

Darbības programma: "Uzņēmējdarbība un inovācijas" ;
Prioritātes numurs un nosaukums: 2.1. "Zinātne un inovācijas"
Pasākuma numurs un nosaukums: 2.1.1. "Zinātne, pētniecība un attīstība"
Aktivitātes numurs un nosaukums: 2.1.1.1. aktivitāte "Atbalsts zinātnei un pētniecībai"

PROJEKTS Nr.2010/0250/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/086

**Projekta nosaukums: "Multifunkcionāla inteliģenta transporta sistēmas punkta tehnoloģija"
(MITS)**

Līguma noslēgšanas datums: 10.12.2010.g.

Projekta sākuma datums: 01.01.2011.g.

Projekta beigu datums: 31.12.2013.g.

Eiropas Reģionālās attīstības fonda finansējuma saņēmējs: Elektronikas un datorzinātņu institūts (EDI)

ZINĀTNISKĀ PĒTĪJUMA PROGRESU APLIECINOŠĀ DOKUMENTĀCIJA

Pārskata numurs Nr.5. par periodu no 01.03.2012.g.līdz 31.05.2012.g.

Projekta zinātniskais vadītājs: Leo Seļāvo, Ph.D., vad. pētnieks.

Projekta izpildītāju saraksts: Vad.pētn. Dr.sc.comp. Kārlis Freivalds
Vad.pētn. Dr.sc.comp. Mihails Broitmans
Zin.asist. Mārtiņš Liepiņš
Zin.asist. Aivars Ševerdaks
Zin.asist. Roberts Kadiķis
Prog.inž. Krišjānis Nesenbergs
Progr.inž. Normunds Šilinskis

Pētnieks Uldis Grunde /Profesionāla rakstura darbs bez atlīdzības/

Zin.asist. Artūrs Seļivanovs /Profesionāla rakstura darbs bez atlīdzības/

Zin.asist. Andris Gordjušins /Profesionāla rakstura darbs bez atlīdzības/

Saturs

Ievads	2
MITS	2
1 MITSVIEW grupa	3
1.1 Ievads	3
1.2 Risinājums	3
1.2.1 Starpprocesu komunikācija	3
1.2.2 Sensoru mezgli	4
1.2.3 Aktuatori	4
1.2.4 Sargsuns	4
1.2.5 Aktuālais pasaules modelis	5
1.2.6 Konfigurācija	5
1.2.7 Apstrādes spraudņi	5
1.2.8 Daļēji pasaules modeļi	5
1.2.9 Sapludinātājs	5
1.3 Kopsavilkums un secinājumi	6
1.4 Nākotnes perspektīvas	6
2 MITSSen grupa	7
2.1 Ievads	7
2.2 Īstenotie risinājumi	7
2.2.1 Paveiktais uz brauktuves novietojama magnētiskā sensora izstrādē	7
2.2.2 Paveiktais brauktuves malā novietojama magnētiskā sensora izstrādē	8
2.2.3 Paveiktais automašīnas kustības noteikšanā izmantojot mikrofonu matricu	9
2.2.4 Paveiktais transporta līdzekļu detektēšanā, izmantojot siltuma sensorus	10
2.2.5 Žiroskopa un trīsas akselerometra izmantošana kustībā esošu transporta līdzekļu detektēšanai.	11
2.3 Kopsavilkums un secinājumi	13
2.4 Nākotnes perspektīvas	14
3 MITSImpPro grupa	15
3.1 Paveiktais	15
3.2 Īstenotie risinājumi	15
3.2.1 Intervāla slēgšanas nosacījumu papildināšana	15
3.2.2 Automašīnu ātruma noteikšanas algoritma uzlabošana	16
3.2.3 Efektīva kameras izkustēšanās atklāšana	19
3.3 Kopsavilkums un secinājumi	19
3.4 Nākotnes perspektīvas	19
4 MITSRegNo grupa	20
4.1 Ievads	20
4.2 Kustības noteikšanas algoritms video plūsmā	20
4.3 Algoritma darbības ātruma analīze	21
4.4 Plānotie darbi	22

Ievads

Anotācija

”Multifunkcionāla inteliģenta transporta sistēmas punkta tehnoloģija” (MITS) ir ERAF atbalstīts projekts. MITS projekta mērķis ir modulāra sensoru informācijas savacēja, analīzes un komunikācijas punkta izstrāde. Šī tehnoloģija palīdz drošas un efektīvas satiksmes organizēšanā to monitorējot, komunicējot un koordinējot luksoforus atkarībā no satiksmes stāvokļa, kā arī ziņo par detektētajiem notikumiem vadības punktam.

Projekta mērķu sasniegšanai ir izveidotas sekojošas apakšgrupas: MITSView – sistēmas arhitektūra un komunikācijas; MITSSen – sensoru sistēmu pielietojumi; MITSImPro – attēlu analīze; MITSRegNo – automobiļa reģistrācijas numura noteikšana.

Projekta zinātniskajā progresa pārskatā izklāstītas zinātniskās pētniecības aktivitātes un rezultāti augšminētajās grupās. Projektu atbalsta Eiropas Reģionālās attīstības fonds, līguma Nr. 2010/0250/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/086.

”Multifunkcionāla inteliģenta transporta sistēmas punkta tehnoloģija” (MITS)

MITS grupas galvenais pētniecības virziens ir rast inovatīvu risinājumu satiksmes drošības un efektivitātes uzlabošanai. Projekta laikā tiek izstrādāts modulārs un multifunkcionāls punkts, kas saņem dažādu sensoru datus, veic informācijas sapludināšanu un analīzi, kā arī pieņem lēmumus par potenciālas avarijas situācijas un dažādu konstatēto notikumu nodošanu vadības punktam.

MITS projektā ir sekojošas apakšgrupas saskaņā ar pētnieku individuālo pieredzi un interesēm:

- MITSView – sistēmas arhitektūra un komunikācijas;
- MITSSen – sensori viedām transporta sistēmām;
- MITSImPro – attēlu apstrāde satiksmes analīzei;
- MITSRegNo – reģistrācijas numuru automātiska atpazīšana;

Turpmākajās nodaļās ir apkopoti galvenie sasniegumi minētajos virzienos.

Nodaļa 1

MITSTView grupa

Anotācija

Nodaļa apraksta MITSTView grupas paveikto sistēmas arhitektūras un komunikāciju plānošanā un realizācijā.

1.1 Ievads

Sistēmas darbības nodrošināšanai ir nepieciešams koordinēti savākt sensoru moduļu sūtītos datus un padarīt tos pieejamus datu apstrādes un lēmumu pieņemšanas moduļiem. Pēc datu savākšanas un apstrādes nepieciešams nodrošināt dažādu moduļu sniegto datu sapludināšanu vienotā pasaules modelī. Ņemot vērā šo modeli ir jāpieņem lēmumi par satiksmes regulēšanu, kā arī jā saglabā un jānosūta tālākai apstrādei svarīgie dati par satiksmi, piemēram, satiksmes intensitāte, avāriju video ieraksti u.c.

Veiksmīgai sistēmas mērķu izpildei ir nepieciešams, lai tā būtu spējīga reālā laikā apstrādāt datus un pieņemt lēmumus par satiksmes regulēšanu, kā arī būtu noturīga pret kļūmēm, nekvalitatīviem datiem un citām problēmām, kas varētu rasties ekspluatācijas laikā un apdraudēt satiksmes drošību.

Šajā ceturksnī MITSTView grupa ir izstrādājusi vispārējo sistēmas darbības plānu.

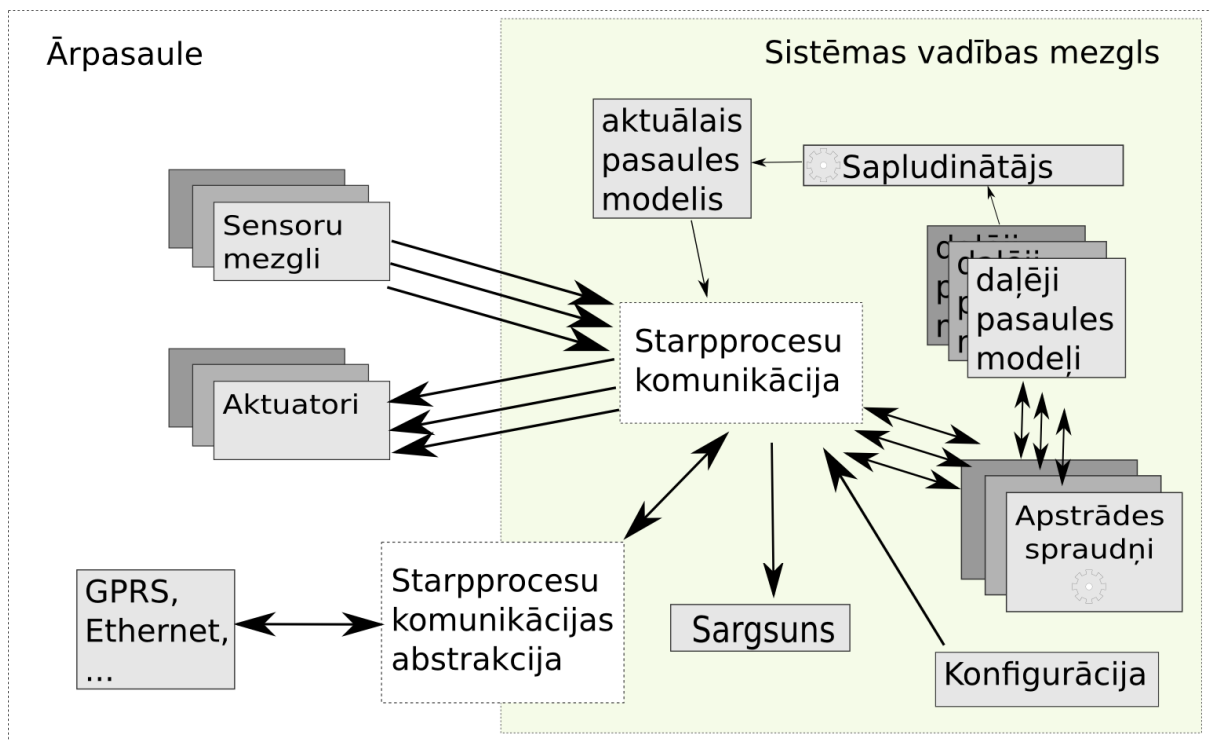
1.2 Risinājums

Katru krustojumu jeb satiksmes mezglu pārvaldīs viena sistēma, un tā būs spējīga apmainīties ar svarīgo informāciju arī ar citiem satiksmes mezgliem. Tas ļaus sistēmai laicīgi paredzēt transporta plūsmu no blakus esošajiem krustojumiem un pieņemt informētākus lēmumus. Katra satiksmes mezgla sistēma spēs darboties gan tīklā, gan individuāli gadījumos, ja tuvumā citu satiksmes mezglu nav vai arī tie īslaicīgi kļuvuši nesasniedzami. Sistēmu paredzēts īstenot kā savstarpēji neatkarīgu procesu kopumu. Šie procesi būtu spējīgi turpināt darbu pat tad, ja daļa no pārējiem procesiem kādu iemeslu dēļ nedarbotos. Lai nepieļautu kļūdainu lēmumu pieņemšanu un novērstu atsevišķu moduļu dikstāvi kļūdu gadījumos, papildus ārējs process - sargsuns - uzmanīs pārējo procesu darbību un brīdinās, ja sistēmas darbībā būs novērojamas kādas novirzes no normas. Sistēmas modulārā daba ļaus individuāli katrai situācijai izvēlēties un pieslēgt moduļus, kas atbildēs par dažādiem sensoriem, datu apstrādes algoritmiem un citiem procesiem.

Sistēmas vispārējais darbības plāns redzams attēlā ??.

1.2.1 Starpprocesu komunikācija

Lai sistēma varētu ātri reaģēt uz izmaiņām situācijā uz ceļa tai ir jānodrošina spēja darboties reālā laikā, neatkarīgi no apstākļiem un datu apjoma. Tā īstenošanai nepieciešams regulēt datu plūsmu starp procesiem tā, lai svarīgākajiem un jaunākajiem datiem būtu augstāka prioritāte. Par datu plūsmas regulēšanu starp sistēmas moduļiem atbild starpprocesu komunikācijas modulis. Šis modulis standartizē komunikāciju starp pārējiem moduļiem ļaujot tos izstrādāt atsevišķi un tādējādi nodrošinot sistēmas modulārumu. Tā pat šis modulis nodrošina ārējo komunikācijas kanālu abstrakciju (piemēram, GPRS, Ethernet), kas ļauj moduļiem izmantojot vienu protokolu sazināties gan vietējā sistēmas mezgla ietvaros, gan starp vairākiem mezgliem, kas atrodas uz dažādām fiziskām iekārtām.



Att. 1.1: Sistēmas vispārējais darbības plāns

1.2.2 Sensoru mezgli

Lai saņemtu datus no fiziskās pasaules sistēmai ir nepieciešams sazināties ar dažādiem sensoriem. Katram no ārējiem sensoriem paredzēts programmatūras modulis (draiveris), kas interpretē sensora datus sistēmai noderīgā veidā un padara tos pieejamus sistēmai pa starpprocesu komunikācijas kanālu. Piemēram, video kameras draiveris sistēmu nodrošinātu ar video kadriem, kurus vēlāk izmantotu attēlu apstrādes moduļi, bet PIR sensora draiveris sistēmu nodrošinātu ar garām pabraukušo auto skaitu vai siltuma izmaiņu datiem pēc vajadzības. Tā kā sistēma ir modulāra, tad reālos sensoru mezglus viegli aizvieto ar simulētiem sensoru mezgliem, kas ļaus pārbaudīt sistēmas darbību ar simulētiem vai ierakstītiem satiksmes datiem.

1.2.3 Aktuatori

Lai regulētu satiksmi sistēmai ir nepieciešams iedarboties uz ārējo pasauli. To nodrošina aktuatoru programmatūras moduļi (draiveri). Katram izvadam no sistēmas (piemēram, luksoforam) ir šāds draiveris, caur kuru sistēma tam nodod komandas. Šī aktuatoru abstrakcija ļaus pārbaudīt sistēmas darbību simulācijā, lietojot dažādus izvadiekārtu modeļus un simulācijas.

1.2.4 Sargsuns

Reālās sistēmās pastāv risks, ka ārēju apstākļu vai kāda kļūdas dēļ kāda sistēmas daļa pārstāj darboties pareizi. Tā kā satiksmes regulēšanas sistēmai ir jānodrošina augsts drošības līmenis, jo no tās ir atkarīga satiksmes dalībnieku drošība, tad sistēmā ir īpašs uzraudzības modulis - sargsuns. Šis modulis rūpējas par to, lai visi citi moduļi darbotos saskaņā ar iepriekš noteiktu plānu. Ja kāds modulis pārstāj darboties, tas mēģina atjaunot šī moduļa darbību un neveiksmes gadījumā ziņo par to atbildīgajam personālam. Tā pat visas sistēmas kļūdas un novirzes no paredzētās darbības tiek saglabātas sistēmas žurnālā vēlākai pārskatīšanai. Ļoti svarīga sargsuna funkcija ir pārliecināšanās, ka sistēma apmierina drošības kritērijus, piemēram, zaļā gaismas nekad nedeg vairāk kā vienā krustojuma virzienā vienlaicīgi. Ja tiek noteikta šāda kritiska drošības kritērija pārkāpšana, sistēma nekavējoties tiek pārslēgta uz drošu minimālu darbības režīmu, līdz bīstamā problēma tiek novērsta.

1.2.5 Aktuālais pasaules modelis

Sistēma vienmēr reālā laikā uztur ticamāko reālās pasaules modeli, ko tā spēj iegūt apstrādājot visus sensoru datus un citu informāciju, kas tai ir zināma par vidi kurā tā atrodas. Šis modelis var saturēt informāciju par ceļa un laika apstākļiem, statistiskiem objektiem, kā, ēkām un kokiem un kustīgiem objektiem, kā cilvēkiem un auto. Visu šo informāciju iespējams glabāt ne tikai par vietējo satiksmes mezglu, bet arī tuvumā esošajiem mezgliem, ja šāda informācija ir pieejama. Tā pat aktuālais pasaules modelis satur aktuālos sistēmas lēmumus, kas var ietekmēt šīs vai blakus esošās sistēmas turpmāko darbību. Piemēram, pasaules modelis satur informāciju, ka sarkanā gaisma degs vēl 10 sekundes, un tas sistēmai liek atzīmēt krustojumu šķērsojošos auto šajā laika intervālā, kā satiksmes noteikumu pārkāpējus.

1.2.6 Konfigurācija

Pasaules modeļa uzturēšanai ir nepieciešami ne tikai sensoru nolasītie dati, bet arī informācija par to izvietojumu un konfigurāciju. Par šo datu uzturēšanu atbild konfigurācijas modulis. Tajā glabājas aktuālā informācija par sistēmas vidi, piemēram, luksoforu un sensoru izvietojums, joslu izvietojums un platums, atļautie braukšanas virzieni un ātrums, ceļmalas barjeru, gājēju pāreju, ceļazīmju un citu svarīgu objektu novietojums un nozīme satiksmes regulēšanā. Daļu šīs informācijas sistēma var mēģināt noteikt pati, taču tās vairumu konfigurācijā ievada apkalpojošais personāls sistēmas uzstādīšanas brīdī.

1.2.7 Apstrādes spraudņi

Sistēmas modulārā uzbūve ļauj sistēmai brīvi pievienot datu apstrādes moduļus, kas izmantojot pieejamo informāciju, kā sensoru nolases datus, sistēmas konfigurāciju un aktuālo pasaules modeli aprēķina jaunus datus, kurus noglabā sev atbilstošā daļējā pasaules modelī. Piemēram, viens apstrādes spraudnis varētu izmantot video kameras uzņemtos attēlus un no tiem aprēķināt kameras redzes lauku šķērsojošo auto skaitu un novietojumu. Tā kā šai metodei ir iespējamas aprēķinu kļūdas, tad tās rezultāti tiek glabāti daļējā pasaules modelī, kurš pēc tam tiek salīdzināts ar citiem daļējajiem pasaules modeļiem un no tiem veido ticamāko aktuālo pasaules modeli.

Tāpat apstrādes spraudņi var izmantot aktuālo pasaules modeli un pieņemt lēmumu par aktuāloru darbināšanu, piemēram, luksofora gaismas pārslēgšanu. Ja šāds lēmums tiek pieņemts, spraudnis dod komandu aktuāloru draiverim, un savā daļējā pasaules modelī norāda ar augstu varbūtību, ka komanda ir izpildīta. Komandas izpilde nav pavisam droša, jo iespējams, ka aktuāloru komandu saņem, bet nespēj to izpildīt (piemēram, izdegusi luksofora zaļā gaisma) - tāpēc nepieciešami sensori, kas pārbauda, ka sistēmas dotās komandas tiek izpildītas un attiecīgi koriģē pasaules modeli.

Katrs atsevišķais apstrādes spraudnis uzlabo sistēmas precizitāti pieņemot jaunus datus vai aprēķinus, tomēr neviens no tiem nav sistēmai kritisks. Kāda spraudņa darbības pārtraukums tikai samazinās kopējo varbūtību, ka aktuālais pasaules modelis ir uzticams, tomēr sistēma varēs turpināt darboties, nepieciešamības gadījumā veicot rīcības korekcijas, lai satiksmes plūsmā saglabātu drošību.

1.2.8 Daļēji pasaules modeļi

Katra atsevišķā apstrādes spraudņa iegūtie dati tiek glabāti tam atbilstošā daļējā pasaules modelī. Šis modelis pēc uzbūves ir līdzvērtīgs aktuālajam pasaules modelim, vienīgi satur daudz mazāk informācijas. Piemēram, tas var saturēt informāciju par varbūtību ar kādu noteiktā vietā atrodas automašīna, gājējs vai kāds cits objekts. Katram daļējam pasaules modelim ir noteikts svars, kas noteikts atkarībā no tā iegūšanai izmantoto sensoru un metožu uzticamības.

1.2.9 Sapludinātājs

Iespējams vis sarežģītākā sistēmas daļa, sapludinātājs, nodarbojas ar atsevišķo daļējo pasaules modeļu sapludināšanu aktuālajā pasaules modelī. Šis modulis pieņem lēmumus par dažādu objektu atrašanās vietām un citām īpašībām balstoties uz daļējo modeļu informāciju un to uzticamību. Tā kā ne vienmēr mērījumi iespējami pilnīgi precīzi, tad sapludinātājam ir jārisina objektu lokalizācijas un citas problēmas, kas satur varbūtiskus elementus.

1.3 Kopsavilkums un secinājumi

Izstrādātajā sistēmas darbības modelī īpaša uzmanība ir pievērsta tā modulārumam, ļaujot sistēmu viegli papildināt un testēt, ātrdarbībai, nodrošinot ātru sistēmas reakciju uz mainīgajiem ceļa apstākļiem un noturībai pret kļūdām, ļaujot novērst bīstamas ceļu satiksmes situācijas, kas varētu rasties bojātu sensoru vai neparedzētu situāciju rezultātā.

1.4 Nākotnes perspektīvas

Nākamajā ceturksnī MITSView grupa plāno ieviest galvenās sistēmas sastāvdaļas un uzsākt rīku izstrādi, kas palīdzētu veikt sistēmas testēšanu.

Nodaļa 2

MITSSen grupa

Anotācija

Sensoru grupa MITS projekta piektajā etapā turpina darbus pie transporta līdzekļu detektēšanas sensoru izstrādes. Notiek darbi shēmtehnisko risinājumu izstrādē, programnodrošinājuma izstrādē, kā arī programnodrošinājuma un shēmtehnisko risinājumu testēšana un atklādošana. Turpināsi darbi bezvadu datu pārraides risinājumu izstrādē.

2.1 Ievads

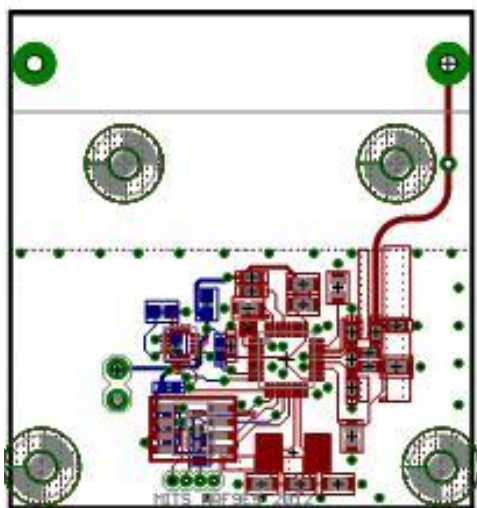
Lai sasniegtu projekta plānotos rezultātus, MITS projekta 5. etapa laikā tika turpināti darbi vairāku sensoru izstrādē. Etapa laikā tika turpināts darbs pie mikrofona matricām, PIR sensoriem, magnētiskajiem sensoriem, kā arī bezvadu sakatu risinājumi izveidē. Ir izstrādāti vairāki shēmtehniskie risinājumi, kas ietver: uz ceļa novietojamos magnētiskos sensorus (magnētiskā sensora elements HMC 5883), ceļa malā novietojamos magnētiskos sensorus (sensora elements HMC 1002 un 1001) un siltumjūtīgus sensorus. MITS projekta pamatideja ir nodrošināt transporta līdzekļu skaitīšanu minimāli iejaucoties ceļa segumā. Sensoru gadījumā šādu risinājumu var izveidot izmantojot bezvadu sakaru risinājumus. Visi iepriek minētie sensori datu sūtīšanai izmanto bezvadu sakaru risinājumus, kas balstīti uz Nordic mikrokontrolieriem. Etapa laikā tika veikti vairāki eksperimentāli mērījumi, gan poligona apstākļos, gan reālas satiksmes apstākļos.

2.2 Īstenotie risinājumi

2.2.1 Paveiktais uz brauktuves novietojama magnētiskā sensora izstrādē

Balstoties uz iepriekšējā periodā izveidoto testa maket plati ar atsevišķi, pie nRF9E5 raiduztvērēja piespraužamu HMC5883L magnētisko sensoru tika uzzīmēta iespaidplate 2.1, kas sevī ietver digitālo magnētisko sensoru(HMC5883L) un raiduztvērēju(nRF9E5). Izmantojamais sensors tiks pielietots kā invazīvs risinājums, iestrādāts ceļa segumā, priekš automašīnu detektēšanas. Modulis veidots ar mērķi iegūt mazāku izmēru, lai sensora iestrāde ceļa segumā būtu vienkāršāka. Moduļa izmēri ir 42x45mm, to ierobežo antenas izmēri. Platē paredzēta vieta divām tipa antenām pēc izveles, 'pulse helical wire' un 'helical wire'. Pirmā tipa antena ir uztīta uz plastmasas materiāla, kas kalpo antenas salāgošanai, tāpēc to var novietot tuvāk pie iespaidplates zemes slāņa, savukārt otra 'helical wire' antena nav salāgota, tāpēc konstrukcijā paredzēts to novietot tālāk, kas arī palielina plates izmērus. Šāda konstrukcija veidota lai iegūtu optimālu bezvadu datu pārraides sistēmu, pēc vajadzības iespējams otrā tipa antenas paredzēto stiprinājuma vietu atdalīt no plates.

Par savācēj iekārtu tiek izmantota iepriekšējā periodā izmantotā iespaidplate ar nRF9E5 raiduztvērēju, kurš pieslēgt pie datora izmantojot USB UART pārveidotāju. Programmatūras izstrāde veikta balstoties uz jau esošo iestrādi datu komunikācijas nodrošināšanā ar sensoru moduļiem. Izmantojot Keil uvision C valodā priekš NordicSemi nRF9E5 raiduztvērēja iebūvētā 8051 mikro kontroliera tika uzrakstīta programma magnētisko sensoru HMC5883L vadībai un datu savākšanai. Starp sensoru un bezvadu moduli datu apmaiņa notiek izmantojot I2C interfeisu. Mikrokontrolieris sūta vadības komandas sensoram, pretī saņemot mērījumu datus un pārsūtot tos pa bezvadu sakaru kanālu 434MHz frekvenču

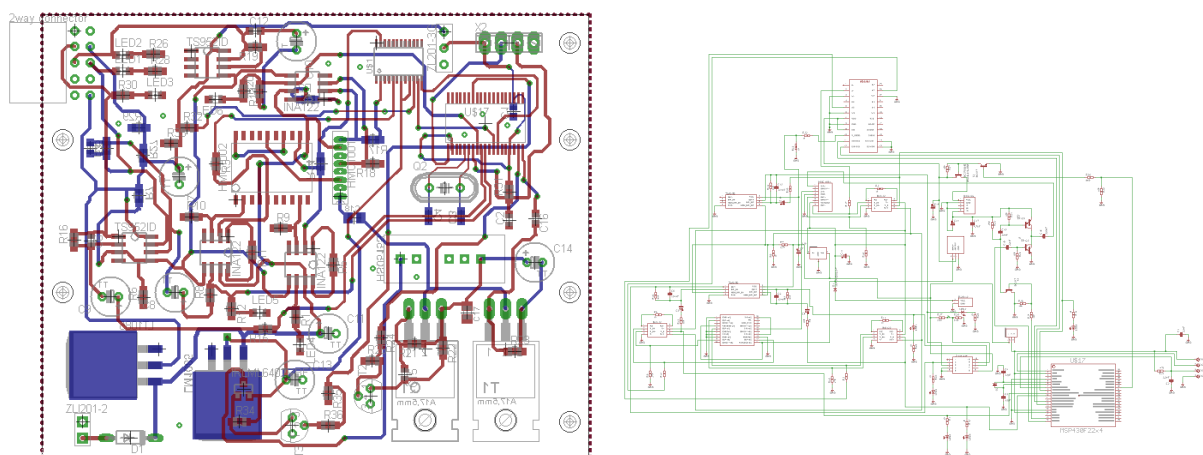


Att. 2.1: Ciparu magnētiskā sensora HMC5883L iespiedplate

joslā. Ciparu magnētiskais sensors tiek iestatīts vienreizējās nolasīšanas režīmā ar atkārtošanās frekvenci 209Hz, kā arī var tikt izmantots nepārtrauktais režīms ar 75Hz nolasīšanas frekvenci. Tika izveidotas divas programmas modifikācijas katram no režīmiem, kas sevī ietver arī bezvadu pārraides protokola pielāgošanu. Programmatūras un bezvadu komunikācijas testēšanas nolūkā tika veikti mērījumi slēgtā poligonā izmantojot maketplati. Mērījumi veikti novietojot magnētisko sensoru ar raiduztvērēju uz ceļa virsmas, automašīnai pārvietojoties ar 20, 50 un 80km/h. Testa modulim tika izmantots chip antenas risinājums, kurš nodrošināja stabilu bezvadu datu pārraides kanālu tikai 10m attālumā (tiešā redzamība), tapēc projektējot iespiedplati tika izmantīts antenas risinājums uz helical wire, kurš laboratorijas testos parādīja daudz labāku rezultātu (70m attālumu).

2.2.2 Paveiktais brauktuves malā novietojama magnētiskā sensora izstrādē

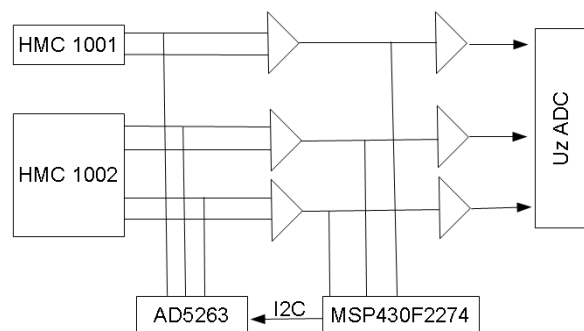
Lai nodrošinātu HMC1001 un HMC 1002 magnētisko sensoru automātisko kalibrāciju, izstrādāts jauns shēmatehniskais risinājums (PCB). Magnētisko sensoru automātiskās kalibrācijas nodrošināšana nepieciešama, lai sensora diferenciālo izejas signālu izejas līmeņi būtu vienādi. Līdz šim diferenciālās



Att. 2.2: Brauktuves malā novietojama magnētiskā sensora PCB risinājums

izejas tika saskaņotas izmantojot manuāli regulējamu potenciometru, kas ir neērts risinājums, jo diferenciālās izejas sprieguma atšķirība mainās laikā, kā arī atkrībā no sensora temperatūras un, veicot mērījumus, nepieciešams ik pa laikam veikt sensora kalibrāciju. Lai šo trūkumu novērstu, izstrādāta shēma, kas veic automātisku diferenciālās izejas kalibrāciju. Izveidotais PCB risinājums redzams

2.2 attēlā. Brauktuves malā novietojamā magnētiskā sensora automātiskās kalibrācijas principiālā blokshēma un izmantojamie kontrolieri redzami 2.3 attēlā. Automātisko kalibrāciju nodrošina ciparu potenciometrs AD5263, kura vadība tiek veikta izmantojot I2C saskarni. Lai veiktu automātisko

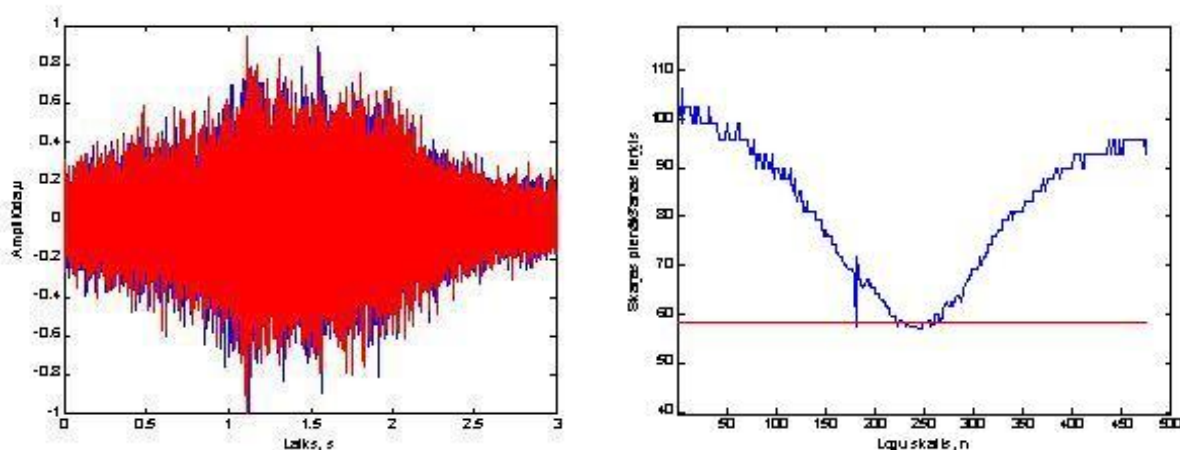


Att. 2.3: Brauktuves malā novietojama magnētiskā sensora blokshēma automātiskās kalibrācijas nodrošināšanai

kalibrāciju, pēc diferenciālā pastiprinātāja jānosaka signāla sprieguma līmenis. Šo uzdevumu veic ar mikrokontroliera msp430f2274 palīdzību. Sprieguma līmenim atšķiroties no noteiktā lieluma (magnētiskā sensora gadījumā 0,8 V), tiek veikta ciparu potenciometra nominālu izmaiņa atbilstoši izejas sprieguma līmeņa nodrošināšanai. Izstrādājot diferenciālā pastiprinātāja izejas soprieguma mērīšanas programmatūru, jāņem vērā transporta līdzekļu radītās signāla svārstības, kas ir ārpus noteiktā "nulles" līmeņa.

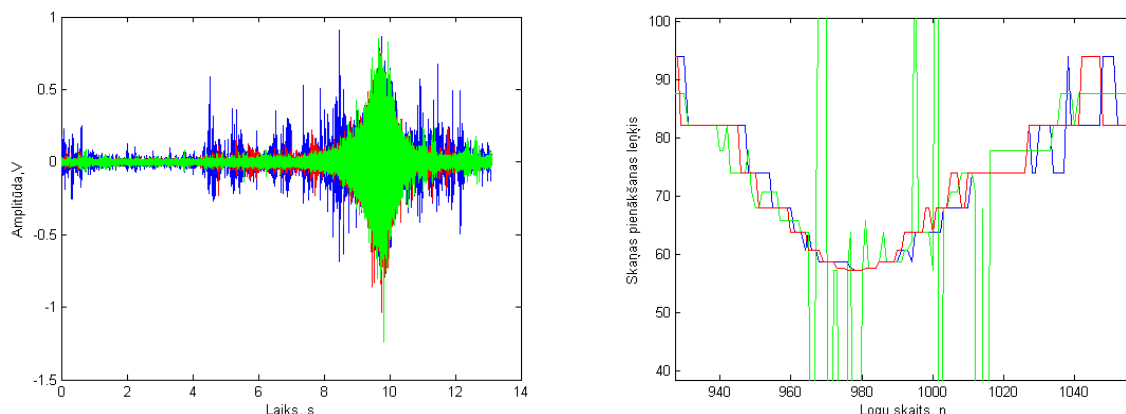
2.2.3 Paveiktais automašīnas kustības noteikšanā izmantojot mikrofonu matricu

Iepriekšējā periodā tika izstrādāts mikrofonu matricu savācēj iekārta ar AD1974 analogo ciparu pārveidotāju. Šajā periodā tika veikti skaņas ieraksti uz ceļa ar reālu automašīnu plūsmu, dažādos apstākļos uz šosejas, kā arī slēgtā poligonā. Izveidotā skaņas ierakstīšanas un savākšanas sistēma dod kvalitatīvāku rezultātu nekā iepriekšējā. Attēlā 2.4 redzami grafiki ar jaunizveidoto sistēmu, 2.5 attēlā ar iepriekšējā periodā izmantoto savācējiekārtu. Izmantojot jauno ierakstīšanas sistēmu ar AD1974 ACP redzams, ka vairs nerodas asi pīķi aprēķinot skaņas pienākšanas leņķi attiecībā pret mikrofoniem, kas izskaidrojams ar lielāku analogā ciparu pārveidotāja diskretizācijas frekvenci, kas sastāda 48kHz, iepriekšējā iekārta nodrošināja 15kHz.



Att. 2.4: Ar AD1974 ierakstītie 3 mikrofonu signāli un skaņas pienākšanas leņķis

Eksperimentu rezultātā tika konstatēts ka automašīnas stiprākās, raksturīgākās trokšņa spektra komponentes atrodas diapazonā no 8-15kHz un ir atkarīgas no automašīnas kustības ātruma, ceļa

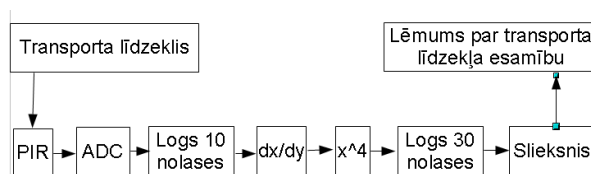


Att. 2.5: Ar NI6009DAQ ierakstītie 3 mikrofonu signāli un skaņas pienākšanas lēņis

seguma un riepu tipa. Testa ieraksti tika veikti uz ceļa ar 3 automašīnu kustības joslām vienā virzienā, kur vidējais ātrums sastāda 80km/h. Dzinēja radītajam troksnim ir zems līmenis attiecībā pret riepu radīto troksni automašīnai atrodoties kustībā, līdz ar to nosakot skaņas pienākšanas lēņi svarīgākais ir tieši riepu radītais troksnis. Ar Matlab tika veikta signālu filtrācijas izmantojot iebūvētu sptool filtru izveides rīku. Tika veikti arī testi slikta laika apstākļos ar stipru vēju, kuri parādīja lielu vēja trokšņa klātbūtni ierakstītajā signālā. Izveidotā mikrofonu matricu mehāniskā konstrukcija sastāv no plastmasas loksnes, pie kuras pistirpināti mikrofoni, stiprā vēja gadījumā šī konstrukcija sāk vibrēt, kā arī pašiem mikrofoniem nav izveidots aizsargs no porlona vai kāda cita slāpējoša materiāla, kas pastiprina vēja radītā trokšņa nonākšanu mikroфона mehāniskajā konstrukcijā.

2.2.4 Paveiktais transporta līdzekļu detektēšanā, izmantojot siltuma sensorus

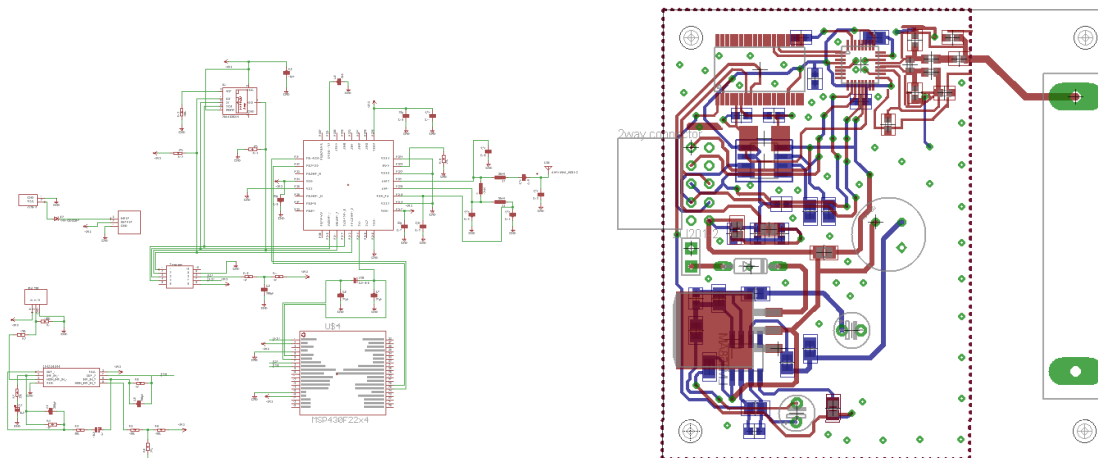
Siltuma jūtīgu sensoru (PIR) izmantošanai transporta līdzekļu detektēšanā ir veikti eksperimenti reāla ceļa apstākļos. Atšķirībā no iepriekšējiem projekta izpildes etapiem, šajā etapā notikumu detektēšana tika veikta ar mikrokontroliera palīdzību (neizmantojot datoru). Tika izstrādātā programmatūra, kas veic PIR sensora datu apstrādi un filtrāciju, kā arī nosaka transporta līdzekļa esamību uz brauktuves. Eksperimentiem tika izveidots makets, kas sastāv no vairākiem atsevišķiem moduļiem: iepriekš izveidota PIR sensora un mikrokontroliera. Mikrokontrolieris datus par auto esamību sūta uz datoru. Datu sūtīšanai uz datoru, eksperimentālajai versijai tika izmantota UART saskarne. Transporta līdzekļu skaitīšanai tika izveidota programmatūra Labview vidē. Transporta līdzekļu detektēšanas algoritms redzams 2.6 attēlā. Izveidotais risinājums tika testēts reālos ceļa apstākļos. Eksperimenta laikā PIR



Att. 2.6: Transporta līdzekļa siltuma satrojuma detektēšanas algoritms

sensors tika novietots virs brauktuves. Pirmajā mēģinājumā no 100 automašīnām, kuras eksperimenta laikā pabrauca zem sensora, tika saskaitītas 104 transporta vienības. Dažas smagā transporta vienības tika saskaitītas kā divi notikumi, jo garam transporta līdzeklim braucot rodas gaisa masas virpuļi, kā arī dēļ lielā attāluma, salīdzinot ar vieglo transporta līdzekli, starp starp riteņu asīm. Lai šo trūkumu novērstu, tika palielināts zemo frekvenču nogriešana sliekšnis. Veicot atkārtotu eksperimentu, no 125 transporta vienībām tika atpazītas 124. Otrajā eksperimentā divi tuvu braucoši transporta līdzekļi (viegla automašīna un mikroautobus) tika saskaitīti kā viens, jo attālums starp objektiem

bija aptuveni 2 metri, kas nav pietiekami atsevišķu transporta līdzekļu izdalīšanai. Tika veikti arī eksperimenti, novietojot PIR sensoru brauktuves malā. Šajā gadījumā PIR sensors tika pozicionēts uz tuvāko braukšanas joslu (divu joslu brauktuve katrā virzienā). Eksperimentā no 30 transporta vienībām detektēja 30. Veiktie eksperimenti parāda, ka izveidotais algoritms ir derīgs transporta līdzekļu detektēšanai. Visi eksperimenti tika veikti ārpus apdzīvotām vietām, kur transporta kustības maksimālais ātrums ir noteikts 90 km/h. Pēc veiktajiem eksperimentiem tika izstrādāts situma sensora PCB risinājums 2.7, kas ietver bezvadu datu sūtīšanu. Izveidotais PCB risinājums ietver

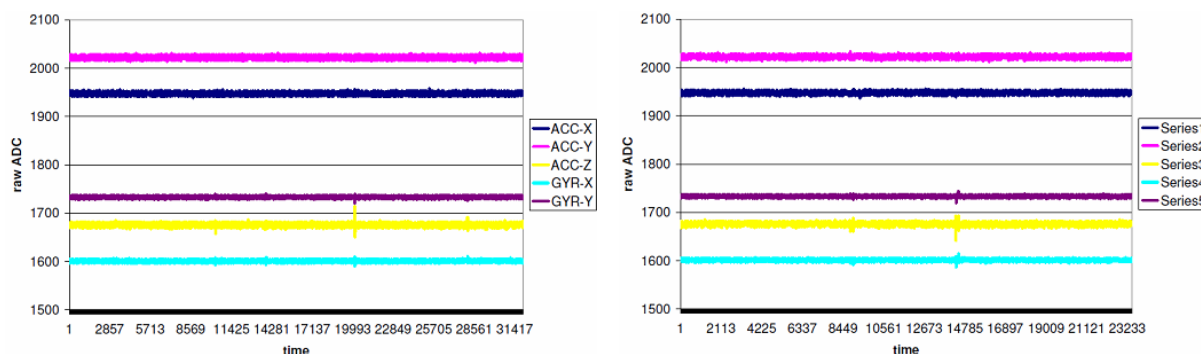


Att. 2.7: PIR sensora shēmatiskais risinājums

mikrokontrolieri, kurš veic analogā signāla ciparošanas, filtrācijas, kā arī sliekšņošanas funkcijas, kā arī nosūta informāciju par detektēto transporta līdzekli uz radio daļu, kas ir veidota izmantojot Nordic bezvadu sakaru nodrošināšanas risinājumus, analogo PIR sensora signāla pastiprinājuma ķēdi, EEPROM atmiņu NRF9E5 programatūras ielādei.

2.2.5 Žiroskopa un trisasu akselerometra izmantošana kustībā esošu transporta līdzekļu detektēšanai.

Izpildot MITS projekta uzdevumus, tika veikti eksperimenti ar akselerometru ar mērķi noskaidrot izmantošanas iespējas MITS punkta prototipa risinājumā. Shēmatiskie risinājumi akselerometra un žiroskopa sensoru izveidei tika izmantoti ESF 1.1.1.2. aktivitātes projekta VieSenTis iegūtie rezultāti un zināšanas. Eksperimenta uzstādījumi: Auto Nr1 Audi 80 Avant (riteņu bāze 2611mm) Auto Nr2 Volvo S60 (riteņu bāze 2714mm) Sensors Nr1 3D akselerometrs ADXL335 Sensors Nr2 2D žiroskops

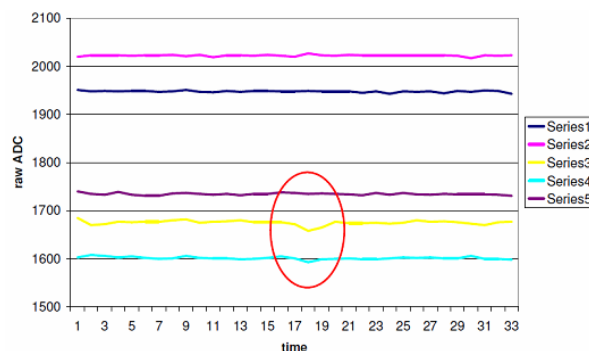


Att. 2.8: Mērījumu dati no 3D akselerometra un 2D žiroskopa

Mērījumos izmantotie sensori ievietoti ceļa segumā starp auto riteņu sliedēm, datu nolasīšana tiek veikta ar 68Hz frekvenci. Pirmā datu ieguves seansa ilgums ir 838 sekundes (14minūtes). Dati no sensoriem redzami attēlos 2.8, kur pirmajā attēlā redzami dati no 1 līdz 487 sekunde, savukārt otrajā

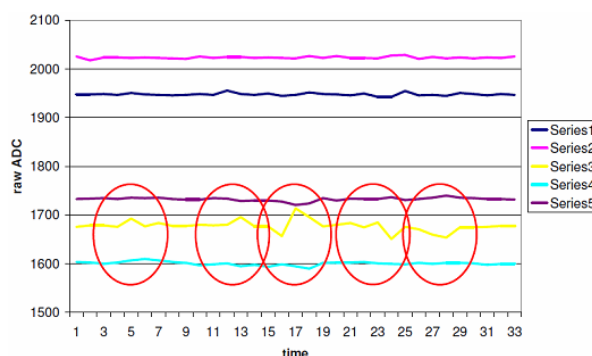
no 488 līdz 838 sekundei. Kā redzams, tad akcelerometra X un Y asu datus izteiktu notikumu fiksēšana nav konstatējama, savukārt Z ass datus ir redzama atsevišķu notikumu fiksēšana, kuri daļēji un mazākā mērā redzami arī žiroskopa X un Y asu datus.

Lai noskaidrotu, vai iepriekš minētais eksperimenta uzstādījums ļauj iegūt datus, uz kuru pamata būtu iespējams noteikt transporta līdzekļu kustību tiešā sesnoru tuvumā, tika sīkāk analizēti pieci notikumi, kas fiksēti akcelerometra Z ass datus.



Att. 2.9: Sensoru fiksētie notikumi pārbraucot automašīnai

Attēlā 2.9 akcelerometra Z ass raw vērtības uz vienas nolases laiku samazinās līdz 1658, kas redzams attēlā 2.9. Divi secīgi notikumi ar nelielu laika intervālu netiek konstatēti, līdz ar to dati transporta līdzekļa ātruma aprēķinam nav pieejami.



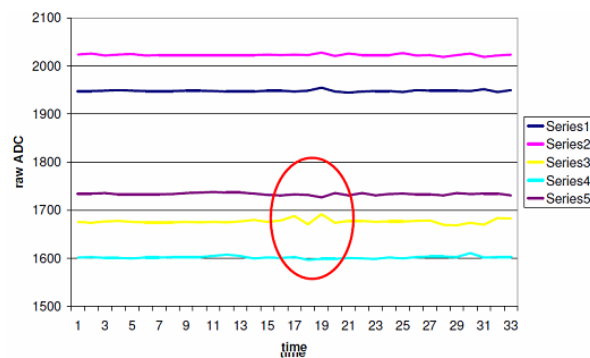
Att. 2.10: Sensoru fiksētie notikumi pārbraucot automašīnai

Attēlā 2.10 akcelerometra Z ass raw vērtība 0,34 sekunžu laikā svārstās piecas reizes ar sekojošām maksimālajām vērtībām - 1693 (1), 1696 (2), 1657, 1714, 1696 (3), 1651 (4), 1654 (5). Divi izteikti secīgi notikumi ar nelielu laika intervālu netiek konstatēti, līdz ar to dati transporta līdzekļa ātruma aprēķinam nav pieejami.

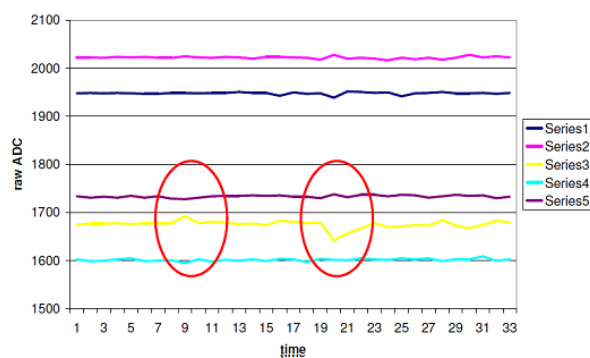
Attēlā 2.11 akcelerometra Z ass raw vērtība 0,03 sekunžu laikā svārstās divas reizes ar sekojošām maksimālajām vērtībām - 1688 (1), 1692 (2). Lai arī ir redzami divi secīgi notikumi, laika intervāls ir pārāk mazs, lai tos attiecinātu uz divām secīgām transporta līdzekļa asīm, līdz ar to transporta līdzekļa ātruma aprēķins netiek veikts.

Attēlā 2.12 akcelerometra Z ass raw vērtība 0,165 sekunžu laikā svārstās divas reizes ar sekojošām maksimālajām un minimālajām vērtībām - 1693 (1), 1642 (2). Ņemot par pamatu vidējo abu auto riteņu bāzes izmēru 2669mm, tiek aprēķināts transporta līdzekļa kustības ātrums 58,10km/h.

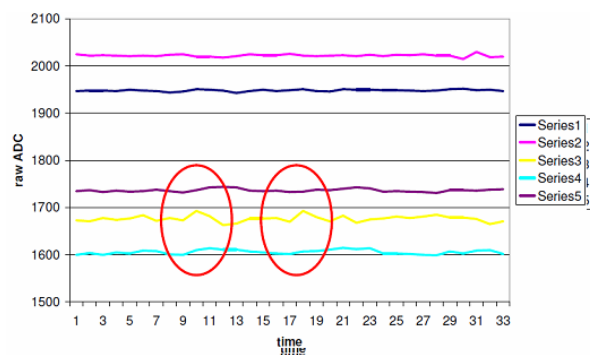
Attēlā 2.13 akcelerometra Z ass raw vērtība 0,12 sekunžu laikā svārstās divas reizes ar sekojošām maksimālajām vērtībām - 1693 (1), 1693 (2). Ņemot par pamatu iepriekš minēto vidējo abu auto riteņu bāzes izmēru, tiek aprēķināts transporta līdzekļa kustības ātrums 79,89km/h. Otrā datu ieguves seansa ilgums ir 18 sekundes. Dati no sensoriem redzami attēlā 2.14. Seansa laikā tika veikta cilvēka lēkšana pa ceļa segumu tiešā sensora tuvumā(1m rādiusā ap ceļa segumā ievietotajiem sensoriem).



Att. 2.11: Sensoru fiksētie notikumi pārbraucot automašīnai



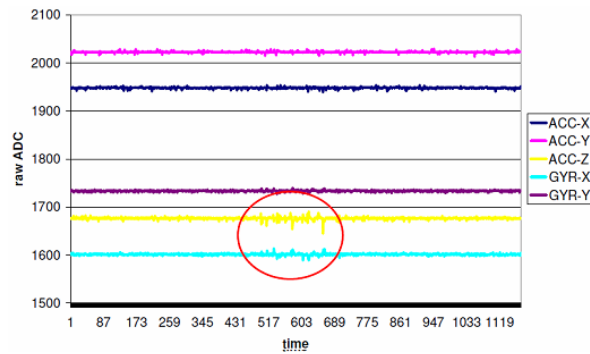
Att. 2.12: Sensoru fiksētie notikumi pārbraucot automašīnai



Att. 2.13: Sensoru fiksētie notikumi pārbraucot automašīnai

2.3 Kopsavilkums un secinājumi

Projekta 5. atskaides periodā tika izstrādātas programmas magnētiskā sensora vadībai izmantojot raiduztvērēju nRF9E5, kā arī savācējiekārtai. Uzzīmēta iespiedplate ciparu magnētiskajam sensoram, kuru paredzēts iestrādāt ceļa segumā. Veikti mērījumi ar mikrofonu matricu reālas automašīnas plūsmas apstākļos uz lielceļa. Veikta ierakstīto signālu analīze, izdalīts automašīnu riepu radītais raksturīgais troksnis izmantojot Matlab sptool filtru veidošanas rīku. Veikta shēmtēhnikas risinājumu izstrāde magnētisko un PIR sensoru risinājumiem. Veikti vairāki eksperimenti automašīnu skaitīšanai, izmantojot PIR sensorus, kā arī veikti eksperimenti ar akselerometriem un žiroskopiem transporta līdzekļus etektēšanai ar mērķi noteikt aptuvenu masu. Pēc veiktajiem eksperimentiem redzams, ka akselerometrs un žiroskops ir izmantojams transporta līdzekļu detektēšanā, taču iegūstamie rezultāti nav tik precīzi kā, piemēram magnētiskā vai PIR sensoru gadījumā. Akselerometra un žiroskopa rādījumus stipri ietekmē grunts, kurā abi minētie sensori novietoti, īpašības, kas savukārt liek veikt kalibrāciju katrā konkrētā sensoru lokalizācijas vietā. Pēc veiktajiem eksperimentiem secināms, ka transporta līdzekļu



Att. 2.14: Sensoru fiksētie notikumi pārbraucot automašīnām

masas noteikšana izmantojot šos sensorus nedod vēlamos rezultātus.

2.4 Nākotnes perspektīvas

Turpmāk nepieciešams veikt mērījumus ar izveidoto HMC5883 magnētisko sensoru, noteikt attālumu, kurā ceļā iestrādātais sensors nodrošina bezvadu datu komunikāciju. Mikrofonu matricu virzienā jāstrādā pie operatīvā transporta identifikācijas un kustības virziena noteikšanas. Jāizveido makets ar 9 mikrofoniem (3x3), kurš paredzēt novietošanai brauktuves malā virs automašīnu kustības ar virziendarbības un noteiktu uz brauktuves jūtīgo zonu implementāciju ar mērķi identificēt kustīgas automašīnas vairākās braukšanas joslās. Nepieciešams izveidot programmatūru brauktuves malā novietojamā magnētiskā sensora diferenciālās zīejas sprieguma līmeņa noteikšanai.

Nodaļa 3

MITSimPro grupa

Anotācija

Attēlu apstrādes grupa MITSimPro atskaites periodā veikusi uzlabojumus automašīnu atklāšanas metodē. Uzlabojumiem bija divi virzieni – metodes precizitātes uzlabošana, papildinot esošos atklāšanas parametrus un ieviešot jaunus blokus algoritmā, kā arī metodes efektivitātes uzlabošana, jau īstenotos algoritma blokus pārveidojot tādējādi, lai tie pieprasītu mazākus skaitļošanas resursus. Visi izstrādātie uzlabojumi īstenoti C++ kodā.

3.1 Paveiktais

Pārskata periodā tika uzlaboti un īstenoti vairāki algoritma posmi, padarot to precīzāku un efektīvāku:

- Papildināti intervālu slēgšanas nosacījumi, iekļaujot tajos jaunu parametru – ceļam neatbilstošu robežu esamība iespējamās automašīnas kontūra (sānu) apgabalos (nodaļa 3.2.1).
- Uzlabota automašīnu ātruma noteikšana, apvienojot pozitīvās īpašības no divām iepriekš īstenotām metodēm (nodaļa 3.2.2).
- Izstrādāta efektīva metode kameras izkustēšanas atklāšanai (nodaļa 3.2.3)
- Veikta optimizācija kopējā algoritma C++ kodā, padarot to efektīvāku, ātrāku.
- Iesākta patenta un publikācijas gatavošana par izstrādāto automašīnu detektēšanas metodi, izmantojot video apstrādi.

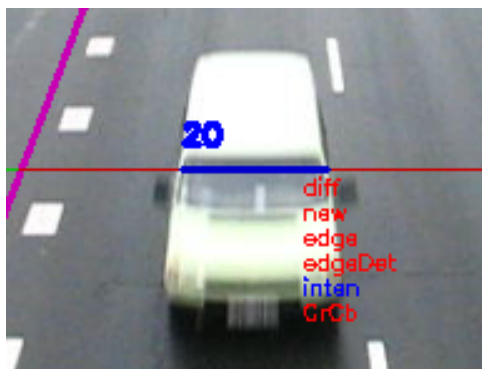
3.2 Īstenotie risinājumi

3.2.1 Intervāla slēgšanas nosacījumu papildināšana

Iepriekš veiktos testos ar izveidoto automašīnu atklāšanas algoritmu konstatēts, ka ar līdz šim lietotajiem parametriem (intensitāte, krāsa, robežas) var nepietikt, lai noturētu intervālu eksistējošu, līdz mašīna ir izbraukusi no pētāmās līnijas. Iespējami gadījumi, kad mašīna apstājusies brīdī, kad uz līnijas atrodas tās vējstikls, kā parādīts attēlā 3.1. Ja pētāmā ceļa segums ir asfalts, tad bieži vējstikla tumšais tonis un krāsa maz atšķiras no uzkrātā fona. Sarkanie vārdi attēlā zem intervāla rāda, ka lielākā daļa parametru nenorāda uz mašīnas esamību uz līnijas. Viens vidēji stiprs parametrs (zils) konkrētajā piemērā ir intensitāte, kas nav pietiekams nosacījums, lai noturētu intervālu. Attēlā parādītajā gadījumā intervāls tāpat tiek uzturēts tikai pateicoties iestrādātajai 3 kadru aizturei – ja mašīna apstātos šādā stāvoklī vismaz uz 3 kadriem, tad intervāls tiktu slēgts.

Pārsvārā gadījumos uz vējstikla, tāpat kā uz vienmērīga ceļa seguma, nav izteiktu robežu, līdz ar to arī šis parametrs nav pietiekams, lai konkrētajā situācijā intervāls netiktu slēgts. Tomēr robeža starp vējstiklu (automašīnu) un ceļu arī šajos gadījumos var būt izteikta, tādēļ, kā papildus parametrs, tiks lietota izteiktu robežu esamība eksistējošā intervāla galos. Iepriekš lietotais robežu parametrs tika skatīts visā intervāla apgabalā.

Robežu iegūšana un sliekšņošana mūsu algoritmā jau tiek veikta (robežu parametrs visā intervāla apgabalā), tādēļ papildus robežu parametra izmantošanai atsevišķa pikseļu apstrāde nav vajadzīga. Ir nepieciešams tikai definēt, ka jau sliekšņotā robežu līnijā, sliekšni pārvarējušie pikseļi tiek skatīti tikai konkrētos intervāla apgabalos, kuros atrodas robežas starp iespējamo mašīnu un ceļu. Šie apgabali ne



Att. 3.1: Vēstikls uz detektējošās līnijas

vienmēr atrodas pētāmā intervāla pašos galos, jo, atšķirībā no automašīnas reālā kontūra uz līnijas, intervāls nemazina savu izmēru (šī brīža izpildījumā intervāls var tikai paplašināties, palikt nemainīgs, vai tikt slēgts). Šis apstāklis noved pie vajadzības iegūt reālo mašīnas platuma novērtējumu.

Iespējamās automašīnas platuma novērtējums mūsu risinājumā tiek balstīts uz kustības detektēšanu. Tiek lietota, jau iepriekš algoritmā iegūtā, ar divām sliekšņiem apstrādātā, blakus kadru starpības līnija. Pētāmā intervāla apgabalā tiek analizēti sliekšņotās starpības līnijas pikseļi. Gadījumā, kad gan pirmais, gan pēdējais šīs līnijas pikselis intervāla apgabalā (intervāla galos) ir pārvarējis sliekšņus, tiek pieņemts lēmums, ka mašīnas kontūrs uz detektēšanas līnijas nav samazinājies. Ja intervāla galos (katrā atsevišķi) netiek detektēta kustība, tiek apskatīta iespēja par kontūra sašaurināšanos konkrētajā intervāla galā. Piemēram, ja intervāla kreisajā pusē, tātad uz pirmā intervāla pikseļa netiek atklāta kustība, secīgi tiek skatīti pikseļi pa labi no sākotnējā. Tuvākais pikselis, kas pārvarējis sliekšņus tiek pieņemts par mašīnas kontūra jauno robežu.

Šāda pieeja var būt kļūdaina, gadījumos, kad tikai daļa no kustībā esošas automašīnas tiek detektēta kā kustīga, vai, kad automašīna ir apstājusies un par tās kontūru var tikt nosaukts kāds trokšņa dēļ sliekšni pārvarējis pikselis ne uz mašīnas robežas. Tādēļ algoritms tika papildināts, iestrādājot tajā nosacījumu, ka mašīnas kontūrs kadra laikā nevar samazināties pārāk strauji. Papildinātajā variantā, ja intervāla galos netiek detektēta kustība, un tiek atrasta jauna iespējamā mašīnas kontūra robeža, šīs jaunās robežas atrašanās vieta tiek salīdzināta ar atrasto robežas koordināti iepriekšējā kadrā. Ja starp robežām attālums ir lielāks par 15 pikseļiem, tad robežas koordināte netiek mainīta uz jauno. Šī pieeja ietver risinājumu gan gadījumam, kad iespējamā mašīna ir apstājusies un kontūrs līdz ar to nav jāsasašina, kā arī gadījumam, kad kādu kadru skaitu mašīnas apgabals tuvu robežai netiek detektēts kā kustīgs objekts. Ja, pēdējā gadījumā, pēc vairākiem kadriem mašīnas kontūra robežas apgabalā atkal tiek detektēta kustība, robeža var bez krasiem lēcieniem mainīties no iepriekš atrastās, saglabātās pozīcijas.

Kad ir zināma iespējamās automašīnas kontūra atrašanās vieta eksistējošā intervāla apgabalā, tiek meklēts, vai šo kontūru apgabalā ir zīmīgas, no tukša ceļa atšķirīgas robežas, izmantojot sliekšņoto robežu līniju. Katrā mašīnas pusē (labajā un kreisajā), sākot no kontūra robežas, tiek skatīts apgabals, kas ir $1/6$ no mašīnas platuma. Ja, piemēram, kreisās puses apgabalā vairāk kā $2/3$ robežu līnijas pikseļu ir pārvarējuši sliekšni, tiek uzskatīts, ka ir atrasta kreisā automašīnas robeža. Ja atrasta tikai viena no divām robežām, tiek uzskatīts, ka kontūra robežu parametrs vidēji ticami norāda uz automašīnas atrašanos intervālā, savukārt, ja atrastas abas robežas, parametrs ir ticams. Jaunais intervāla slēgšanas parametrs iestrādāts programmā, papildinot iepriekš izmantoto parametru klāstu (intensitāte, krāsa robežas visa intervāla apgabalā).

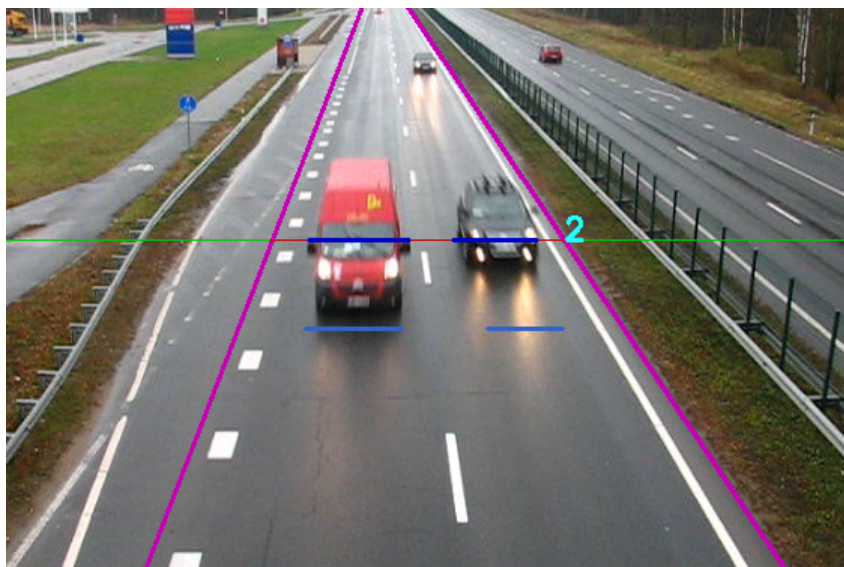
3.2.2 Automašīnu ātruma noteikšanas algoritma uzlabošana

Iepriekšējās atskaitēs jau tika aprakstītas divas metodes mašīnu ātruma noteikšanai, izmantojot video apstrādi. Viena no metodēm ir efektīvāka pret skaitļošanas jaudām. Metodē, iepriekšējā kadrā saglabātā intensitātes līnija (nogrieznis) intervāla apgabalā tiek salīdzināta ar vairākiem tāda paša platuma nogriežņiem zem detektējošās līnijas intervāla, meklējot, cik pikseļus uz leju ir līdzīgākais nogrieznis. Metodes trūkums ir tas, ka tā lietojama tikai gadījumos, kad mašīnu kustība ir paralēla attēla (kameru) plaknes Y (attēls 3.3). Konkrētajā gadījumā mašīnas kustībai jābūt arī Y ass (kadrā uz leju) virzienā, lai gan virziena zīmes ierobežojums viegli maināms, piemēram, rotējot kadru pirms apstrādes par 180

grādiem. Otrajā metodē izmantota optiskās plūsmas analīze, kas ņem vērā to, ka dēļ kadrā redzamās perspektīvas mašīnas paliek lielākas braucot tuvāk kamerai, kā arī to trajektorijas var nebūt mainīgas tikai pa Y asi tās pašas perspektīvas dēļ. Šī problēma kļūst sevišķi aktuāla, ja kamera nav novietota virs ceļa, bet gan tam sānos. Optiskās plūsmas analīze gan ir krietni prasīgāka pret skaitļošanas resursiem, kas mūsu, citādi pret resursiem efektīvā, algoritmā ir būtisks trūkums.

Šajā pārskata periodā tika uzlabota metode, kas nelieto optisko plūsmu, piešķirot tai iespēju ņemt vērā kadrā redzamo perspektīvu, tajā pat laikā būtiski nepalielinot tās izpildei nepieciešamo skaitļošanas jaudu.

Uzlabotajai metodei nepieciešama manuāla kalibrēšana – pirms automašīnu atklāšanas programmas darbības ir nepieciešams ievadīt kadrā redzamā ceļa koordinātes. Kameras plaknē redzamais ceļš (taisna ceļa apgabals) visbiežāk ir trapece. Iestādāmās koordinātes ir četri skaitļi: *TL* - kadra 1. rindas kolonna, kas atbilst ceļa kreisajai malai (vai tās pagarinājumam); *TR* - kadra 1. rindas kolonna, kas atbilst ceļa labajai malai; *BL* - kadra pēdējās rindas kolonna, kas atbilst ceļa kreisajai malai; *BR* - kadra pēdējās rindas kolonna, kas atbilst ceļa labajai malai. No ievadītajiem lielumiem izveidojas trapece, kuras piemērs, kur redzamas trapeces sānu malas, parādīts attēlā 3.2.



Att. 3.2: Iestādītās ceļa koordinātes (līnijas ceļa malā) un automašīnām atbilstošo intervālu nobīdīšanās perspektīvas dēļ 60 rindu attālumā

Iestādītās ceļa koordinātes tiek ņemtas vērā, kad tiek noteikts automašīnas ātrums. Atkarībā no automašīnas atrašanās vietas uz ceļa (intervāla koordinātes), ātruma noteikšanai nepieciešamie salīdzināšanas nogriežņi, kas atrodas zem intervāla, netiks obligāti ņemti precīzi ar tām pašām X ass koordinātēm, kā sākotnējais intervāls. Ņemot vērā ceļa perspektīvu un mašīnu, kas brauc pa nemainīgu joslu, kustību horizontālā (X ass) virzienā, salīdzināšanas nogriežņi tiks ņemti ar koordinātu nobīdi uz kādu no X ass virzieniem. Attēlā 3.2 parādīts, kā salīdzināmais nogrieznis ir nobīdīts attiecībā pret izveidoto intervālu 60 rindas uz leju no tā. Mašīnai kreisajā kadra daļā nobīde ir neliela, savukārt mašīnai pa labi nobīde ir izteiktāka un tā ir uz labo kadra pusi. Ja kāda automašīna brauktu kadra kreisajā pusē pa ceļa palīgjoslu, tai atbilstu nobīde uz kreiso pusi.

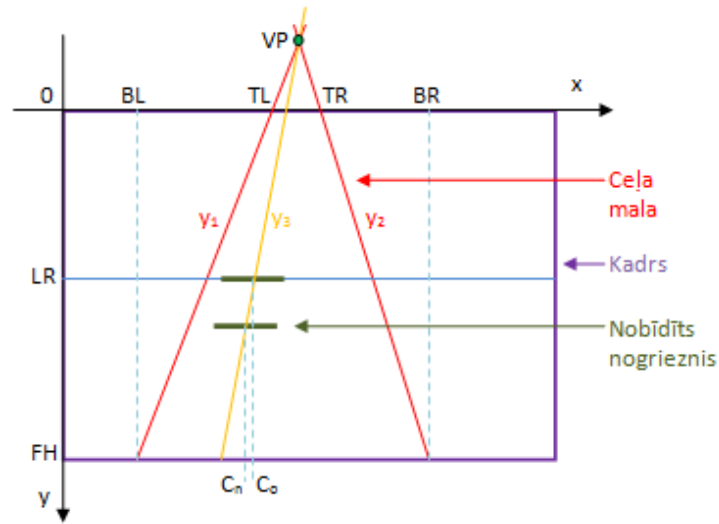
Katrai no 60, par intervālu zemāk esošajām, rindām, jāatrod jaunā, nobīdītā salīdzināšanas nogriežņa koordināte. Šo nobīdīto nogriežņu viduspunktus, zinot kadra parametrus un iestādītās ceļa koordinātes, atrod pēc formulām (3.1 -3.10). Formulas izmantotie parametri parādīti attēlā 3.3.

Ceļa sāniem atbilstošās līnijas (attēls 3.2) var aprakstīt ar līnijas vienādojumu:

$$y = a + b \cdot x, \quad (3.1)$$

Abu līniju y_1 un y_2 koeficienti atrodami sekojoši:

$$a_1 = -\frac{FH \cdot TL}{BL - TL}, \quad (3.2)$$



Att. 3.3: Salīdzināšanas nogriežņu viduspunkta atrašana, ņemot vērā kadrā redzamo perspektīvu

$$b_1 = \frac{FH}{BL - TL}, \quad (3.3)$$

$$a_2 = -\frac{FH \cdot TR}{BR - TL}, \quad (3.4)$$

$$b_2 = \frac{FH}{BR - TL}, \quad (3.5)$$

kur FH – kadra augstums (rindu skaits).

No koeficientiem tiek atrasts abu līniju saplūšanas punkta koordinātes (VP_x, VP_y):

$$VP_x = \frac{a_2 - a_1}{b_1 - b_2}. \quad (3.6)$$

$$VP_y = a_1 + b_1 \cdot \frac{a_2 - a_1}{b_1 - b_2}. \quad (3.7)$$

Saplūšanas punkts tālāk ļauj atrast līnijas koeficientus (a_3, b_3), kura iet caur saplūšanas punktu un caur pētāmā intervāla viduspunktu. Salīdzināšanai meklējamo nogriežņu viduspunkti arī atradīsies uz šīs līnijas, to nobīdes lielums būs atkarīgs no līnijas slīpuma attiecībā pret Y asi. Meklējamās līnijas koeficienti:

$$b_3 = \frac{VP_y - LR}{VP_x - C_o}, \quad (3.8)$$

$$a_3 = LR - b_3 \cdot C_o, \quad (3.9)$$

kur LR – rinda, uz kuras atrodas detektējošā līnija;
 C_o – eksistējošā intervāla viduspunkta koordināte (uz X ass).

Nobīdīto nogriežņu centra koordināte C_n atrodama:

$$C_n = \frac{LR + i - a_3}{b_3}. \quad (3.10)$$

kur i – rindu skaits, cik tālu atrodas jaunais nogrieznis no interesējošā intervāla.

Pēc formulas (3.10) atrastais nogriežņa centrs tiek atrasts katrai no 60 rindām zem detektējošās līnijas – jo tālāk atradīsies rinda, jo lielāka būs nobīde (ja vien līnija y_3 nav paralēla Y asij).

3.2.3 Efektīva kameras izkustēšanās atklāšana

Pārskata periodā izstrādāta un īstenota uzlabota metode kameras izkustēšanās vai strauju, visu kadru aptverošu apgaismojuma izmaiņu atklāšanai. Iepriekšējā metodē tika izmantoti visi kadra pikseļi, kurus algoritms salīdzināja ar iepriekšējā kadra visiem pikseļiem. Kad starpkadru pikseļu starpību absolūto vērtību summa pārsniedza iestādāmu, konstantu sliekšni, tika detektēta kameras izkustēšanās, un, šī informācija tika izmantota metodes posmos, kuros tika uzkrāti adaptīvi fona parametri.

Uzlabotajā versijā netiek pētīts viss kadrs, bet gan atsevišķi pikseļi. Lai kameras izkustēšanās atklāšanu būtiski neietekmētu braucošās automašīnas, pētāmos pikseļus jāizvēlas tā, lai daļa no tiem (ja iespējams pie dotā kameras novietojuma), atrastos ārpus ceļa. Mūsu pieejā pikseļi tiek ņemti vienmērīgi pa visu kadru – starp konkrētu un nākošo pikseļi vienā rindā ir 20 pikseļi, kuri netiek ņemti vērā. Tāds pats attālums ir starp pētāmajiem pikseļiem kadra kolonnās.

Izdalīto pikseļu intensitātes tiek saglabātas un salīdzinātas ar šo pašu pikseļu intensitātēm nākamajā kadrā, iegūstot starpības absolūtās vērtības starp šīm intensitātēm. Katra iegūtā intensitātes vērtība tiek salīdzināta ar sliekšni. Jaunajā algoritma versijā tiek izmantots adaptīvs sliekšnis. Tā kā mērķis ir nodetektēt kameras kustību, tad šeit par sliekšņa vērtību tiek izmantota vērtība kustības detektēšanai, kas jau atrasta un lietota vienā no iepriekšējiem metodes posmiem, kurā pēc kustības esamības tika atklātas automašīnas.

Ja pietiekams skaits no starpkadru starpības pikseļiem pārvar sliekšni, tiek atklāta kameras izkustēšanās. Precīza sliekšni pārvarējušo pikseļu skaita attiecība pret visiem vērā ņemtajiem pikseļiem, kas norādītu uz kameras izkustēšanos, atkarīga no tā, cik lielu daļu no kadra aizņem ceļš un cik intensīva satiksme ir uz šī ceļa. Testos ar mūsu tiešsaistes sistēmu labi rezultāti bija pie attiecības 1/8.

3.3 Kopsavilkums un secinājumi

Automašīnu atklāšanas algoritma pirmā versija jau tika īstenota C++ kodā iepriekšējā pārskata periodā. Tagad dažādie koda posmi papildināt un uzlaboti. Daļa uzlabojumu vērsti koda ātrdarbības palielināšanai, piemēram, kods pārveidots, lai pēc iespējas ātrāk operācijas ar veseliem kadrēm pārtaptu operācijās ar kadra daļām. Ja iepriekš algoritms īstenots tādējādi, ka vispirms tika iegūta starpkadru starpība un tad no šī starpības tika izdalītas starpības līnijas, tad tagad process ir pretējs – vispirms izdala līnijas un tad starp tām iegūst starpību. Tādējādi mazinās gan veicamo operāciju skaits (starpība starp visiem pikseļiem kadrā pret starpību starp viesim pikseļiem uz līnijas), gan arī nepieciešamais atmiņas apjoms – salīdzināšanai nākamajā kadrā jā saglabā tikai līnijas ne vairs viss kadrs. Papildus šādiem vienkāršiem efektivitātes uzlabojumiem, vairāki algoritma posmi mainīti vai uzlaboti metodes precizitātes palielināšanas nolūkā – šie uzlabojumi (intervālu slēgšanas nosacījumu papildināšana, kameras izkustēšanās detektēšana, ātruma noteikšanas metodes efektivitātes palielināšana) tika sīkāk izklāstīti atskaitē.

3.4 Nākotnes perspektīvas

Jauna parametra ieviešanai intervāla slēgšanas nosacījumos tika izveidots paņēmieni aptuvenai mašīnas platuma novērtēšanai tajos gadījumos, kad mašīnai atbilstošais intervāls jau ir kļuvis platāks par pašu automašīnu. Šo pašu paņēmieni var pielietot, lai izveidoto intervālu sašaurinātu, ja šobrīd tas apņem ne tikai mašīnu, bet arī daļu no ceļa tās apkārtņē. Intervālu sašaurināšana ļautu samazināt iespējamību, ka kādai mašīnai atbilstošs intervāls savienosies ar citai tuvu braucošai automašīnai atbilstošo intervālu. Šāda problēma kļūst aktuālāka gadījumos, kad kamera novietota ceļa malās, jo tad mašīna uz detektēšanas līnijas izveido platāku intervālu, nekā tas būtu, ja kamera novietota virs ceļa. Plānots veikt testus ar savādāku kameras novietojumu, kamerai atrodoties augstāk nekā iepriekšējos testos. Šāds novietojums būtu labāk piemērots īstenotā algoritma īpašībām. Par izstrādāto algoritmu tiek gatavots patents un publikācija. Tuvākajā laikā plānots iesniegt patenta pieteikumu. Publikācijas pabeigšanai vēl nepieciešams veikt vairākus testus, lai varētu salīdzināt izstrādāto metodi ar alternatīvām, iepriekš publicētām metodēm.

Nodaļa 4

MITSTRegNo grupa

4.1 Ievads

Par pagājušo periodu tika veikti darbi, kas saistīti ar automobiļu numuru atpazīšanas sistēmas (RegNo) uzlabošanu.

- Pieņemts lēmums, izveidot video plūsmas iepriekšējas apstrādes moduli, lai laicīgi konstatētu objektu kustību attēlā un noteiktu apgabalus, kuros tā notikusi. Tas ļauj veikt reģistrācijas numura plāksnes meklēšanu tikai tajos attēla apgabalos, kuros kustība detektēta.
- Veikti eksperimenti un aprēķini, lai noteiktu reģistrācijas numura atrašanas algoritma darbības efektivitāti attēlos.

4.2 Kustības noteikšanas algoritms video plūsmā

Lai ekonomētu skaitļošanas resursus, var, izmantojot ātrdarbīgus algoritmus, atrast tos attēla apgabalus, kuros attēlotie objekti kustās. Mūs neinteresē automašīnas attēls kopumā, bet tikai numura zīme, tad iespējams pielietot mūsu, iepriekš izstrādāto, algoritmu numura zīmes atpazīšanai ne visā attēlā, bet tikai tajos attēla apgabalos, kuros attēloti kustīgi objekti. Attiecīgi, ja attēlos nav kustīgu objektu, bet tikai tukšs ceļa posms, reģistrācijas numuru atpazīšanas algoritms netiks pielietots, un skaitļošanas resursu patēriņš būs minimāls.

Kustības noteikšanas algoritma darbības princips ir samērā vienkāršs. Tas ir iterācijas algoritms, kas tiek pielietots katram kadrā. Katrā iterācijā tiek salīdzināti divi laikā nobīdīti kadri. Abos kadrus tiek skenēti horizontālo pikseļu rindas fragmenti. Fragmentu koordinātes pa Y asi abos attēlos sakrīt. Intervāls starp fragmentiem tiek uzdots ar parametru. Mūsu eksperimentos tā vērtības bija no 10 līdz 24 pikseļiem. Jo lielāks būs izvēlēts šis intervāls, jo ātrāk algoritms darbosies, bet būs zemāka precizitāte.

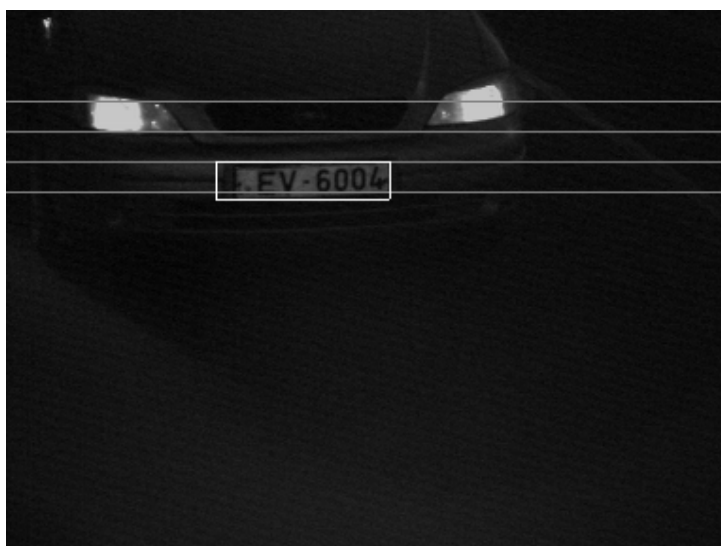
Diviem fragmentiem ar vienādām Y koordinātēm:

1. Skaitītājam piešķiram nulles vērtību
2. Divos, laikā nobīdītos, attēlos savstarpēji tiek salīdzinātas pikseļu, ar vienādām X koordinātēm, intensitātes. Ja pikseļu pāra absolūto intensitātes vērtību atšķirība pārsniedz noteikto parametra vērtību, tad skaitītāja vērtību palielinām par 1.
3. Ja pēc fragmenta visu pāru apstrādes skaitītāja vērtība pārsniedz citā parametrā noteikto vērtību, tiek uzskatīts, ka rindā ar šādu koordināti Y ir kustība.

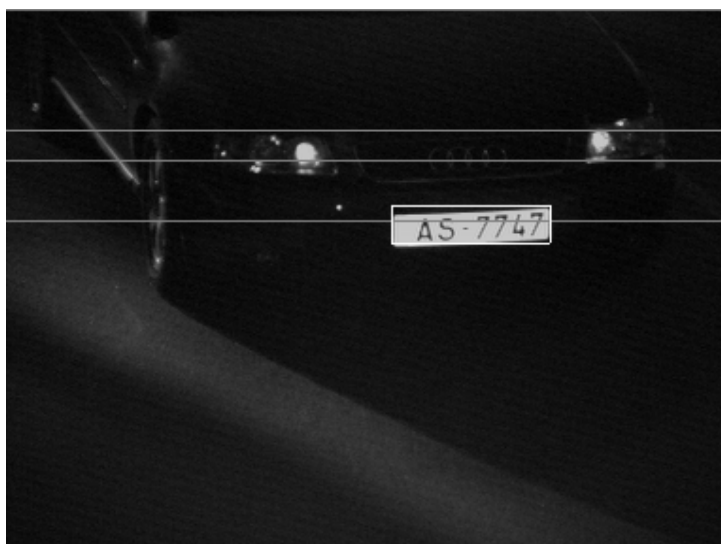
Kustības noteikšanas algoritma darbības rezultāts tiek izmantots īpašā veidā. Skenējot no attēla apakšas uz augšu, visās līnijās, kurās noteikta kustība:

1. tiek apstrādāts attēla apgabals visa kadra platumā un ar uzdotu augstumu.
2. Ja šajā apgabalā tiek atrasta numura plate, tad algoritma darbība tiek uzskatīta par veiksmīgu.
3. Pretējā gadījumā iepriekšminētā operācija tiek atkārtota ar nākošo rindiņu, kurā tiks noteikta kustība.

To atkārto, līdz tiek atrasta numura plate, vai apstrādāti visi apgabali, kuros kustība tikusi detektēta.



Att. 4.1: Kustības detektēšana



Att. 4.2: Kustības detektēšana

4.3 Algoritma darbības ātruma analīze

Tika veikta algoritma efektivitātes un ātrdarbības pārbaude. Dati apkopoti tabulā.

columna	nozīme
n	Freima numurs secībā.
file	Faila nosaukums
nlines	Liniju skaits kuros tika detektēta kustība
line	Linijas Y koordināte, kur tiek meklēta plate
found	Atrasto objektu skaits
by size	Objektu skaits, kuri paliek pēc filtrācijas pēc izmēra
by proportion	Objektu skaits, kuri paliek pēc filtrācijas pēc proporcijām
time	Apstrādes laiks milisekundēs
left,top,right,bottom,w,h	Plates pozīcija un izmērs

Tabula 4.1: Tabulas atšifrējums

n	file	nlines	line	found	by size	by proportion	time	left	top	right	bottom	w	h
0	EF4499/1.BMP	0	0	0	0	0	0.174	0	0	0	0	0	0
1	EF4499/2.BMP	0	0	0	0	0	0.199	0	0	0	0	0	0
2	EF4499/3.BMP	0	0	0	0	0	0.156	0	0	0	0	0	0
3	EF4499/4.BMP	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0
4	EF4499/5.BMP	0	0	0	0	0	0.17	0	0	0	0	0	0
5	EF4499/6.BMP	1	0	0	0	0	2.343	0	0	0	0	0	0
6	EF4499/7.BMP	2	16	1	1	1	2.444	38	1	174	19	136	18
7	EF4499/8.BMP	1	16	1	1	1	2.414	82	11	184	31	102	20
8	EF4499/9.BMP	2	32	1	1	1	2.399	52	18	195	41	143	23
9	EF4499/10.BMP	1	32	1	1	1	2.404	99	28	205	47	106	19
10	EF4499/11.BMP	2	48	1	1	1	2.397	107	37	216	57	109	20
11	EF4499/12.BMP	2	64	1	1	1	2.397	74	47	226	67	152	20
12	EF4499/13.BMP	2	64	1	1	1	2.399	123	55	236	73	113	18
13	EF4499/14.BMP	2	80	1	1	1	2.402	131	65	246	83	115	18
14	EF4499/15.BMP	2	96	1	1	0	2.357	0	0	0	0	0	0
15	EF4499/16.BMP	2	96	1	1	1	2.403	146	86	266	109	120	23
16	EF4499/17.BMP	2	112	1	1	1	2.391	157	102	282	125	125	23
17	EF4499/18.BMP	2	128	1	1	1	2.397	114	113	291	141	177	28
18	EF4499/19.BMP	3	144	1	1	1	2.383	168	127	299	149	131	22
19	EF4499/20.BMP	3	160	1	1	0	2.424	0	0	0	0	0	0
20	EF4499/21.BMP	2	160	1	1	1	2.402	126	145	314	169	188	24
21	EF4499/22.BMP	4	176	1	1	1	2.392	130	159	322	185	192	26
22	EF4499/23.BMP	2	176	1	1	1	2.402	133	167	284	193	151	26
23	EF4499/24.BMP	3	192	1	1	1	2.396	136	176	336	201	200	25
24	EF4499/25.BMP	4	208	1	1	1	2.402	139	191	343	217	204	26
25	EF4499/26.BMP	5	224	1	1	1	2.387	198	207	349	226	151	19
26	EF4499/27.BMP	2	224	1	1	1	2.383	144	208	355	236	211	28
27	EF4499/28.BMP	5	240	1	1	1	2.385	146	223	312	252	166	29
28	EF4499/29.BMP	3	256	1	1	1	2.4	208	239	367	258	159	19
29	EF4499/30.BMP	4	256	1	1	1	2.395	150	240	373	268	223	28
30	EF4499/31.BMP	4	272	1	1	1	2.376	152	255	326	284	174	29
31	EF4499/32.BMP	3	272	1	1	1	2.386	154	260	330	284	176	24
32	EF4499/33.BMP	3	272	0	0	0	2.349	0	0	0	0	0	0
33	EF4499/34.BMP	1	128	0	0	0	2.357	0	0	0	0	0	0
34	EF4499/35.BMP	0	0	0	0	0	0.156	0	0	0	0	0	0
35	EF4499/36.BMP	1	0	0	0	0	2.338	0	0	0	0	0	0
36	EF4499/37.BMP	3	144	0	0	0	2.357	0	0	0	0	0	0
37	EF4499/38.BMP	3	32	0	0	0	2.361	0	0	0	0	0	0
38	FH1040/1.BMP	2	16	0	0	0	2.363	0	0	0	0	0	0
39	FH1040/2.BMP	1	16	0	0	0	2.369	0	0	0	0	0	0
40	FH1040/3.BMP	1	16	0	0	0	2.348	0	0	0	0	0	0
41	FH1040/4.BMP	2	176	0	0	0	2.367	0	0	0	0	0	0
42	FH1040/5.BMP	1	48	0	0	0	2.378	0	0	0	0	0	0
43	FH1040/6.BMP	2	192	0	0	0	2.355	0	0	0	0	0	0
44	FH1040/7.BMP	3	208	0	0	0	2.372	0	0	0	0	0	0
45	FH1040/8.BMP	0	0	0	0	0	0.171	0	0	0	0	0	0
46	FH1040/9.BMP	2	64	0	0	0	2.361	0	0	0	0	0	0
47	FH1040/10.BMP	2	48	0	0	0	2.357	0	0	0	0	0	0
48	FH1040/11.BMP	2	48	0	0	0	2.346	0	0	0	0	0	0
49	FH1040/12.BMP	1	48	0	0	0	2.369	0	0	0	0	0	0
50	FH1040/13.BMP	1	32	0	0	0	2.346	0	0	0	0	0	0

Tabula 4.2: tabula

Kā redzams no tabulas, miera stāvoklī (idle state) viena kadra apstrāde nepatērē 500 mikrosekundes, bet automašīnas attēla apstrāde ne vairāk, kā 3 milisekundes, kas atstāj daudz laika turpmākai apstrādei.

4.4 Plānotie darbi

RegNo grupa turpmākiem darbiem un uzdevumiem plāno uzsākt simbolu optiskās atpazīšanas sistēmas OCR izstrādi. Ar OCR šeit saprot RegNo algoritma otru apstrādes posmu, kurā ietilpst atsevišķu simbolu atrašana numura platē kā arī simbolu atpazīšana. Pirmajā algoritma izstrādes posmā posmā tika veikta numura plates atrašana attēlā, kas ietver visu pārējo, neinteresējošo objektu filtrēšanu un atdalīšanu no numura zīmes plates. Pēc datu par pieejamo OCR apkopošanas un analīzes, kā arī testu veikšanas ar jau izstrādāto sistēmas daļu, secināts, ka standarta OCR risinājumi darbojas neoptimali un ir nepieciešams izstrādāt algoritmu kas ņem vērā LV numuru standartus. Šādas sistēmas izstrāde uzlabo

visas izstrādājamās sistēmas veikspēju, kā arī uzstādīto uzdevumu veic ar mazāku skaitļošanas jaudu.