operētājsistēma ar nosaukumu QNX.

### **1.3. Audi MMI**

[8] Audi automašīnās tiek izmantots borta dators ar nosaukumu MMI (no angļu: Multi Media Interface). MMI veido vienotu integrētu saskarni, kas kontrolē dažādas ierīces un funkcijas automašīnā. MMI vadība sastāv no MMI displeja, kas ievietots automašīnas priekšējā panelī, un kontroles kloķa (MMI termināla), kas uzstādīts uz automašīnas viduskonsoles. MMI pirmo reizi prezentēts publikai 2001. gadā. Darbības principi un iespējas praktiski neatšķiras no iepriekš aprakstītās Mercedes-Benz un BMW sistēmām.

Audi MMI ražo nu jau iepriekš pieminētā kompānija „Harman International Industries”. MMI darbina kompānijas „BlackBerry Limited” operētājsistēma ar nosaukumu QNX Neutrino RTOS. MMI navigācija izmanto kompānijas „NAVTEQ” kartes, kuras var atrasties uz CD diskem, DVD diskem vecākiem modeļiem vai uz SD atmiņas kartes jaunākiem modeļiem.

#### **1.4. Toyota Entune**

Toyota automašīnās pēdējos gados tiek izmantots borta dators ar nosaukumu Entune [9]. Informācija par iepriekšējiem modeļiem ir visai skopa, arīdzan atbilstošās tēmas forumos nekas par tiem nav atrodams. Balstoties uz ierakstiem forumos var secināt, ka vecākiem modeļiem ir dažādi negatīvie aspekti, taču nav atrodama informācija, kas liecinātu, ka sistēmas mēģina uzlabot, tās ir vieglāk aizstāt ar citām sistēmām, kuras maksā relatīvi lēti un piedāvā plašāku funkcionalitāti. Runājot par Toyota Entune borta datoru, ir redzama pilnīgi cita pieeja no Vācu automašīnās izmantotajām sistēmām. Entune ideja ir sniegt lietotājam viedtālruna funkcionalitāti izmantojot centralizēti uzstādītu pieskārienjutīgu ekrānu. Pretēji citu automašīnu ražotājiem, Toyota savā produktā piedāvā nevis kontroli pār automašīnas pamatfunkcijām, bet gan fokusējas uz ērtu lietotņu integrēšanu. Lai izmantotu plašo sistēmas funkcionalitāti ir nepieciešams Apple, Android vai BlackBerry viedtālrunis ar interneta pieslēgumu un uzstādītu Entune lietotni. Entune sistēma pirmo reizi prezentēta publikai 2011. gadā [10].

Entune borta datorus ražo kompānija „Harman International Industries” [11]. Tie arī tiek darbināti izmantojot kompānijas „BlackBerry Limited” operētājsistēmu ar nosaukumu QNX CAR [12]. Navigācijas kartes glabājas micro SD atmiņas kartē un karšu ražotājs ir kompānija „NAVTEQ” [13].

## 1.5. Automašīnās iebūvēto borta datoru un GPS salīdzinājums

Iepriekšējās apakšnodaļās aprakstīto borta datoru kopsavilkums redzams 1.1. tabulā.

*1.1. tabula*

**Automašīnās iebūvēto borta datoru un GPS salīdzinājums balstoties uz iepriekšējām apakšnodaļām**

<b>Ražotājs</b>	<b>Borta datora ražotājs</b>	<b>Operētājsistēma</b>	<b>Karšu ražotājs</b>
Mercedes-Benz	Mercedes-Benz	QNX	NAVTEQ
BMW	BMW 2002. - 2009. gads (CCC); Harman International Industries 2008. – mūsdienām (CIC)	VxWorks 2002. - 2009. gads (CCC); QNX 2008. – mūsdienām (CIC)	NAVTEQ 2002. - 2009. gads (CCC) Tele Atlas 2008. – mūsdienām (CIC)
Audi	Harman International Industries	QNX Neutrino RTOS	NAVTEQ
Toyota	Harman International Industries	QNX CAR	NAVTEQ

## 1.6. Secinājumi

Apskatītie Vācijas auto ražotāji piedāvā borta datorus ar ļoti līdzīgu funkcionalitāti. Gadu gaitā ar mainīties veids, kā tiek uzglabātas kartes. Sākotnēji tās tika glabātas uz kompaktdiskiem, DVD diskem, vēlāk uz atmiņas kartēm vai pat cietajiem diskem. Vācijas auto ražotāji dod priekšroku kompānijas „BlackBerry Limited” operētājsistēmai QNX, taču autoražotājs BMW agrāk ir izmantojis arī kompānijas „Wind River” operētājsistēma VxWorks. BMW pēdējos gados ir pārgājis uz kompānijas „Tele Atlas” navigācijas karšu izmantošanu, taču Mercedes-Benz un Audi izmanto kompānijas „NAVTEQ” kartes no kurām savukārt ir atteikusies kompānija BMW.

Apskatītais Japāņu autoražotājs izmanto pilnīgi citu pieeju savās sistēmās, kuras mērķis ir sniegt viedtālruna funkcionalitāti izmantojot skārienjutīgu ekrānu. Interesanti ir tas, ka neskatoties uz to, ka Entune borta dators ir parādījies visai nesen, tam ir dažādi paveidi, no kuriem dažos ir navigācijas funkcija un dažos nav, kā arī šajā borta datorā var nebūt cietais disks, tādēļ arī navigācijas kartes glabājas uz micro SD atmiņas kartes. Arī Entune borta dators darbojas izmantojot QNX operētājsistēmu. Savas pieejas ziņā Toyota Entune borta

datori nelīdzinās Vācijas autoražotāju izmantotajiem, taču tos var salīdzināt ar amerikāņu izmantotajiem, jo viedtālruna un lietotņu izmantošana parādās arī tajos.

Liela daļa pasaules vadošo autoražotāju izmanto borta datorus, kas ražoti kompānijā „Harman International Industries”. Kā norāda pati kompānija, vairāk nekā 80% pasaules luksu automašīnu izmanto „Harman International Industries” ražotās audio, informācijas un izklaides sistēmas [14]. Operētājsistēmu izvēles ziņā vadošo lomu ieņem „BlackBerry Limited” operētājsistēmas QNX. Gadu griezumā parādās tikai divu kompāniju ražotās kartes, kas ir „NAVTEQ” un „Tele Atlas”.

## 2. QNX OPERĒTĀJSISTĒMA

Visi mūsu apskatītie autoražotāji pēdējos gados un arī šobrīd izmanto kompānijas „BlackBerry Limited” ražoto operētājsistēmu QNX. Ja tik lieli uzņēmumi visi ir izvēlējušies vienu operētājsistēmu, tad tam vajadzētu būt pamatojamam. Šajā nodāļā mēģināsim saprast, ar ko šī operētājsistēma izceļas citu operētājsistēmu vidū.

QNX produkts sākotnēji izstrādāts 1980. gadu sākumā kompānijā „Quantum Software Systems”, kas vēlāk tika nosaukta par „QNX Software Systems”, un kuru galu galā 2010. gadā iegādājās kompānija „BlackBerry Limited”. QNX bija viena no pirmajām komerciāli veiksmīgajām mikrokodolu (no angļu: microkernel) operētājsistēmām un tā tiek izmantota dažādās ierīcēs, ieskaitot automašīnas un mobilos telefonus [15]. QNX produkti ir paredzēti iegultajām sistēmām, kas darbojas izmantojot dažādu arhitektūru procesorus, tai skaitā ARM un x86, un vienas plates datoriem, kas ieviesti virtuāli visu tipu iegultajās vidēs [16].

### 2.1. Reāla laika operētājsistēma

Saīsinājums „RTOS” (no angļu: real-time operating system) apzīmē reāla laika operētājsistēmu [17.], taču patiesībā tas ir tikai iedalījums pēc programmatūras izpildes veida [18]. Lai noskaidrotu, kas tiek domāts ar vārdiem „reāla laika”, ir nepieciešams uzskaitīt, ko cilvēki parasti ar to saprot:

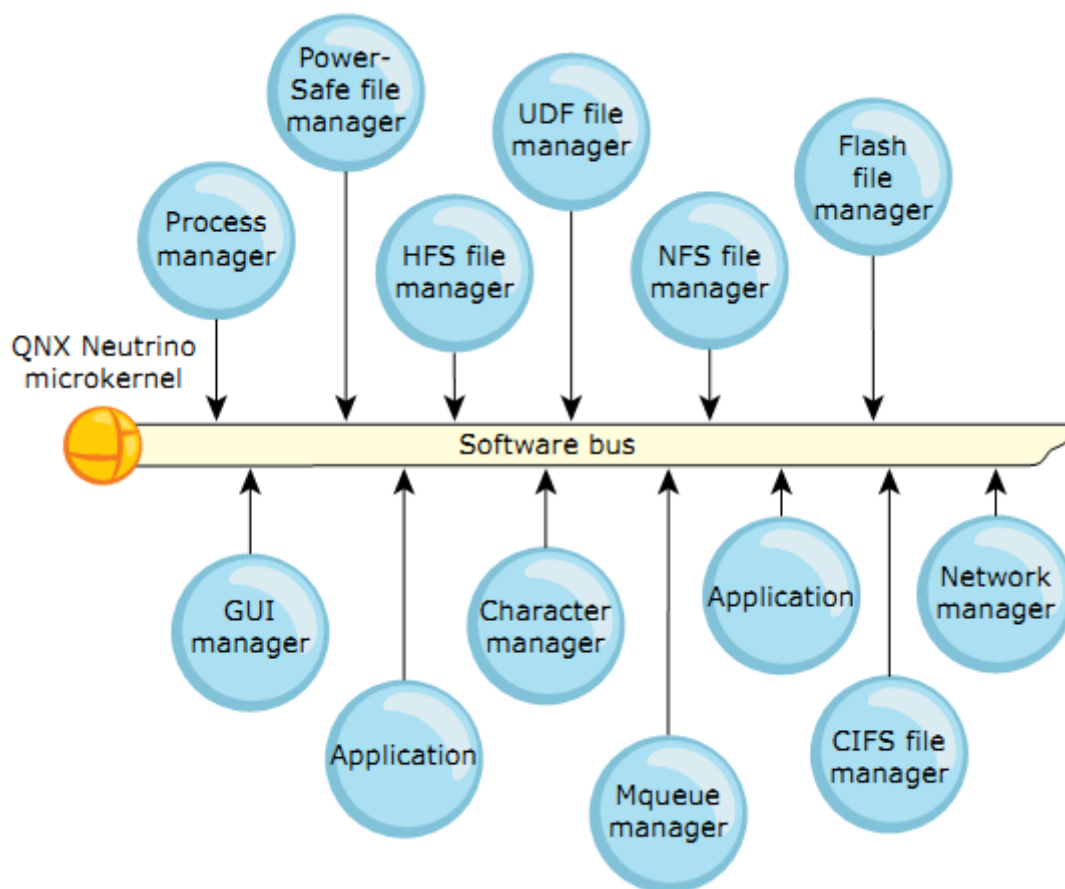
1. Prognozējamība. Laiks, lai pabeigtu uzdevumu ir norobežots.
2. Prioritātes. Ir jābūt veidam, kā pārtraukt zemākas prioritātes uzdevumu, lai pārliecinātos, ka augstas prioritātes uzdevumi tiek pie izpildīšanās.
3. Mērogojamība. Reāla laika operētājsistēmu gadījumā tas nozīmē, ka operētājsistēma ir atvieglota līdz nepieciešamajam minimumam. Dažām reāla laika operētājsistēmām ir nepieciešama vien dažu kilobaitu atmiņas krātuve un operatīvā atmiņa.
4. Robustums. Nav zināms veids, kā novērst elektronisku ierīču avarēšanu. Tomēr pastāv metodes, lai mazinātu avāriju iespējamību un sekmīgi atgūtos no tām [17].

### 2.2. QNX Neutrino RTOS

QNX Neutrino RTOS ir robusta pilnas funkcionalitātes operētājsistēma, kas ir sašaurināta, lai atbilstu ierobežotām resursu prasībām reāla laika iegultās sistēmās. Tās patiesais mikrokodola dizains un moduļu arhitektūra ļauj klientiem radīt augsti optimizētas un uzticamas sistēmas ar zemām kopējām izmaksām par īpašumtiesībām. Tā ir pierādījusi sevi iegulto sistēmu nozarē ar tīru stratēģiju pārejai no vienkodola uz vairākkodolu apstrādi.

QNX Neutrino operētājsistēmā katrs draiveris, protokolu steks, datņu sistēma, darbojas drošībā no lietotāja telpas, kas atrodas aizsargātā atmiņā. Virtuāli jebkura komponente var tikt

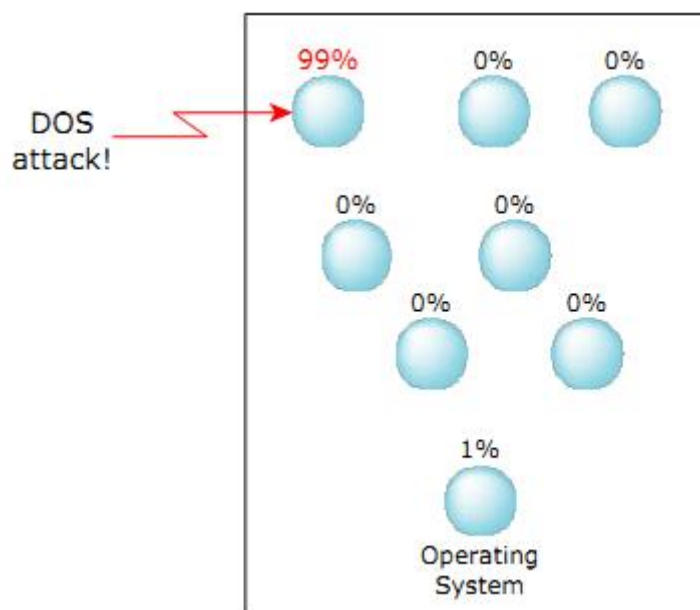
automātiski atsākta, ja notiek kļūda. QNX Neutrino darbojas kā sava veida programmatūras datu nesējs, kas ļauj dinamiski pievienot un izņemt operētājsistēmas moduļus, kad vien tie nepieciešami, kas arī shematiski apskatāms attēlā 2.1.[19]



2.1. att. Operētājsistēmas moduļu pievienošana un izņemšana no datu nesēja

### 2.3. Drošības nodrošināšana

Daudzas sistēmas ir neaizsargātas pret DOS (no angļu: Denial of Service) uzbrukumiem. Piemēram, ļaunprātīgs lietotājs var bombardēt sistēmu ar pieprasījumiem, kas jāapstrādā vienam procesam. Kad tiek veikts uzbrukums, šis process pārslogo centrālo procesoru un efektīvi neļauj darboties pārējai sistēmai. DOS uzbrukums shematiski redzams attēlā 2.2.[19]

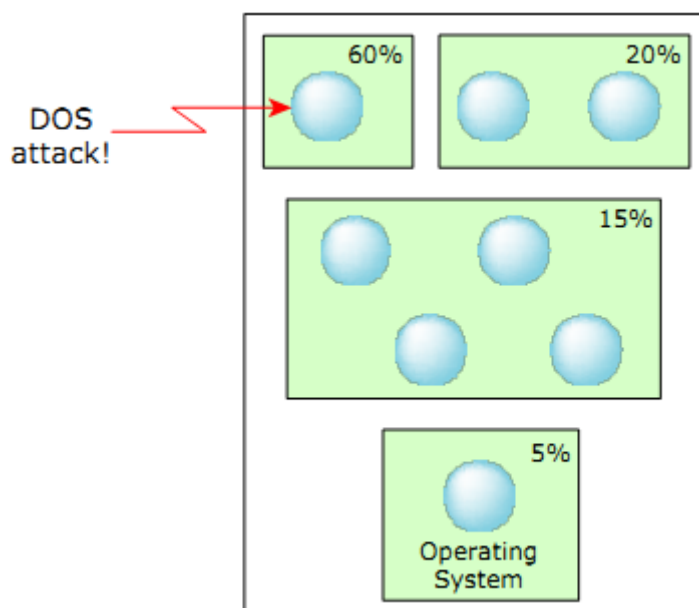


**2.2. att. DOS uzbrukums vienam procesam, kas neļauj izpildīties citām kritiski svarīgām funkcijām**

Dažas sistēmas mēģina risināt šo problēmu ieviešot procesu monitorēšanu, kas nosaka centrālā procesora izmantošanu un piesaista koriģējošas darbības, ja tā uzskata, ka process pārāk daudz izmanto centrālo procesoru. Šai pieejai ir vairāki trūkumi, piemēram:

- reakcijas laiks parasti ir liels;
- palielina centrālā procesora izmantošanu brīžos, kad ir nepieciešama standarta apstrāde;
- nav nekļūdīga un uzticama, atkarīga no piemērotām pavedienu (no angļu: thread) prioritātēm, kas nepieciešamas, lai procesu monitorēšana iegūtu pietiekamu centrālā procesora laiku.

Pavedienu plānotājs (no angļu: thread scheduler) var atrisināt šo problēmu. Pavedienu plānotājs var sniegt atsevišķus resursus sistēmas dažādām funkcijām. Šī metode nodrošina to, ka sistēmai vienmēr ir kaut neliela centrālā procesora kapacitāte svarīgiem uzdevumiem. Pavedienu skanēšana maina pati savas prioritātes, kas var būt caurums drošības nodrošināšanā, bet programmētājs var konfigurēt pavedienu plānotāju, lai novērstu resursu maiņu kodam, kas izpildās partīcijā. DOS uzbrukums ar plānotāja sadalījumu partīcijās shematiski redzams attēlā 2.3.



### 2.3. att. DOS uzbrukums ar plānotāja sadalījumu partīcijās

Kopš adaptīvā sadalīšana partīcijās var piešķirt neizmantoto centrālā procesora laiku partīcijām, kurām tas nepieciešams, tas nevajadzīgi nepalielina centrālā procesora izmantošanu, kad ir nepieciešama palielināta standarta apstrāde [20].

## 2.4. Secinājumi

Veicot ieskatu QNX operētājsistēmās, noskaidrojām kādas īpašības piemīt reāla laika operētājsistēmām, kas pašas par sevi ļāva saprast, kāpēc tieši šāda tipa operētājsistēma ir nepieciešama vadošajiem auto ražotājiem, viņu izmantotajos borta datoros. Operētājsistēmas atvieglojums līdz nepieciešamajam minimumam, kas rezultātā dod iespējami mazu resursu patēriņu. Samazināta avāriju iespējamība un sekmīga atgūšanās no tām, tas noteikti ir tas, kas nepieciešams automašīnā, jo kļūdas nav pieļaujamas, citādi cietīs ne tikai lietotājs, bet arī autoražotāja slava.

Tieši QNX Neutrino operētājsistēma tika apskatīta, kā viena no QNX operētājsistēmu distribūcijām. Noskaidrojām, ka QNX Neutrino patiesais mikroprocesora dizains kopā ar moduļu arhitektūru, ļauj dinamiski pieslēgt un izņemt operētājsistēmas moduļus. Apskatījām, kā QNX Neutrino tiek galā ar DOS uzbrukumiem, izmantojot pavedienu plānotāju.

Kopumā jāsaprot, ka QNX pilnīgi attaisno savu vietu tirgū. Ne tikai arhitektūras ziņā, bet arī dokumentēšanas ziņā un lietošanas pamācību pieejamības ziņā. QNX Neutrino operētājsistēma ir kvalificēta dažādiem drošības un drošuma standartiem, izmantošanai produktos ar augstu kritiskumu un zemu kļūdu iespējamību[20]. Ir pieejami 4 licenču veidi, no kuriem viens arī ir piemērots entuziastiem un studentiem, cits atbilst atvērta koda licencei, taču ir pieejamas tikai atsevišķas QNX programmatūras daļas[21].

### 3. RDS-TMC TEHNOLOĢIJA

#### 3.1. Apraksts

RDS-TMC (no angļu: Radio Data System - Traffic Message Channel) ir tehnoloģija, kas paredzēta satiksmes un ceļošanas informācijas piegādei līdz mehānisku transportlīdzekļu vadītājiem. Tā tiek raidīta izmantojot standarta FM radio frekvenci un pārsvarā šifrēta lielā daļā pasaules valstu [22]. RDS-TMC tehnoloģijas šifrēšanas paraugs ir apskatāms ISO 14819-6 standarta dokumentā. Šī tehnoloģija ir pieejama 18 pasaules valstīs, Latvija to skaitā nav [23].

#### 3.2. Drošība

TMC ziņojumi galvenokārt sastāv no ciparu atsaucēm uz statistisku datubāzi, kurā glabājas teikumi un atrašanās vietas, tātad nekāds teksts netiek pārraidīts. Datubāze nav noslēpums un tā ir brīvi pieejama. Informācija tiek šifrēta ar atslēgu, kas ik dienu mainās. Katru nakti tiek izvēlēta 1 no 31 iepriekš ģenerētas alternatīvas atslēgas. Atslēga nekad netiek pārraidīta, tiek pārraidīts vienīgi identifikācijas numurs no 1 līdz 31. Atslēgas ir iepriekš ieprogrammētas visos TMC uztvērējos, un tie var atšifrēt atrašanās vietas zinot atslēgas ID. Atslēgas izmērs ir  $2^{16}$ .

Tā kā tiek pārraidīti tikai reģionam atbilstošie ziņojumi, tiek iespējamo ziņojumu skaits būtiski samazinās un ir iespējams iegūt lielu informācijas daudzumu par šifrētajiem datiem. Zinot, ka ziņojumi ir adresēti noteiktam reģionam, ir iespējams samazināt atslēgu. Ir situācijas, kad atkārtoti tiek sūtīti vieni un tie paši ziņojumi vairākas dienas pēc kārtas, piemēram, par ceļa remontdarbiem. Ja tiek sagaidīts brīdis, kad tiek atkārtots ziņojums, tā vienīgā izmaiņa ir atrašanās vietas koda maiņa. Tādā veidā palielinot uzkrāto informāciju ir iespējams vēl samazināt atslēgu skaitu. Brīdī, kad atslēgu skaits ir samazinājies līdz vienai, ir iespējams atšifrēt visas šīs dienas ziņas. Kad atslēga izmainās atkārtoti, ir triviāli atrast jauno atslēgu zinot kāda tā bija vakardien, salīdzinot atkārtoto ziņojumu atrašanās vietas. Izmantojot parastu FM radio, skaņas karti, datoru un visus datus no publiskajiem resursiem ir iespējams tikt pie šiem ziņojumiem atšifrētā veidā un lasīt tos savā datorā dienu no dienas[24].

#### 3.3. Secinājumi

Tā kā šī tehnoloģija ir tik vienkārši atšifrējama, jāatzīst, ka tā ir visai nedroša. Šo tehnoloģiju izmanto praktiski visas GPS, tai skaitā arī automašīnās iebūvētās. Labums ir tāds, ka nevienam tas īsti netraucē, ja kāds lasa visus TMC ziņojumus kādā reģionā, jo šī informācija jebkurā gadījumā ir paredzēta visiem autovadītājiem, tātad visai plašai

mērķauditorijai, un tas nav nekas slepens. Latvijā tomēr šādas iespējas nav, bet atliek domāt, ka drīz vien visās automašīnās būs pieejams internets un šāda tehnoloģija vairs vispār nebūs vajadzīga, un informācija par sastrēgumiem tiks pārraidīta drošākā veidā.

## 4. PIESLĒGŠANĀS PIE AUTOMAŠĪNAS DATORSISTĒMAS

### 4.1. Ievads

Iepriekšējās nodaļās runājām par automašīnas borta datora drošību gan no operētājsistēmas viedokļa, gan no tehnoloģisko iespēju viedokļa. Šīs nodaļas mērķis ir apskatīt nepieciešamo aprīkojumu, lai pieslēgtos automašīnas datorsistēmai, veikt praktiskus eksperimentus, lai noskaidrotu cik daudz iespēju paver profesionāls aprīkojums, kas paredzēts automašīnas diagnostikai, vai šis aprīkojums ir lietojams arī citiem mērķiem. Mūsu mērķis ir parādīt automašīnu turētājiem, cik drošas ir automašīnas datorsistēmas, vai skatoties no cita viedokļa, noskaidrot, vai pieslēdzoties automašīnas datoram, ir iespējams uzlabot GPS darbību, ja ir, tad noskaidrot, kas tieši varētu būt uzlabojams.

Izstrādājot šo nodaļu tiks lietots profesionāls, licenzēts, aprīkojums, kas paredzēts automašīnu diagnostikai, taču veicot drošības analīzi, tiks izmantotas arī tīmeklī atrodamās, nelicenzētās datorprogrammas, tikai pētniecisku iemeslu dēļ.

### 4.2. Aprīkojums

Lai praktiski veiktu eksperimentus ir nepieciešamas divas lietas, automašīna ar iebūvētu borta datoru un aprīkojums pieslēgumam pie automašīnas datorsistēmas. Tā kā abas šīs lietas nebija pieejamas, tika izdarīts viss iespējamais, lai pie tām tiktu. Rezultātā tika iegūts sekojošs aprīkojums:

- 2009. gada BMW 730d (F01) ar iDrive CIC borta datoru;
- Bosch DCU 130 Planšetdators;
- Bosch KTS 570 elektronisko vadības bloku diagnostikas modems;
- OBD spraudnis automašīnas datorsistēmas savienojumam ar vadības bloku diagnostikas modemu;
- USB spraudnis vadības bloku diagnostikas modema savienojumam ar portatīvo datoru;
- ESI[tronic] 2.0 diagnostikas programmatūra.

Iegūtais diagnostikas aprīkojums redzams attēlā 4.1.

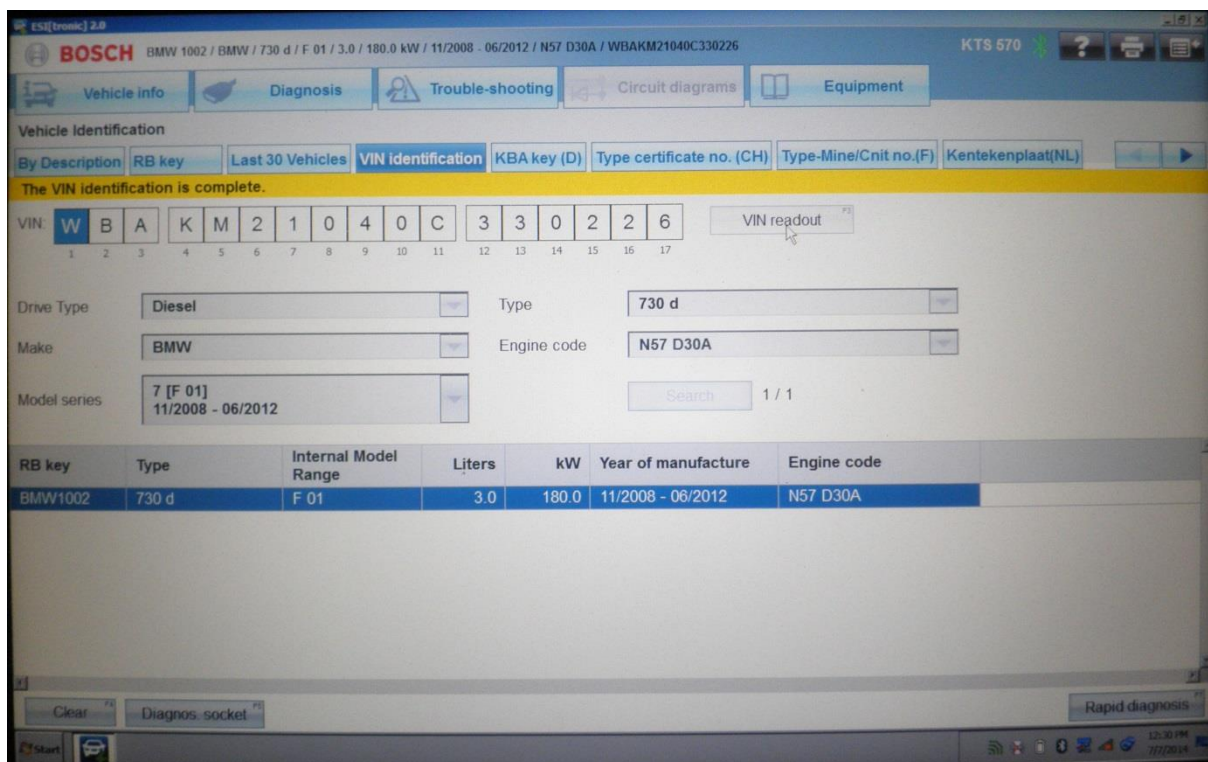


**att. 4.1. Iegūtais diagnostikas aprīkojums**

Jāpiebilst, ka aprīkojuma īpašnieks apgalvoja, ka jauns šāds aprīkojums, kopā ar vēl dažiem spraudņiem, pie izplatītāja Latvijā maksā 10'000 eiro un programmatūras licence uz gadu maksā 700 eiro.

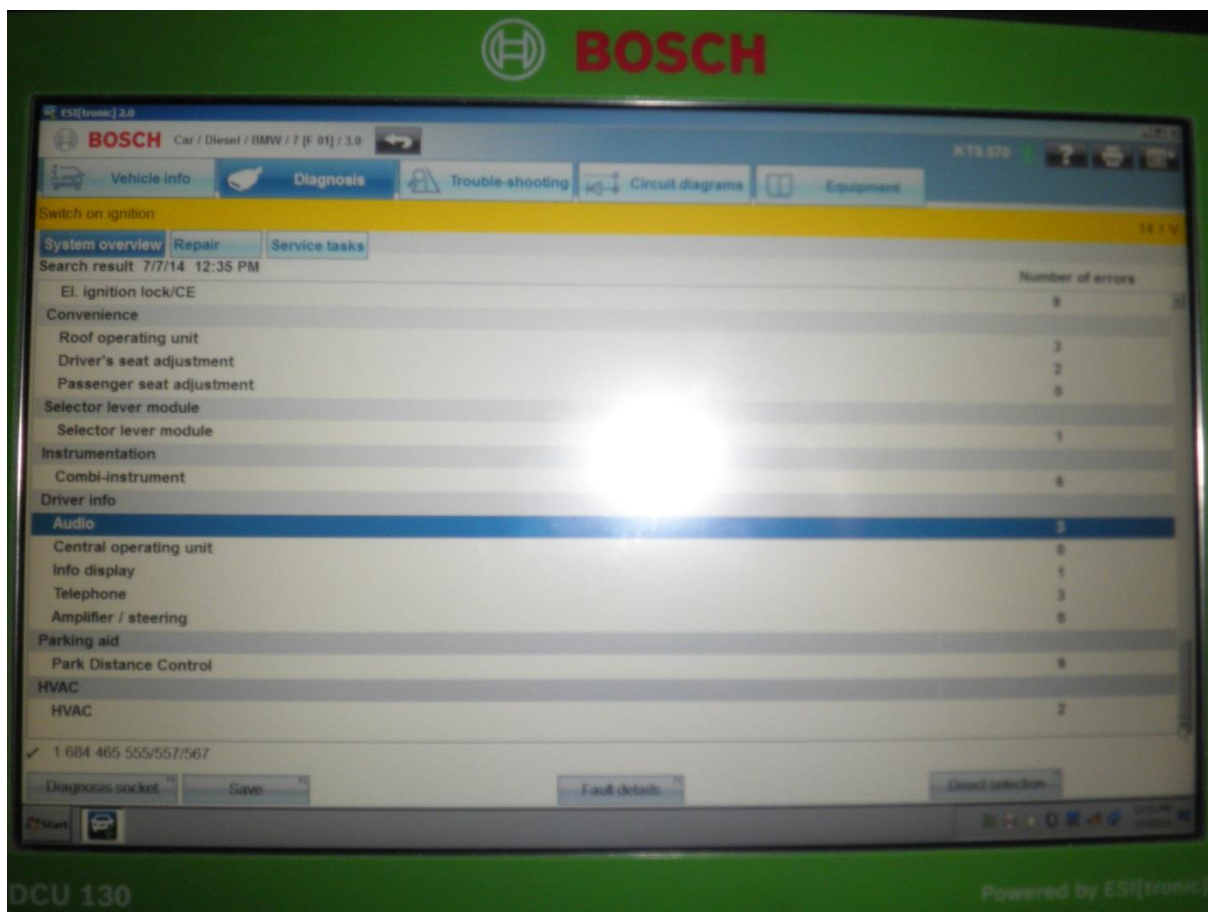
**4.3. Pieslēgšanās pie automašīnas datorsistēmas**

Izmantojot profesionālu aprīkojumu un tam paredzētu programmatūru, pieslēgšanās pie automašīnas datorsistēmas ir ļoti vienkārša. Pirmais ir jānoskaidro, kur atrodas pieslēguma vieta automašīnā. BMW F01 tā atrodas praktiski pie pedāļiem uz priekšējā paneļa apakšējās daļas. Pieslēguma vietai ir jāpievieno OBD spraudnis, kura otrs gals ir ievietots elektronisko vadības bloku diagnostikas modemā. Ieslēdzam planšetdatoru, kuru darbina Windows 7 Ultimate 64 bitu operētājsistēma. Palaižam • ESI[tronic] 2.0 programmatūru. Kā norāda instrukcijas ESI programmatūrā, mašīnai ir jābūt piedarbinātai, lai savienojumu būtu iespējams izveidot. Nākamais solis ir noskaidrot to, ko automašīnas tehniskajā pasē nav iespējams ieraudzīt – mašīnas modeļa sēriju un dzinēja kodu. Šo informāciju var noskaidrot dažādos veidos, taču visbiežāk to nosaka izmantojot automašīnas VIN (no angļu: vehicle identification number) numuru, vēl vienkāršāk izmantojot ESI programmatūras funkciju VIN numura ielasīšanai no automašīnas, kas redzama attēlā 4.2.



**att. 4.2. redzam sekmīgi notikuši VIN numura ielasīšanu.**

Tālāk ir iespējams veikt automašīnas diagnostiku. Jāsaka, ka ESI programmatūra tieši to arī nodrošina un nekādas citas darbības ar automašīnas datorsistēmu, kā tikai diagnostiku, nav iespējams veikt, kas tika secināts apskatot visas strādājošās funkcijas. ESI programmatūrā pieejamā diagnostika arī izvada informāciju, kas ir saistīta ar automašīnas iDrive borta datoru un tā komponentēm. Papildus ir veicama arī detalizēta konkrētās kļūdas analīze, izmantojot funkciju „Fault details”. Ar iDrive saistītās kļūdas redzamas attēlā 4.3. zem sadaļas „Driver info”.



att. 4.3. iDrive kļūdu diagnostika

#### 4.4. Darbības ar automašīnas datorsistēmu

Automašīnas datorsistēmas diagnostika noslēdzās ar vilšanos par nespēju veikt ar to nekādas darbības, atskaitot kļūdu dzēšanas iespēju. Sarunā ar diagnostikas aparatūras turētāju, tika saņemts kategorisks atteikums, papildus programmatūras uzstādīšanai uz Bosch DCU 130 planšetdatora, saistībā ar to, ka planšetdatoram joprojām ir aktīva garantija. Bija jānoskaidro, kā vadības bloku diagnostikas modemu savienot ar savu portatīvo datoru. Apzinoties, ka modems savienojas ar tam paredzēto planšetdatoru ar WiFi bezvadu tīklu, bet citos gadījumos to savieno izmantojot „Bluetooth” tehnoloģiju, pievienojot portatīvajam datoram speciāli paredzētu „Bluetooth” uztvērēju, sākotnēji bija doma izmantot portatīvajā datorā iebūvēto WiFi vai „Bluetooth”. Pēc tam tika rūpīgāk apskatīts elektronisko vadības bloku diagnostikas modems, kuram kā izrādījās ir arī USB B tipa izeja. Diagnostikas aprīkojuma vadu komplektā tika atrasts USB vads, kuru savienojām ar portatīvo datoru, un operētājsistēma Windows 8.1 automātiski paveica draivera uzstādīšanu, savienojums ar portatīvo datoru bija izdevies.

Tālākais solis bija noskaidrot, kādu vēl programmatūru var izmantot, lai varētu operēt ar automašīnas BMW iDrive CIC datoru. Daudzas stundas meklējot informāciju interneta

forumos tika noskaidrots, ka pastāv tādas programmas kā WinKFP un E-Sys, ar kurām iespējams programmēt automašīnas datorsistēmas. Tika atrastas arī lejupielādes saites un sekmīgi uzstādītas abas programmas.

#### **4.5. Automašīnas moduļu atjaunināšana**

Automašīnas datorsistēma ir veidota no ECU (no angļu: engine control unit) moduļiem. Šo moduļu darbināšanas programma ir tikai un vienīgi nolasāma, taču to var izdzēst un ierakstīt no jauna [25]. Kā izrādās automašīnas moduļi arī ir atjaunināmi. Tam ir nepieciešama atjauninājumu datubāze, kas tiek ielādēta programmā WinKFP. Izmantojot šo programmu un automašīnas VIN numuru varam atjaunot automašīnas moduļus. Praktiski to izdarīt, vai vismaz apskatīt programmas pilnu funkciju klāstu neizdevās, jo tīmeklī atrastā programma bija bez datubāzes. Taču tika noskaidrots, ka ar šo programmu mūs interesējošo BMW iDrive CIC borta datoru programmēt nav iespējams.

#### **4.6. Automašīnas datorsistēmas programmēšana**

Izmantojot E-Sys programmu iespējams programmēt automašīnas ECU moduļus. Moduļu programmēšana nozīmē moduļa kartes aizvietošanu ar citu karti, lai izmantotu tā darbības principus. Aizvietošana notiek nolasot esošo programmu, izdzēšot to un ierakstot no jauna uzlaboto programmu [25]. E-Sys programma piedāvā dažādus rīkus, lai to paveiktu. Moduļu programmas ir nepieciešams atbilstoši nošifrēt, ko ar šo programmu ir iespējams izdarīt. Ir iespēja arī mainīt moduļa mainīgo vērtības. Lai saprastu, ko šī programmēšana nozīmē, nepieciešami daži piemēri:

- iespēja atskaņot DVD ne tikai stāvēt uz vietas;
- durvju atvēršanu, ja tās ir bijušas aizvērtas, noslēpjot motoru;
- brīdinājumu izslēgšana iDrive borta datorā;
- pults atslēgas pogu funkcionalitātes mainīšana, piemēram, logu atvēršana [26].

Diemžēl šo programmu praktiski pielietot neizdevās, jo kā izrādījās, mūsu aprīkojums tam neder. Ir nepieciešams vads, kuram vienā galā ir OBD spraudnis un otrā RJ45 tipa spraudnis savienojuma ar datoru. Šī programma izmanto TCP protokolu, kas nepieciešams datu apmaiņai. Rakstot šo nodaļu parādījās jauna ideja, kā tomēr varētu atrisināt šo situāciju bez papildu aprīkojuma. To varētu panākt, ja izdotos savienoties ar elektronisko vadības bloku diagnostikas modemu izmantojot WiFi tīklu, šādi nodrošinot gan IP adresi, gan TCP protokola izmantošanas iespēju.

Izmantojot moduļu programmēšanu ir iespējams uzlabot arī GPS funkcionalitāti. [27.]  
Var veikt sekojošus uzlabojumus:

- rādīt informāciju par pašreizējo atrašanos pilnekrāna režīmā;
- mainīt sastrēgumu informācijas attēlošanai nepieciešamos parametrus atbilstoši reģionam;

#### **4.7. Secinājumi**

Izmantojot profesionālu aprīkojumu ir iespējams veikt automašīnas diagnostiku un apskatīt arī ar iDrive borta datoru saistītās kļūdas un to detalizētu informāciju. Izmantojot šo pašu aprīkojumu arī ir iespējams izveidot savienojumu ar parastu portatīvo datoru un veikt darbības izmantojot citas datorprogrammas.

Ir iespējams veikt automašīnas ECU moduļu programmēšanu, kas var ļaut pielāgot automašīnu savām vajadzībām. Šādā veidā ir iespējams arī veikt dažus uzlabojumus GPS darbībā, taču tie ir visai nebūtiski. Lai šādas darbības veiktu izmantojot programmu E-Sys nav nepieciešams profesionāls aprīkojums, bet gan spraudnis, kas interneta veikalā nopērkams par nieka 20 eiro. Kopumā jāatzīst, ka moduļu programmēšana noteikti nepadara BMW datorsistēmu par nedrošu, jo šādu darbību veikšana vairāk saistās ar automašīnu uzlabošanu mērķētu uz īpašnieka vajadzībām nevis ļaunprāšu.

## 5. REZULTĀTI UN SECINĀJUMI

Izstrādājot bakalaura darbu „Automašīnās iebūvēto GPS īpatnības” tika iegūtas padziļinātas zināšanas par tēmām, kuras automašīnu ražotāji plašāk neaprunā. Ievērojamo laika momentu patērēja informācijas avotu meklēšana, jo šī tēma nav aprakstīta grāmatās, bet gan tikai tīmekļa forumos, vietnē „wikipedia”, lietošanas pamācībās, datorsistēmu izstrādātāju mājaslapās, bet bez atsaucēm uz konkrētiem produktiem, privātos emuāros, sludinājumos un videomateriālos.

Tika analizēti 3 Eiropas autoražotāji un 1 Āzijas autoražotājs, orientējoties tieši uz automašīnas borta datoriem un to GPS sistēmām. Noskaidrojām, kādas operētājsistēmas darbina šīs iekārtas, kādu ražotāju kartes tās izmanto un kādas kompānijas tās ražo. Visas mūsu apskatītās autoražotāju kompānijas savas iekārtas darbina ar reāla laika operētājsistēmu QNX, kuru arī apskatījām padziļināti. Dažiem automašīnu ražotājiem izdevās noskaidrot precīzu QNX operētājsistēmas distribūciju. Noskaidrojām, ka mūsu 4 apskatītie autoražotāji izmanto 2 digitālo karšu ražotāju kartes, no kuriem viens ir „NAVTEQ”, bet otrs „Tele Atlas” vai jaunajā vārdā „TomTom”. Noskaidrojām arī, ka vienīgi kompānija „Mercedes-Benz” savās automašīnās izmantotos borta datorus ražo pati, nevis kompānijā „Harman International Industries”.

Veicām ieskatu RDS-TMC tehnoloģijā, vadoties pēc anonīma autora atskaites savā emuāra par tēmu, kā savā datorā lasīt satiksmes informāciju. Noskaidrojām, ka šī tehnoloģija ir tikai 18 pasaules valstīs un, ka tā ir visai nedroša, kaut gan to izmanto praktiski visas GPS.

Tika iegūts nepieciešamais aprīkojums, lai pieslēgtos pie automašīnas datorsistēmas, ko arī paveicām, izmantojot profesionālo aprīkojumu. Savienojām arī portatīvo datoru ar elektronisko vadības bloku diagnostikas modemu, taču šeit arī beidzās praktiskie eksperimenti. Apskatījām arī citas programmas, kuras var veikt izmaiņas automašīnas ECU moduļos. Moduļu programmēšanas jautājumā arī apskatījām konkrētus piemērus un atradām dažus piemērus, kā šādā veidā var nedaudz pielāgot arī GPS savām vajadzībām.

Lai veiktu automašīnas ECU moduļu programmēšanu nav nepieciešams profesionāls aprīkojums, kas maksā vairākus tūkstošus, taču tas ir ieteicams. Internetā ir atrodams liels daudzums dažādu programmu ar ko šo darbību veikt, taču katrai automašīnu markai tās ir savas. Automašīnās iebūvēto borta datoru drošība ir ļoti augstā līmenī, to arī daļēji apliecina nespēja atrast informāciju konkrēti par BMW iDrive programmēšanu. Šī informācija tiek rūpīgi sargāta, jo ja tā nāktu atklātībā, tad uzņēmums ciestu lielus zaudējumus, kā arī zaudētu savu etiķetes vērtību. Sarežģītākā GPS programmēšanas daļa ir saistīta ar datu atšifrēšanu, taču ir uzņēmumi, kas to izdarīt prot un par attiecīgu samaksu ir gatavi papildināt jūsu GPS, piemēram ar rediģējamu karti (no angļu: open street map).

## IZMANTOTĀ LITERATŪRA

1. Mk-3 NAVIGATION SYSTEM [Tiešsaiste] [Citēts: 2015. gada 11. martā.]  
<http://www.e38.org/markiiinav.pdf>
2. <http://www.businessrevieweurope.eu/top10/216/Top-10:-Car-Manufacturers-in-Europe-2014> [Tiešsaiste] [Citēts: 2015. gada 11. martā.]
3. <http://www.statista.com/statistics/275520/ranking-of-car-manufacturers-based-on-global-sales/> [Tiešsaiste] [Citēts: 2015. gada 11. martā.]
4. [http://en.wikipedia.org/wiki/Comand\\_APS](http://en.wikipedia.org/wiki/Comand_APS)
5. <http://www.benzworld.org/forums/audio-telematics-forum/1373955-comand-operating-system.html> [Tiešsaiste] [Citēts: 2015. gada 15. martā.]
6. <http://en.wikipedia.org/wiki/IDrive> [Tiešsaiste] [Citēts: 2015. gada 16. martā.]
7. [http://en.wikipedia.org/wiki/Harman\\_International\\_Industries#Automotive\\_systems](http://en.wikipedia.org/wiki/Harman_International_Industries#Automotive_systems) [Tiešsaiste] [Citēts: 2015. gada 16. martā.]
8. [http://en.wikipedia.org/wiki/Multi\\_Media\\_Interface](http://en.wikipedia.org/wiki/Multi_Media_Interface) [Tiešsaiste] [Citēts: 2015. gada 17. martā.]
9. [http://en.wikipedia.org/wiki/Toyota\\_Entune](http://en.wikipedia.org/wiki/Toyota_Entune) [Tiešsaiste] [Citēts: 2015. gada 18. martā.]
10. <http://www.autotrader.com/research/article/car-news/161010/what-is-toyota-entune.jsp> [Tiešsaiste] [Citēts: 2015. gada 18. martā.]
11. <http://www.harman.com/EN-US/Newscenter/Pages/ToyotaEntuneLaunch.aspx> [Tiešsaiste] [Citēts: 2015. gada 19. martā.]
12. [http://www.qnx.com/news/pr\\_4459\\_1.html](http://www.qnx.com/news/pr_4459_1.html) [Tiešsaiste] [Citēts: 2015. gada 20. martā.]
13. <http://www.cnet.com/products/2014-toyota-4runner-trail-premium-4x4/2/> [Tiešsaiste] [Citēts: 2015. gada 20. martā.]
14. <http://www.harman.com/EN-US/OurCompany/Pages/ExperienceHarman.aspx> [Tiešsaiste] [Citēts: 2015. gada 22. martā.]
15. <http://en.wikipedia.org/wiki/QNX> [Tiešsaiste] [Citēts: 2015. gada 25. martā.]
16. <http://www.qnx.com/products/neutrino-rtos/index.html> [Tiešsaiste] [Citēts: 2015. gada 25. martā.]
17. [http://www.osnews.com/story/15272/What\\_Is\\_QNX\\_](http://www.osnews.com/story/15272/What_Is_QNX_) [Tiešsaiste] [Citēts: 2015. gada 25. martā.]
18. Lekcija par operētājsistēmām  
[http://estudijas.lv/pluginfile.php/69715/mod\\_resource/content/0/3\\_EUCIP\\_-\\_Operate\\_-\\_Operating\\_Systems.pdf](http://estudijas.lv/pluginfile.php/69715/mod_resource/content/0/3_EUCIP_-_Operate_-_Operating_Systems.pdf) [Tiešsaiste] [Citēts: 2015. gada 26. martā.]

19. QNX Neutrino RTOS System Architecture

[http://support7.qnx.com/download/download/26183/QNX\\_Neutrino\\_RTOS\\_System\\_Architecture.pdf](http://support7.qnx.com/download/download/26183/QNX_Neutrino_RTOS_System_Architecture.pdf) [Tiešsaiste] [Citēts: 2015. gada 30. martā.]

20. <http://www.qnx.com/products/neutrino-rtos/neutrino-rtos.html> [Tiešsaiste] [Citēts: 2015. gada 30. martā.]

21. <http://www.qnx.com/legal/licensing/index.html> [Tiešsaiste] [Citēts: 2015. gada 3. maijā.]

22. [http://en.wikipedia.org/wiki/Traffic\\_message\\_channel](http://en.wikipedia.org/wiki/Traffic_message_channel) [Tiešsaiste] [Citēts: 2015. gada 8. maijā.]

23. [http://uk.support.tomtom.com/app/answers/detail/a\\_id/5826/~/~are-tomtom-traffic-and-rds-tmc-available-in-my-area%3F](http://uk.support.tomtom.com/app/answers/detail/a_id/5826/~/~are-tomtom-traffic-and-rds-tmc-available-in-my-area%3F) [Tiešsaiste] [Citēts: 2015. gada 8. maijā.]

24. <http://www.windytan.com/2013/05/a-determined-hacker-decrypts-rds-tmc.html> [Tiešsaiste] [Citēts: 2015. gada 13. maijā.]

25. <https://answers.yahoo.com/question/index?qid=20100210130021AAM4zRN> [Tiešsaiste] [Citēts: 2015. gada 29. maijā.]

26. <http://www.bimmerfest.com/forums/archive/index.php/t-624369.html> [Tiešsaiste] [Citēts: 2015. gada 29. maijā.]

27. <http://www.bimmerfest.com/forums/archive/index.php/t-624369.html> [Tiešsaiste] [Citēts: 2015. gada 30. maijā.]

Bakalaura darbs „Automašīnās iebūvēto GPS īpatnības” izstrādāts LU Datorikas fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie informācijas avoti un iesniegtā darba elektroniskā kopija atbilst izdrukai.

Autors: \_\_\_\_\_ Aleksandrs Kļimenko

Rekomendēju/nerekomendēju darbu aizstāvēšanai

Vadītājs: Mg.Dat. Ilvars Mizniks \_\_\_\_\_ 01.06.2015.

Recenzents: docents Dr.sc.comp. Aivars Niedrītis

Darbs iesniegts Datorikas fakultātē 01.06.2015.

Dekāna pilnvarotā persona: vecākā metodiķe Ārija Sproģe \_\_\_\_\_

Darbs aizstāvēts bakalaura gala pārbaudījuma komisijas sēdē

\_\_\_\_.06.2015. prot. Nr. \_\_\_\_\_

Komisijas sekretārs(-e): \_\_\_\_\_