

**Valsts pētījumu programmas Kiberfizikālās sistēmas, ontoloģijas un biofotonika
drošai&viedai pilsētai un sabiedrībai(SOPHIS)**

**Projekts Nr.1 Kiberfizikālo sistēmu tehnoloģiju attīstība un to
pielietojumi medicīnā un viedā transporta jomā (KiFiS)**

1.posma

Zinātniskā atskaite

SATURS

Ievads	4
1. NODAĻA TESTA GULTNE BEZVADU SENSORU SISTĒMU IZSTRĀDEI UN TESTĒŠANAI (TESTBED)	5
Risinājums.....	5
Pasaules pieredze	5
EDI Testa gultnes arhitektūra	6
Interneta portāla saskarne.....	8
Datu vizualizācija.....	8
Plānošanas saskarne.....	9
Programmēšanas saskarne.....	9
2. NODAĻA VIEDIE SENSORI CILVĒKA BIOMEHĀNIKAS NOTEIKŠANAI (BOASEN)	10
Ievads	10
Stājas monitorings.....	10
Galvas pozīcijas monitorings	11
Rezultāti	12
Publicētie rezultāti	12
3.NODAĻA SENSORU SISTĒMA CEĻA LOCĪTAVAS PĀRRAUDZĪBAI REHABILITĀCIJAS LAIKĀ (JOSEN)	14
Anotācija	14
Ievads	14
Risinājums.....	15
Valkājamierīce ceļa locīšanas leņķa noteikšanai	15
Lietojumprogrammatūra sensoru datu apstrādei.....	16
Testēšana	17
Rezultāti	19
Secinājumi.....	19
Atsauces.....	19
4. NODAĻA MOBILĀ VIEDO SENSORU SISTĒMA VESELĪBAS PARAMETRU, TAI SKAITĀ SIRDSDARBĪBAS MĒRĪJUMIEM (MECG)	20
Anotācija	20

Ievads	20
Saistītie risinājumi	20
Risinājums.....	21
Eksperimenti un testi	23
Rezultāti	23
Kopsavilkums.....	24
Nākotnes perspektīvas	24
Atsauces.....	24
5. NODAĻA SIGNĀLU, TAI SKAITĀ ATTĒLU APSTRĀDE VIEDO TRANSPORTA SISTĒMU VIDES VĒRTĒŠANAI(IMPRO).....	25
Detektors un deskriptors.....	25
Pētījums.....	25
Minimums starp „kreiso” un „labo” līnijas malu.....	27
Vēnu un rievu filtrs	28
Izstrādātais filtrs	28
Rezultāti	29
Atsauces.....	30
6. NODAĻA VIEDĀ TRANSPORTA LĪDZEKĻA SISTĒMA DROŠĀKAI UN EFEKTĪVĀKAI BRAUKŠANAI (GCDC)	31
Anotācija	31
Ievads	31
Risinājums.....	31
Rezultāti	35
Kopsavilkums un secinājumi	35
Turpmākais darbu plāns.....	35

Ievads

Valsts pētījumu programmas “Kiberfizikālās sistēmas, ontoloģijas un biofotonika drošai & viedai pilsētai un sabiedrībai” (VPP SOPHIS) un tai skaitā Projekts Nr.1. “Kiberfizikālo sistēmu tehnoloģiju attīstība un to pielietojumi medicīnā un viedā transporta jomā” (KiFiS) ietver uzdevumus jaunas paaudzes iegulto sistēmu - kiberfizikālo sistēmu (KFS) attīstībai. Kiberfizikālās sistēmas iekļauj sevī komunikācijas, datu apstrādes un kontroles elementus un saskarnes ar fizisko pasauli. Šādas sistēmas novēro reālās pasaules procesus, apstrādā datus un pieņem lēmumus, kas kontrolē un uzlabo situāciju, un ievieš šos lēmumus fiziskajā pasaulē. Šādi cikli notiek nebeidzami, pie tam gan zemā, piemēram, istabas, gan augstā, piemēram, viedās pilsētas līmenī. KFS, ļaus risināt tautsaimnieciskās problēmas, dodot mums „gudrākus”, viedākus, enegoefektīvākus, komfortablākus transporta līdzekļus un sistēmas, medicīnas pakalpojumus, darbavietas, sakaru sistēmas, mājas, pilsētas kā arī personālās iekārtas. Lai tas kļūtu par realitāti ir būtiska virkne zinātnisku un tehnoloģisku problēmu atrisināšana, kuras saistās ar datu ieguves, signālu apstrādes elektriskajā un optiskajā plaknē, monitoringa, kontroles funkcijām, vienlaikus atbilstoši augstā līmenī nodrošinot drošību, stabilitāti, privātumu. Turklāt, sistēmām ir jābūt zema enerģijas patēriņa, miniaturām, mobilām un adaptējamām jauniem apstākļiem un orientētām uz ikdienas lietotājiem draudzīgu programmatūras izveidi un lietošanu. Zinātniskās problēmas ir saistītas ar jaunu paradigmu, konceptu, platformu (aparātūras un programmatūras) un rīkkopu definēšanu nākotnes KFS attīstībai. Izveidoto konceptu un platformu darbība tiek izvērtēta, veicot vispusīgus modelēšanas un simulāciju pētījumus, tādejādi atlasot perspektīvos risinājumus, kuri tiek empīriski pētīti, veidojot eksperimentālos maketus, konceptu demonstratorus, programmatūras bibliotēkas. Tautsaimniecībā konkurētspējīgās tehnoloģijas, sadarbībā ar tautsaimniecības partneriem tiks aprobētas reālos vai tiem pietuvinātos apstākļos. Iespējamie pielietojumi saistās ar viedām transporta sistēmām, medicīnas pielietojumiem, bezvadu sensoru tīklu pielietojumiem un citiem.

KFS izpētes ietvarā ir veiktas sekojošas pētnieciskās aktivitātes:

- TestBed – testa gultne bezvadu sensoru sistēmu izstrādei un testēšanai;
- BoASen – Viedie sensori cilvēka biomehānikas noteikšanai;
- JoSen – Sensoru sistēma ceļa un citu locītavu rehabilitācijai;
- MECCG – mobilā viedo sensoru sistēma veselības parametru, tai skaitā sirds darbības mērījumiem;
- ImPro – signālu, tai skaitā attēlu apstrāde viedo transporta sistēmu vides vērtēšanai;
- GCDC – viedā transporta līdzekļa sistēma drošākai un efektīvākai braukšanai.

Visas minētās aktivitātes ir vērstas uz projekta mērķu izpildi. Šīs aktivitātes un to rezultāti ir aprakstīti turpmākajā dokumentā, katra atsevišķā sadaļā.

1. Nodaļa Testa gultne bezvadu sensoru sistēmu izstrādei un testēšanai (TestBed)

Bezvadu Sensoru Tīklu (BST) pielietojums ir dažāds, bet galvenā to būtība ir ievākt informāciju par apkārtējo vidi makroskopiskā veidā, piemēram, par temperatūras sadalījumu darba vietas kabinetos, jo vairāk šādu sensoru mezglu tiks izvietots, jo precīzāk tiks iegūta kopēja aina par temperatūras sadalījumu visā darba ēkā. Kā citu piemēru var minēt tilta parametru novērtēšana, ja sensoru mezglam ir akselerometrs, tad ir iespējams iegūt informāciju par tilta vibrācijām un, ja vibrāciju intensitāte pārsniedz atļauto normu, tad satiksmes dalībniekus ir iespējams brīdināt.

BST sensoru mezglu zīmīgākās īpašības ir:

- bezvadu komunikācija savā starpā,
- autonoma sistēma,
- darbojas no baterijām,
- iespēja iegūt dažādus apkārtējās vides parametrus – temperatūra, gaisa mitrums, gaismas intensitāte.

Tā kā BST pielietojumu sfēra nemitīgi paplašinās. Parādās jauni izaicinājumi, piemēram, jaunu sensoru mezglu izveide – katram specifiskam gadījumam vajag jaunu vai modificētu aparatūru. Parādās arī specifika BST uzstādīšanā – stingrākas prasības pret hermētiskumu, pret temperatūras izmaiņām, dažādām agresīvām vidēm. Viens no sarežģītākajiem posmiem BST izstrādē ir šādu tīklu atklāšana un “portēšana” no laboratorijas apstākļiem uz reālo vidi, kas palielinās, pieaugot sensoru mezglu skaitam. Tipiski BST izstrāde sastāv no sekojošiem posmiem:

- Zema līmeņa atklāšana – tiek programmēts un atklāts tikai viens sensoru mezgls. Iegūti dati no sensoriem. Ja ir nepieciešams tiek veikta šo datu priekšapstrāde. Izveidotas citas nepieciešamās funkcionalitātes. Šī posma izstrādi būtiski atvieglo, ja ir pieejama JTAG funkcionalitāte – izpildāmo kodu var izpildīt ar noteiktu ātrumu; ja ir oscilogrāfs, ar kura palīdzību var apskatīties signālus;
- Otrs posms sākas ar radio komunikācijas piesaisti. Tiek izmantoti divi vai vairāki sensoru mezgli. Pirmais scenārijs, ja tie atrodas uz viena galda – tiek pārbaudīts pats radio komunikācijas protokols. Kāds ir maksimālais attālums, pie kura netiek pārtraukta radio komunikācija, kā izmainās datu pārraides ātrums atkarībā no attāluma starp sensoru mezgliem. Kā izvēlēta iekārta un radio komunikācijas protokols strādā reālajā vidē, kur to uzstādīs. Kāds ir sensoru mezgla patēriņš, kad notiek datu raidīšana, uztveršana vai tikai datu iegūšana;
- Nākamajā posmā izveidotā BST programmatūra tiek testēta pie lielāka sensoru mezglu daudzuma. Jautājumi uz kuriem vēlas zināt atbildes ir:
 - o izveidotās programmatūras mērogojamība;
 - o kas notiek, ja vienlaicīgi raida visi sensoru mezgli;
 - o vai blakus-esošie sensoru mezgli neievieš radio komunikācijas traucējumus;
 - o ja raidīšanas laikā ir radusies kļūda vai datu paketi nosūtīs vēlreiz;
 - o kas notiek, ja vairākus sensoru mezglus izvieto reālā vidē, kur tiem būs jāstrādā.

BST gala kvalitāte būs atkarīga no tā, cik kvalitatīvi ir veikti testi katrā no šiem posmiem. Jāpiebilst, ka šeit tika ieskicēti tipiskie scenāriji un atkarībā no BST konfigurācijas pēdējā posmā var būt daudz vairāk testu kā, piemēram, laika sinhronizācija starp sensoru mezgliem. Vēl viens būtisks aspekts, kas jāņem vērā ir iekārtu pieejamība, kas nepieciešamas, lai atklātu sensoru mezglus un prasme tās lietot, kas nepieciešamas, lai veiktu pašu atklāšanu. Ja šādas iespējas nav, tad atklāšana var aizņemt vēl vairāk laika.

Risinājums

Lai atvieglotu BST izstrādi gan no aparatūras, gan no programmatūras aspekta ir nepieciešams rīks un vide, kas to nodrošina. Ar rīku saprot tādu iekārtu kopu, ar kurām ir iespējams kontrolēt, iegūt nepieciešamos parametrus atklājot sensoru mezglus, savukārt ar vidi, ka ar to ir iespējams pēc iespējas tuvāk simulēt (emulēt) reālus apstākļus, kurā BST tiks uzstādīts. Pieejas izveide kā pareizāk izvietot sensoru mezglus vidē tā, lai tie nosegtu daudzus reālas vides gadījumus. Piemēram, uzstādot sensoru mezglus dažādos attālos, vienu no otra, var veikt testus, kas ir saistīti ar radio komunikācijas ātrumiem atkarībā no attāluma. Cits aspekts, ka šie sensoru mezgli var tik novietoti dažādās telpās ar dažādiem trokšņu līmeņiem. Attiecīgi testi tiktu veikti reālos apstākļos – BST izstrādātajam nevajadzētu patērēt laika domājot un uzstādot šos sensoru mezglus.

Pasaules pieredze

The WUSTL Wireless Sensor Network Testbed

WUSTL BST Testa gultne atrodas Vašingtonas universitātē. Tas sastāv no 79 sensoru mezgliem, šie mezgli ir izvietoti

dažādās telpās nodrošinot dažādas vides radio komunikāciju testēšanai. Izstrādātāji Testa gultnes infrastruktūras arhitektūrai izvēlējās TWIST [], kas tika izstrādāta Berlīnes Tehniskajā Universitātē. Tās pamatā ir hierarhiska arhitektūra, kas sastāv no trīs līmeņiem:

- sensoru mezgli;
- mikro-serveri, piemēram, maršrutētāji;
- serveris

Arhitektūras zemākajā līmenī tiek pieslēgti sensoru mezgli izmantojot USB saskarni, tālāk caur USB HUB vai pa taisno tiek pieslēgti pie mikro-servera, mikro-serveris ar Ethernetu vadiem ir saslēgts ar centrālo serveri.

MoteLab

MoteLab BST testa gultne ir viena no pirmajām, kur uzsvars tika likts uz lietotājam draudzīgu vidi, tas ir pieejams gan lokālajā, gan globālajā tīklā, līdz ar to paverot iespēju lietot BST testbedu arī ārpus uzstādītajām telpām. Lai pilnvērtīgi šādu tīklu būtu iespējams lietot tika nodrošināta sensoru mezglu attālināta pārprogrammēšana. Papildus izveidotas dažādas lietotājam draudzīgas iespējas kā:

- jaunu lietotāju pievienošana;
- veicamo darba laiku uzskaitē un sadale;
- lietotāja laika ierobežojums atkārtotiem testiem.

INDRIYA

BST testa gultne, kas izveidota vienā no Singapūras universitātēm (School of Computing, National University of Singapore). Publikācija pieejama no 2009. gada decembra. Šo testa gultni lieto pētnieki no vairāk nekā 35 dažādām pasaules universitātēm. Izstrādātāji to izmanto, lai mācītu studentus BST mācību priekšmetos. Arhitektūras izstrādāji par pamatu ir ņēmuši MoteLab arhitektūru, bet modificējuši to. Atstājot programmatūras daļu, kas atbild par lietotāja saskarni un testa gultnes attālināto piekļuvi. Toties ir izmantoti citi aparātūras risinājumi infrastruktūras nodrošināšanai.

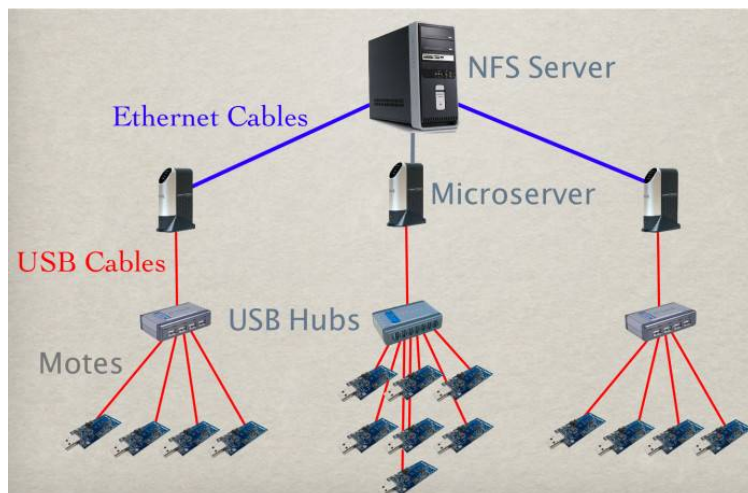
INDRIYA sastāv no 127 TelosB motēm. 50% no tām papildus ir pieslēgti dažādi sensori – pasīvie un aktīvie infrasarkanie, magnetometrs, akselerometrs un akustiskie. Šī Testa gultnes infrastruktūra ir veidota izmantojot aktīvos USB vadus, kas nodrošina iespēju izmantot garākus vadus par 5m saglabājot stabilu datu savienojumu ar datoru un sensoru mezglu. USB saskarne ir izmantota, lai ieprogrammētu sensoru mezglus un nodrošinātu barošanas spriegumu padevi, tādā veidā izslēdzot nepieciešamību pēc papildus barošanas avotu pieslēgvietām.

INDRIYA lietošanas scenārijs: sensoru mezgli strādā ar TinyOS operētājsistēmu un programmēšanas valoda tiek izmantota NesC. Lai sekmīgi lietotu INDRIYA lietotājam sākumā izstrādātā programmatūra jāpārbauda ar TOSSIM simulācijas rīku vai arī uz sava darba datora ar identiskām motēm. Ja, programmatūra strādā veiksmīgi ar dažām no motēm, tad izmantojot INDRIYA mājas lapu var lejupielādēt izstrādāto programmatūru INDRIYA testa gultnē.

EDI Testa gultnes arhitektūra

Izstrādājot EDI testa gultnes arhitektūru par pamatu tika ņemti secinājumi no iepriekšējās nodaļas. Infrastruktūras izveidei par pamatu tika ņemta TWIST BST arhitektūra, kura sastāv no trīs daļām:

- Centrālais serveris;
- Mikro serveris;
- Sensoru mezgls.



Att. 1. TWIST arhitektūra

Visi sensoru mezgli ir savienoti savā starpā un ir pieejami caur centrālo serveri. Savukārt pie sensoru mezgliem var piekļūt caur mikro serveri. Tādā veidā tiek panākts, ka tiek izveidots lokālais tīkls, kurā ir saslēgti visi sensoru mezgli. Šādā veidā tiek nodrošinātas papildus funkcionalitātes:

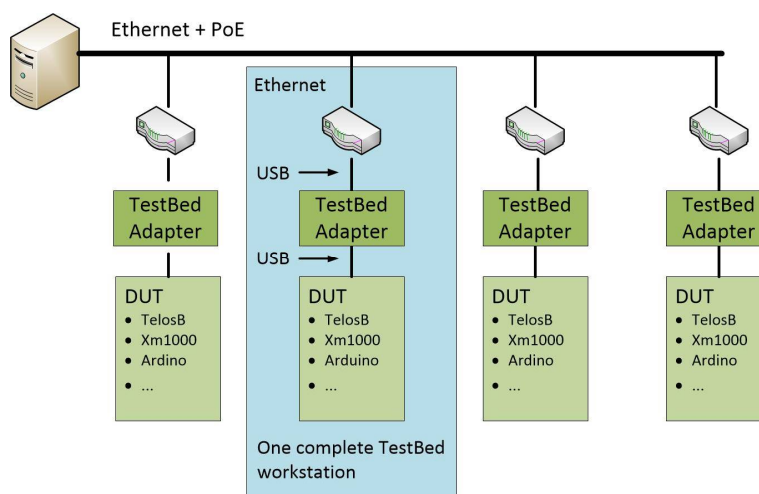
- Tiek sadalīta apstrādes jauda starp centrālo serveri un mikro serveriem. Mikro serveris saņem dažādas sarežģītības komandas, kuras izpilda un atbildi raida atpakaļ. Tāpat ir iespējams veikt iegūto datu priekšapstrādi uz mikro servera un apstrādātos datus nosūtīt uz serveri. Tiek samazināta datu apstrāde, kas būtu jāveic centrālajam serverim un efektīvāk tiek izmantoti mikro servera resursi;
- tiek mazāk noslogota datu pārraide starp centrālo serveri un sensoru mezgliem. Ievāktie dati tiek glabāti uz mikro servera un pēc pieprasījuma (vai arī, kad ir iespējams tiek nosūtīti uz centrālo serveri). Ja ievieš datu kompresiju, tad ir iespējams panākt lielāku efektu.

Šādai pieejai ir trūkumi no uzstādīšanas sarežģītības. Katram mikro serverim ir nepieciešams – barošanas tīkla pieslēgvietā un pats barošanas avots. Tā tiek palielinātas izmaksas un ir mazāka brīvības pakāpe uzstādīšanā – vietās, kur nav pieejama tīkla barošanas pieslēgvietas. Problēmas risinājums – PoE komutatori, kas tiek izvietoti starp centrālo serveri un mikro serveriem, tā ka komutatori bija nepieciešami arī pirmajā variantā tie tiek aizstāti ar universālākiem PoE komutatoriem. Tie nodrošina datu pārraidi un barošanas piegādi izmantojot standarta Ethernet vadus. Protams arī šādam risinājumam, ir ierobežojumi – maksimālā jauda, ko var nodrošināt ar PoE komutatoriem ir 15.4W, savukārt maksimālais datu pārraides ātrums ir 100mb/s.

Nākošai trūkums esošai arhitektūras realizācijā ir tāds, ka nav iespējams:

- noteikt testējamā sensora mezgla fizikālos parametrus, kā enerģijas patēriņu un signālu līmeņus (ciparu un analogos);
- emulēt reālas darbības apstākļus. Kas notiek ar sensoru mezglu, ja baterija izlādējas – pie kāda barošanas sprieguma mezgla sensors pārstāj pareizi strādāt. Kā pārbaudīt programmas darbības ar dažādiem sensoriem, ja to nav vai esošā vidē iegūtie sensoru dati ir statistiski.

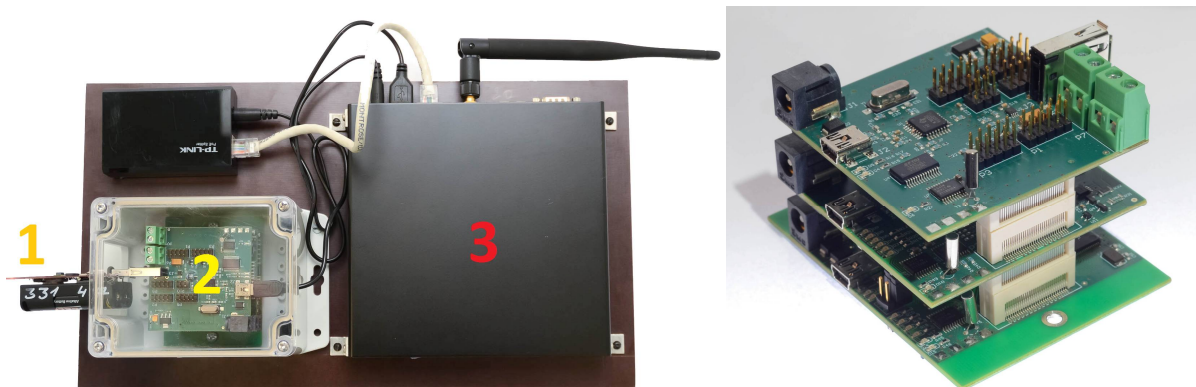
Kā risinājums ir izvietot iekārtu starp mikro serveri un sensora mezglu, kas veiks šāda tipa uzdevumus. Kopējā testa gultnes arhitektūra ir redzama otrajā attēlā. Turpmāk tiks detalizētāk izstāstīts par katru no sastāvdaļām.



Att. 2. EDI testa gultnes arhitektūra

EDI Testbeda adaptera arhitektūra

EDI TestBeda adapteris ir speciāla iekārta, kas ir izstrādāta, lai paplašinātu iegulto iekārtu atklādošanu – it īpaši bezvadu sensoru tīklu aparāturu. Lai būtu iespējams iegūt detalizētāku informāciju par projektēto BST – tā aparāturu un programmatūru, nepietiek ar iespēju attālināti programmēt BST kā arī veicot dažādus radio komunikācijas testus. Papildus šādiem testiem ir nepieciešams zināt par fizikālajiem testējamās iekārtas parametriem, piemēram, jaudas patēriņš, signālu līmeņi, saskarņu protokolu grafiki. Šāda informācija izstrādātājiem dot iespēju ātrāk atklājot testējamās iekārtas vai, arī izvēlēties citus aparātūras risinājumus, ja kritēriji nav sasniegti.



EDI izstrādātais TestBed adapteris

Nepieciešams emulēt dažādus BST lietošanas scenārijus:

- Piemēram, baterijas izlāde – kā aparātūra un programmatūra strādā, kad baterija ir gandrīz tukša, kā palielinās vai samazinās patērējamā enerģija; vai programmatūra strādā pareizi;
- Testējot BST nav iespējams iegūt vēlamus datus no sensoriem, piemēram, ja ir nepieciešams iegūt datus, kas reprezentē mīnus grādus, bet ir vasara, tad šādus sensorus var aizstāt ar virtuālajiem. Tiek uzģenerēti vēlamie dati un nodoti sensoru mezglam. Tā tiek paplašināta iespējamo testu klāsts. Ja konkrēta tipa sensoru nav, bet vajag pārbaudīt. Virtuāli aizstājot sensorus ir iespējams pārbaudīt programmatūru.

Par pamatu Testbed adaptera arhitektūrai tika ņemti secinājumi no veiktajiem pētījumiem iegulto iekārtu prototipēšana. Veidojot šo arhitektūru galvenie uzsvāri ir:

- Mērogojamība – laika gaitā var tikt pievienoti jauni funkcionāli mezgli;
- Katrs atsevišķais funkcionālais mezgls var strādāt kā autonoma iekārta – ievākt nepieciešamos datus un vēlāk tos pārsūtīt uz citu iekārtu;
- Katru funkcionālo mezglu var programēt.

Ir divas arhitektūras pieejas:

- Pirmā ir izveidot “pamatplati”, kur ir visas nepieciešamās sastāvdaļas, kas nodrošina minētas funkcionalitātes;
- Otrā ir sadalīt funkcionalitātes grupās un izveidot vairākas – vienkāršākas iekārtas, kas savstarpēji ir saslēdzamas kopā.

Pirmā pieeja ir vienkāršāka no arhitektūras viedokļa, bet sarežģītāka no realizācijas viedokļa – komplicēta shēma, plate. Sarežģītāki komponenti, lai nodrošinātu nepieciešamo apstrādes jaudu. Būtiskākais trūkums ir tas, ka šāda pieeja nav mērogojama, tās maksimālās iespējas ir atkarīgas no projektētā “Mātes dēļa” sarežģītības. Otrai pieejai ir sarežģītāka arhitektūras izveide, bet pareizi izvēloties arhitektūras risinājumus ir iespējams vienkāršot projektējamo iekārtu sarežģītības līmeni kā arī panākt, ka izstrādātā arhitektūra ir mērogojama. Laika gaitā esošos funkcionālos moduļus ir iespējams pārprojektēt ar “jaudīgākām” detaļām vai papildināt ar jauniem funkcionāliem moduļiem.

Interneta portāla saskarne

Interneta portāla saskarnes atbalsta programmatūra veidota Python valodā ar Django 1.8 ietvara atbalstu. Šīs izvēles pamatā ir fakts, ka MansOS operētājsistēma lieto Python valodas un saskarnes elementus, un līdz ar to ir vieglāk integrējama. Django ietvars tika izvēlēts drošības un atbalsta apsvērumu dēļ. Viens no galvenajiem mērķiem šajā izstrādes stadijā bija savietojamība ar AJAX, lai portāla saskarne atbalstītu lietotāja darbības ar minimālu nepieciešamību datu ielādei no tīkla. Tādejādi darbs ar testa gultnes portālu ir plūstošāks un rada iespaidu līdzīgi kā strādājot ar programmatūras rīku nevis lēnu tīmekļa portālu.

Datu vizualizācija

Lai lietotājiem atvieglotu seriālā porta monitorēšanu tika izveidoti divi skatījumi attiecīgo datu attēlošanai.

Pirmais ir vienkāršs teksta skatījums. Tas ir ērts salasāma teksta vai heksadecimāla datu attēlojuma. Šis skatījums izmantojams arī salasāmu sensoru datu novērošanai.

Otrs ir grafiskais attēlojums kas balstās uz Googla Charts API. Šis API iekļauj dažādus datu reprezentācijas stilus, ko lietotājs var izvēlēties. Piemēram, datu plūsma var tikt attēlota kā līkne. Vektoru dati var tikt vēroti kā virsma vai telpā. Laika momentu attēlojums papildus dod iespēju novērot un analizēt notikumus sensoru tīklā.

Efektīva datu vizualizācija palīdz ietaupīt laiku un labāk izprast datus. Piemēram, testējot lielu sensoru tīklu ar specifisku maršrutēšanas protokolu iespējams vizualizēt saites starp mezgliem un tādejādi palīdz izprast protokola

darbības specifiku un potenciālās problēmas.

Plānošanas saskarne

Lai testa gultnes sistēmu varētu lietot vairāki lietotāji netraucējot viens otru tika izveidota plānošanas saskarne. Lietotāji var rezervēt pieejas laiku noteiktiem sensoru mezgliem. Plānošana šobrīd darbojas sekojoši:

- Lietotājs var izvēlēties savu sensoru mezglu.
- Rezervācijas laiks ievadāms divos laukos: 'from' un 'to'.
- Katrs no laika laukiem tiek aizpildīts ar interaktīvu kalendāru.

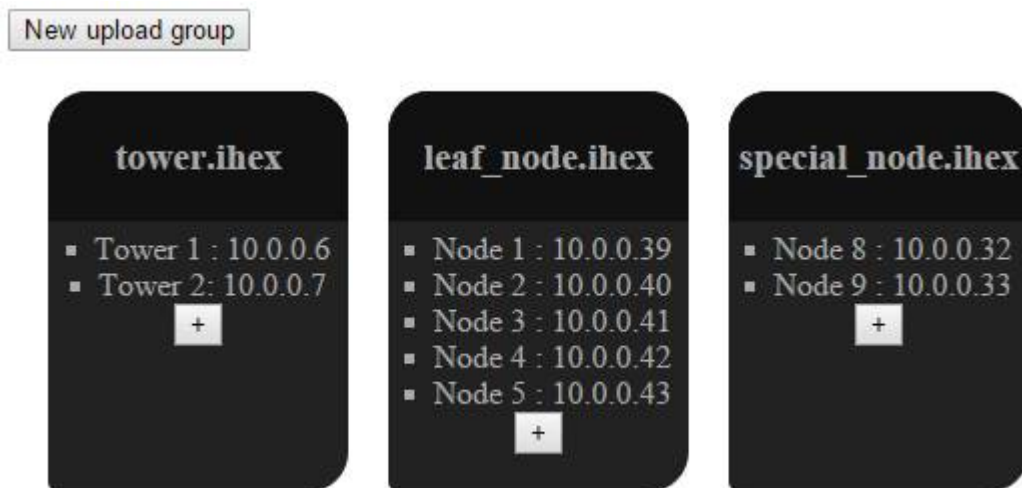


Plānošanas kalendārs.

Šāda saskarne ir ērta, bet tikai ja jārezervē daži mezgli. Nākotnē paredzama iespēja izveidot mezglu rezervācijas grupas.

Programmēšanas saskarne

Viena no laukietilpīgākajām darbībām ir sensoru tīkla (pār)programmēšana, tāpēc visas testa gultnes cenšas to padarīt ērtāku un efektīvāku. Lai programmētu mezglus EDI testa gultnē lietotajam visupirms serverī augšupjāielādē programmas kompilētais IHX fails. Pēc tam serveris šo kodu var izsūtīt mezgliem un tos pārprogrammēt ar testa adaptera palīdzību. Šādi koda faili var būt vairāki, un katrs piekārtots savai programmējamu mezglu grupai.



Mezglu grupu programmēšana.

Nākotnē paredzēts dot iespējuplānot mezglu automātisku programmēšanu ar iepriekš augšupielādētiem koda failiem, lai atbalstītu vairākus lietotājus, kā arī īpašus testu scenārijus. Tādejādi vairāko eksperimenti var tikt plānoti iepriekš, un pēc to izpildes rezultātus var lasīt lietotāji sev piemērotā laikā.

2. Nodaļa Viedie sensori cilvēka biomehānikas noteikšanai (BoASen)

levads

Dažādu slimību vai traumu gadījumos, piemēram, cerebrālās triekas pacientiem bieži parādās stājas un dažādu ķermeņa daļu kontroles problēmas dažādās sadzīves situācijās. Pareiza stāja, ķermeņa locekļu pozīcija u.c., ir svarīga tādu ķermeņa funkciju kā elpošanas, sirdsdarbības, asinsrites u.c. nodrošināšanai. Šobrīd stājas un pozas monitorings kā arī treniņi to uzlabošanai dažādās rehabilitācijas programmās parasti tiek veikti ciešā speciālistu uzraudzībā. Šāda veida pieeja samazina rehabilitācijas pieejamību, palielina ārstu noslodzi kā arī ierobežo novērošanas laiku, padarot praktiski neiespējamu pacienta kontroli ikdienas aktivitātēs ārpus ārsta kabineta. Lai mazinātu iepriekš minētās problēmas, tiek izmantoti dažādi tehniskie palīgīdzekļi, tomēr to pieejamība ir ierobežota gan pēc to funkcionalitātes, gan cenas un lietošanas ērtuma.

Šajā projektā tiek izstrādāta sistēma, kas ļautu monitorēt cilvēka stāju un dažādu ķermeņa daļu kontroli reālā laikā. Šajā pārskata periodā balstoties uz rezultātiem, kas iegūti Valsts pētījumu programmas IMIS projektā nr. 2 „Inovatīvas signālapstrādes tehnoloģijas viedu un efektīvu elektronisko sistēmu radīšanai” tika izveidota būtiski uzlabota stājas monitoringa sistēma, kas paredzēta, lai ikdienas aktivitātēs būtu iespējams noteikt cilvēka stāju sniegt atgriezenisko saiti un saglabātu datus.

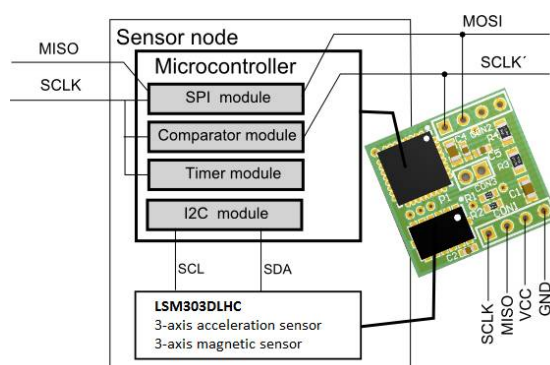
Papildus tam tika izveidota jauna sistēma galvas pozīcijas monitoringam, kas specifiski paredzēta dažādiem pacientiem ar būtiskiem kustību traucējumiem. Šāda sistēma varētu palīdzēt iemācīties noturēt galvas pozīciju vēlamā stāvoklī, uzlabojot ķermeņa funkcijas, kā arī nodrošinot spēju lietot dažādas iekārtas alternatīvajai komunikācijai, kas var tikt lietota pacientiem bez runas spējas (piem. acu zīlīšu izsekošana).

Šobrīd ir izstrādāti vairāki sistēmu prototipi un notiek to aprobēšana sadarbībā ar rehabilitācijas centru „MEL”, Rīgā.

Stājas monitorings

Stājas monitoringa iekārta tika veidota balstoties uz rezultātiem, kas sasniegti iepriekšējās. Izmantojot iepriekš izstrādāto pamata arhitektūru, tika izveidots ķermeņa sensoru tīkls, kura mezgli satur dažādu sensoru tipus (paātrinājuma un magnētiskā lauka sensori) un sniedz būtiski paplašinātu informāciju par sensoru mezglu savstarpējo novietojumu.

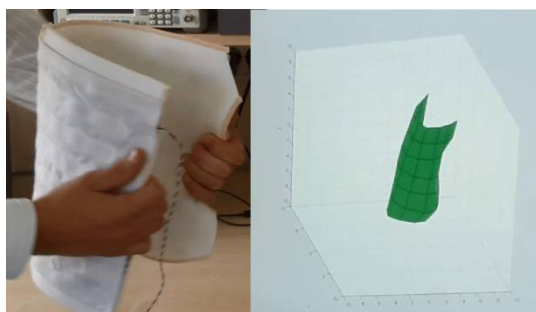
Sensoru mezgli sastāv no trīs asu paātrinājuma un magnētiskā lauka sensoriem, kā arī mikrokontrollera, kas nodrošina saikni starp sensoriem un tīkla arhitektūru. Šādu sensoru moduļu izmantošana nodrošina spēju iegūt pilnīgu informāciju par sensoru mezgla 3D orientāciju telpā. Tika izstrādāta atbilstošs mikrokontrolleru programmu nodrošinājums efektīvai sensoru nolasīšanai un datu pārsūtīšanai no abiem sensoru moduļiem. Īpaša uzmanība tiek vērsta, lai nepieciešamā funkcionalitāte varētu tikt realizēta izmantojot elektroniskās komponentes ar mazu veikspēju, jaudas patēriņu un izmēru, lai risinājumu padarītu piemērotu iestrādāšanai audumā.



Sensoru mezgla struktūra.

Tika veidota cieša sadarbība ar projektu VipTeh (Nr. 2013/0008/IDP/1.1.1.2.0/13/APIA/VIAA/016), kura ietvaros tika izstrādātas metodes virsmas formas atjaunošanai no atsevišķās vietās iegūtiem orientāciju datiem. Apvienojot VipTeh projektā izstrādāto matemātisko metodi un šī projekta ietvaros izstrādāto sensoru tīklu tika iegūta metode pilnīgai auduma formas deformāciju noteikšanai, ieskaitot deformācijas, kas veidojas ap asi, kas paralēla zemes gravitācijas

lauka virzienam, un tikai ar akselerometru tīklu nav tiešā veidā nosakāmas. Izmantojot šādu metodi stājas monitoringam, iespējams noteikt detalizētākas stājas izmaiņas un deformācijas.



Pilnīga formas deformācijas noteikšana.

Balstoties uz šo metodi tika izveidots stājas monitoringa vestes prototips, kurš sastāvēja no akselerometru/magnetometru sensoru tīkla stājas parametru noteikšanai, bezvadu raidītāja moduļa datu pārsūtīšanai, un pārnēsājamas Android ierīces, kurai tika izveidota speciāla lietojuma programma. Lietojumprogramma nodrošina stājas modeļa atjaunošanu no sensoru datiem, šī modeļa saglabāšanas un dažādas apstrādes iespējas. Programmatūra arī nodrošina tūlītēju atgriezenisko saiti lietotājam, ziņojot par stājas atbilstību vēlamajam stāvoklim.

Galvas pozīcijas monitoring

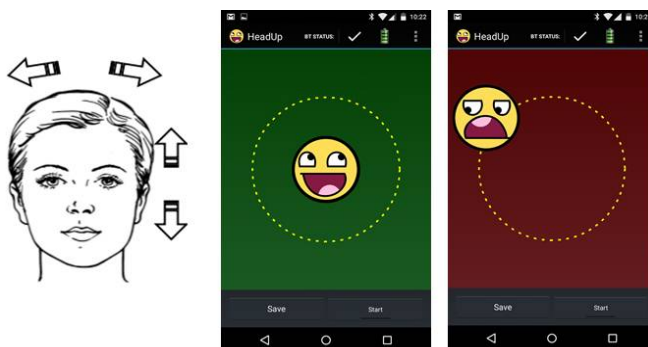
Galvas pozīcijas noteikšana

Galvas pozīcijas monitoringam tika izveidots specializēts sensoru modulis, kas sastāv no paātrinājuma/magnētiskā lauka sensoru mezgla, kāds tiek izmantots stājas monitoringa sensoru tīklā, bezvadu raidītāja datu pārsūtīšanai un baterijas. Modulis tiek piestiprināts pie valkātāja galvas, izmantojot elastīgu galvas saiti.



Sensoru modulis galvas pozīcijas monitoringam.

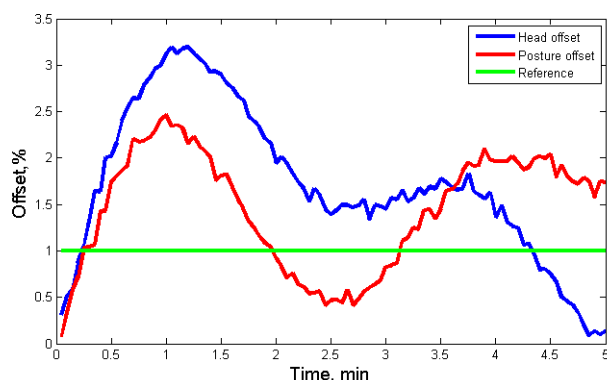
Izmantojot modulī iebūvēto sensoru mezglu iespējams noteikt galvas relatīvo pozīciju. Tika izveidota speciāla programmatūra, kas ar ļoti vienkāršotu lietotāja saskarni, sniedz atgriezenisko saiti valkātājam par galvas pozīcijas stāvokli. Lietotājs ar galvas kustībām var vadīt ekrānā redzamo objektu. Sistēma tiek nokalibrēta galvas vēlamajā stāvoklī, un tālākajā treniņa laikā nepieciešams noturēt objektu ārsta uzstādītajā laukumā. Līdz ko galvas stāvoklis novirzās prom no vēlamā, uzskatāmā veidā tiek parādīta atgriezeniskā saite vizuāli pārvietojot objektu, mainot saskarnes fona krāsu, kā arī signalizējot ar skaņas signālu.



Galvas pozīcijas monitoringa programmatūras lietotāja saskarne.

Galvas un muguras pozīcijas noteikšana

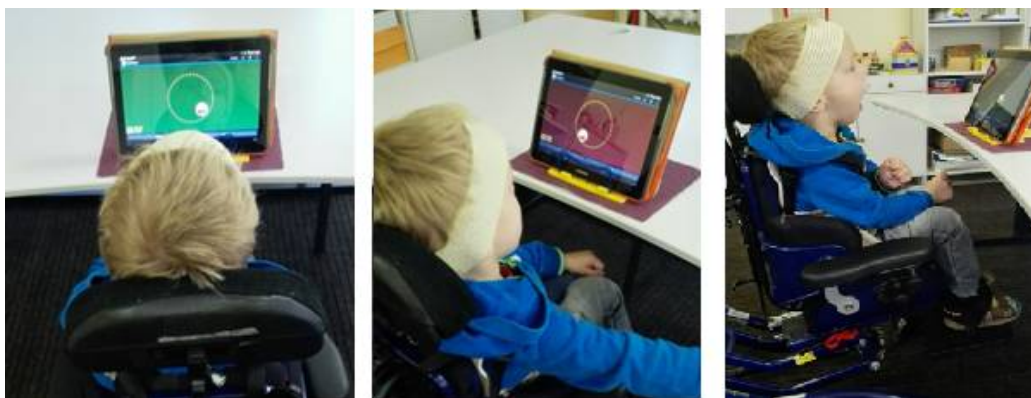
Lai iegūtu papildus informāciju par pacienta galvas pozīcijas un stājas stāvokli, tika izveidots sistēmas prototips, kas apvieno galvas pozīcijas un stājas monitoringa funkcijas. Tika izveidota veste stājas monitoringam ar papildus sensoru, kas ir stiprināms pie galvas. Tika izveidota speciāla programmatūra, kas nodrošina gan stājas modeļa atjaunošanu, gan galvas pozīcijas atgriezenisko saiti. Papildus tam sistēma treniņa laikā var saglabāt datus gan par nobīdēm no vēlamās stājas, gan nobīdēm no vēlamā galvas stāvokļa. No šiem datiem iespējams konstruēt grafikus, kas parāda kāda bijusi galvas pozīcijas un stājas modeļa nobīde no vēlamā stāvokļa, piegādājot ārstam detalizētu informāciju par treniņa sesijas norisi.



Galvas pozīcijas un muguras datu ilustrācija.

Rezultāti

Pārskata periodā tika izstrādāti vairāki sistēmu prototipi, kas tiek aprobēti rehabilitācijas centrā „MEL”, Rīgā, kas darbojas ar cerebrālās triekas pacientiem. Rehabilitācijas speciālista uzraudzībā izstrādātie prototipi tiek izmantoti kā tehniskais palīg līdzeklis rehabilitācijas procesā palīdzot uzlabot spēju noturēt vēlamu galvas pozīciju un muguras stāju.



Galvas pozīcijas un stājas monitoringa iekārtas aprobācija rehabilitācijas centrā „MEL”.

Publicētie rezultāti

Prezentācijas konferencēs:

- 2015 IEEE International Symposium on Inertial Sensors and Systems (ISISS), 23-26 March, Hapuna Beach, HI, 2015.
- 14th International Conference on Information Processing in Sensor Networks (IPSN '15). ACM, Seattle, WA, USA, 2015.
- 4th International Doctoral School of Electrical Engineering and Power Electronics, 29-30 May, “Ronishi”, Latvia.
- Summer school smart textiles for healthcare, Augst 25-28, Riga, Latvia, 2015.
- 4th Baltic & North Sea Conference on Physical and Rehabilitation medicine, September 16-18, Riga, Latvia,

2015.

Publikācijas:

- Hermanis, A.; Cacurs, R.; Greitans, M., "Shape sensing based on acceleration and magnetic sensor system," in Inertial Sensors and Systems (ISISS), 2015 IEEE International Symposium on , vol., no., pp.1-2, 23-26 March 2015
- Demo abstract - HERMANIS, A., CACURS, R., NESENBERGS, K., GREITANS, M., SYUNDYKOV, E., and SELAVO, L., 2015. Wearable sensor grid architecture for body posture and surface detection and rehabilitation. In Proceedings of the 14th International Conference on Information Processing in Sensor Networks (IPSN '15). ACM, Seattle, WA, USA, 414-415.
- Abstract - A. Hermanis, A. Greitāne, S. Geidāne, A. Ancāns, R. Cacurs, M. Greitāns, „Wearable Head and Back Posture Feedback System for Children with Cerebral Palsy”, Journal of Rehabilitation Medicine, p.777, Vol. 47., No 8, Sept, 2015.
- Iesniegta publikācija – A. Hermanis, R. Cacurs, M. Greitāns, „Acceleration and magnetic sensor network for shapesensing”, IEEE Sensors Journal.

Prezentācijas citos pasākumos:

- Izstāde skola 2015, 27 Februāris – 1. Marts, 2015.g.
- Rīgas IT Demo centra preses konference, 8. Septembris, 2015.g.
- „Zinātnieku nakts”, 25. Septembris, 2015.g.

3.Nodaļa Sensoru sistēma ceļa locītavas pārraudzībai rehabilitācijas laikā (JoSen)

Anotācija

Darbs apskata sekojošu problēmu: pacientu veselības rādītāju pārraudzība rehabilitācijas iziešanas laikā. Šī darba mērķis – izstrādāt pieeju ceļa locītavas kustību pārraudzībai rehabilitācijas laikā izmantojot vadu un bezvadu sensoru tīklu arhitektūru. Pirms sistēmas izstrādes tika veikta veselības speciālistu un bijušo pacientu intervēšana ar mērķi iegūt priekšstatu kādas grūtības pastāv fizioterapeitu darbā un atrast ar kādām problēmām saskārās pacienti pēc ceļa locītavas operācijas.

Balstoties uz iepriekšminēto, kā arī uz esošo risinājumu analīzi, tika izstrādāta sistēmas prototipa versija, kas sastāv no valkājama sensoru tīkla datu vākšanai un no lietojumprogrammatūras datu analīzei, vizualizācijai un komunikācijai ar pacientu. Sistēma spēj brīdināt lietotāju par iespējamo riska pastāvēšanu rehabilitācijas laikā (kad ārsta norādījumi netiek ievēroti).

Izstrādāts prototips tika notestēts reālos apstākļos, iesaistot pacientus un veselības speciālistu. Saņemtie rezultāti tika izmantoti sistēmas darbības precizitātes noteikšanai.

Ievads

Pēdējā dekāde tiek apzīmēta ar augošu interesi par valkājamierīcēm un implantējamiem biomedicīniskiem sensoriem [1]. Sensoru izmantošana fizioloģisku datu pārraudzībai ilgtermiņā var pozitīvi ietekmēt uz slimību diagnostiku un ārstēšanu [2]. Viens no sensoru pielietojumiem ir ceļa locītavas traumas, kas ir ļoti bieži sastopami visām vecuma grupām.

Pēc 2010. gada statistikas datiem, ASV dakteru apmeklējumu skaits ar sūdzībām uz ceļa locītavu traumām sasniedza apmēram 10.4 miljonus [3]. Ceļa locītavas traumas ir viens no biežākiem iemesliem kāpēc pacienti apmeklē savu dakteri. Ceļa locītava sastāv no vairākām struktūrām un katra no tām var būt viegli savainojama. Visbiežāk sastopamas traumas ir lūzumi, dislokācijas, sastiepumi, plīsumi u.c. Projekta ietvaros autori koncentrējas uz menisku plīsumiem, kas ir viena no izplatītākajām ceļu problēmām (61 gadījums uz 100 000 pacientiem) [4]. Vairākos gadījumos ir nepieciešama operatīva palīdzība ar vēlāko rehabilitāciju. Menisku bojājumu ārstēšanas gadījumā, rehabilitācija notiek ar uzdevumu samazināt operētas locītavas uzpampumu kā arī atgriezt normālu kustības diapazonu un nostiprināt kājas muskulatūru, ievērojot ārsta norādījumus (piem. locīšanas ierobežojumi līdz 90 grādiem, vingrošanas ilgums u.c.).

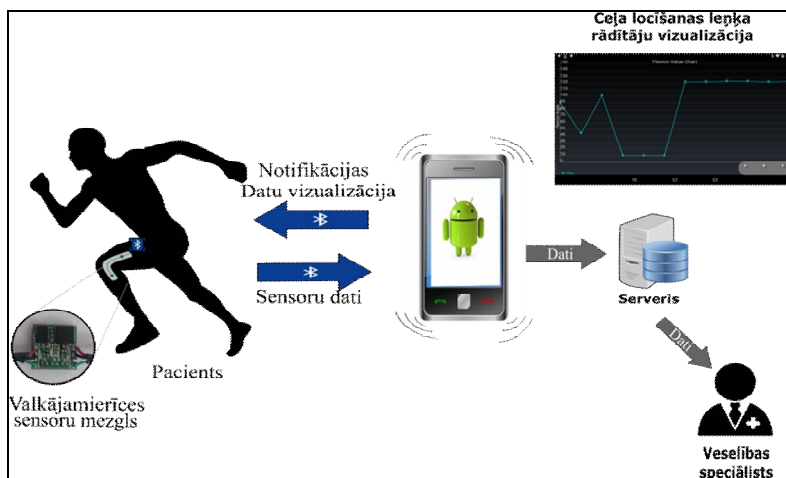


Rehabilitācijas procedūra fizioterapeita uzraudzībā.

Visbiežākais iemesls kāpēc pacienti izvēlas neatgriezties pie pirmstraumas aktivitātes līmeņa ir bailes iegūt traumu atkārtoti. Pārvarēt bailes un nenoteiktības sajūtas ir īpaši svarīgi rehabilitācijas laikā. Veicot vingrinājumus kopā ar ārstēšanas speciālistu, fizioterapeits izpilda ar psihologa lomu, motivējot pacientu pārvarēt bailes un turpināt pildīt nepieciešamus uzdevumus. Periodā, kad pacients veic šādus uzdevumus patstāvīgi, viņam patstāvīgi ir jārisina šīs problēmas. Nepārlicība par pareizi izpildītiem uzdevumiem kā arī par visu ārsta norādījumu ievērošanu, var vest pie rehabilitācijas procedūras neizpildes, kas, kā tika minēts iepriekš, var izraisīt atkārtotu meniska plīsumu vai arī izraisīt hroniskās slimības [5].

Risinājums

Piedāvātais risinājums sastāv no valkājamierīces un mobilas lietotnes kombinācijas. Ierīce sastāv no vadu un bezvadu sensoriem un iegultas iekārtas, kas spēj nolasīt datus par ceļa locīšanas leņķi laikā, kad tā ir pievienota pie pacienta ceļa locītavas. Pēc datu nolasīšanas tie tiek pārsūtīti uz mobilo ierīci, izmantojot Bluetooth bezvadu komunikācijas kanālu.

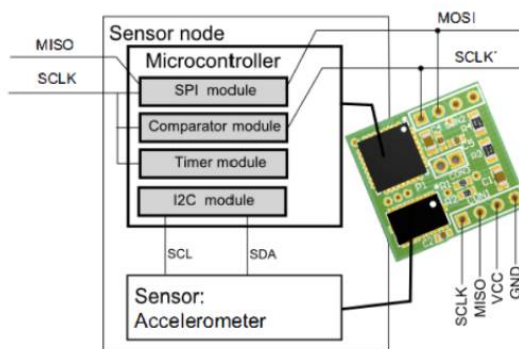


Sistēmas arhitektūras shematiskais attēlojums.

Šīs sistēmas svarīga sastāvdaļa ir mobila lietojumprogrammatūra, kura iegūst akselerometru lasījumus, izmantojot Bluetooth bezvadu komunikācijas tehnoloģiju. Tā nodarbojas ar statistisko datu apstrādi – locīšanas kustība ceļā, nodarbību ilgums u.c. Saņemot jēldatus, lietotne reāllaikā kalkūlē leņķi grādos, sakumā palaižot filtrācijas algoritmu. Aprēķināta vērtība tiek saglabāta un atspoguļota grafiskā veidā lietotāju ērtībai. Izmantojot pielāgojamo sliekšņvērtību, programma brīdina pacientu par iestatīta limita pārsniegšanu.

Valkājamierīce ceļa locīšanas leņķa noteikšanai

Viena no izstrādātās sistēmas sastāvdaļām ir valkājamierīce, kas nodarbojas ar pacientu veselības datu reģistrēšanu. Valkājamierīce sastāv no pamatplates ar MSP430 mikrokontrolieri data reģistrēšanai ar 50 Hz un 4 sensoru mezgliem, kas ietver sevī 3-aksiālus akselerometrus un magnetometrus. Ceļa locīšanas leņķa mērījumiem tika izmantoti trīs aksiālo akselerometru tīkls, kas sastāv no četriem mezgliem.



Sensoru mezgla struktūras arhitektūra.

Pēc veiksmīgas veselības datu saņemšanas no sensoriem, tos ir nepieciešami nosūtīt uz serveru tālākai glabāšanai, atspoguļošanai un analīzei. Lai to izdarītu bija svarīgi izvēlēties datu pārraides tehnoloģiju. Datu pārraidei starp ierīci un lietojumprogrammu tika izmantots Bluetooth modulis BTM-112, kas izmanto SPP (seriāla porta profilu) bezvadu datu sūtīšanai.

Lietojumprogrammatūra sensoru datu apstrādei

Mobilas lietotnes izstrāde spēlēja vienu no galvenām lomām izstrādātā projekta kontekstā. Mobilo platformu izvēle tika izdarīta, ņemot vērā tas ērtību, labas skaitļošanas iespējas, salīdzinoši zemu cenu kā arī pieejamību gala lietotājiem. Lietotnes pamatuzdevums ir no sensoru mezgliem saņemto datu analīze, apstrāde, vizualizācija un glabāšana kā arī komunikācija ar pacientu, izmantojot notifikācijas sistēmu. Komunikācijai starp valkājamierīci un mobilo iekārtu tiek izmantots Bluetooth modulis, ar kuru ir aprīkotas abas ierīces.

Projekta ietvaros tika izstrādāta lietojumprogramma Android mobilai operētājsistēmai, izmantojot Java programmēšanas valodu un MySQL datubāzes tehnoloģiju.

Ceļa locītavas leņķa kalkūlācija

Izveidojot bezvadu savienojumu ar valkājamierīci, lietotne reāllaikā sāka saņemt datu plūsmu, kura sastāv no četru sensoru mezglu rādītājiem. Iegūtie dati ir jēldati - lai izrēķinātu ceļa locīšanas leņķi tika realizēts sekojošais algoritms.

Pirmais solis leņķa atrašanai ir saņemto datu normēšana. Saņemtie jēldati no akselerometriem satur trokšņus, kas rezultātā, var būt iemesls kļūdām veiktajos aprēķinos. Šādu trokšņu rašanas var izskaidrot ar vairākiem faktoriem, piemēram: pacientu raustītas kustības, sensoru kalibrācija u.c.

Iegūstot vērtības pēc normēšanas, sistēmai ir jāizrēķina leņķis starp sensoru mezgliem trīs dimensiju telpā, kuri atrodas uz ceļa locītavas. Locīšanas leņķa vērtības atrašanai izmantosim vektoru algebru. Sensoru mezglus, kuri iekļauj sevī akselerometrus, varam iedomāties kā vektorus, kuri atrodas trīs dimensiju plaknē [6]. Balstoties uz vektoru algebru secinām, ka tādu vektoru **a** un **b** skalāro reizinājumu var izteikt kā:

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = \begin{pmatrix} a_x \\ a_y \\ a_z \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} b_x \\ b_y \\ b_z \end{pmatrix} = a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z = |\mathbf{a}| |\mathbf{b}| \cos \alpha$$

Vektoru skalāra reizinājuma formula.

Abu vektoru koordinātu vērtības (x, y un z) ir vienādas ar attiecīgo akselerometru sensoru vērtībām. No šīs formulas varam iegūt nepieciešama leņķa kosinusu, kas ir vienāds ar:

$$\cos \alpha = \frac{a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z}{\sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \sqrt{b_x^2 + b_y^2 + b_z^2}}$$

Leņķa starp akselerometriem kosinusa vērtība.

Atradot leņķa kosinusu, mēs iegūstam nepieciešamo leņķi [6]. Lai palielinātu kalkūlācijas precizitāti, prototipā tika izmantoti četri sensoru mezgli ar iebūvētiem akselerometriem. Lietotne satur sevī vairākus aprēķinu veidus, ar mērķi iegūt priekšstatu, vai sensoru skaita palielināšana pozitīvi ietekmē uz leņķa atrašanas kvalitāti. Tātad, lai atrastu leņķi starp četriem sensoru mezgliem, tika veidoti divi vektori trīs dimensiju plaknē. Tās koordinātes tika atrasti, aprēķinot vidējo svērtu mērījumu vērtību katrā asī blakus esošiem sensoriem.

Datu glabāšana un vizualizācija

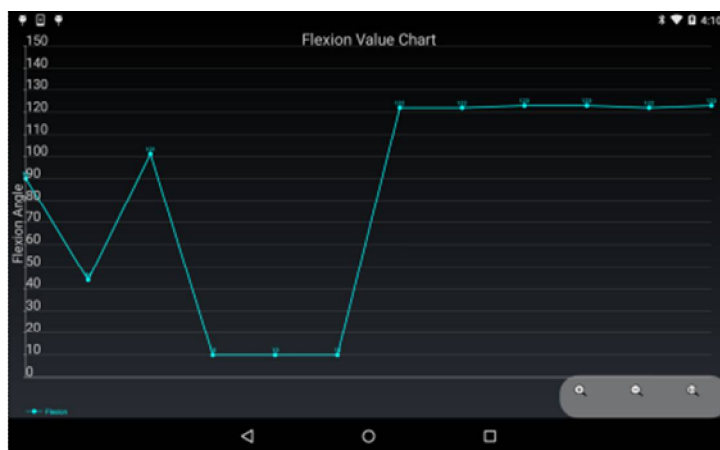
Viena no svarīgām lietotnes komponentēm ir datubāze, kas dod iespēju glabāt datus par pacienta veselības stāvokli kā arī ļauj lietotnei veikt datu grafisko attēlošanu. Projekta ietvaros tika izmantota MySQL relāciju datubāzes sistēma. Sistēmas darbībai bija nepieciešami glabāt sekojošus datus:

2.1. tabula.

Lietojumprogrammatūras datubāzes tabulas apraksts.

Nosaukums	Datu tips	Nozīme
ID	Integer Primary Key	vērtības identifikācijas numurs
flexion_value	Integer	izrēķināta ceļa locīšanas leņķa vērtība
flexion_time	Default current_timestamp	laiks, kad tika veikta attiecīgā mērījums

Lietojumprogrammatūra izmanto saglabātos datus leņķa atspoguļošanai, analīzei kā arī vērtību grafiskam attēlojumam. Izstrādātais prototips ietver sevī dinamisko lineāro diagrammu, kas reāllaikā spēj attēlot izrēķinātas locīšanas leņķa vērtības.



Saņemto locīšanas leņķa vērtību attēlošana diagrammā.

Alternatīvs veids leņķa aplūkošanai, kas tika implementēts lietojumprogrammatūrā, ir ceļa kustības animācija. Animācijas un diagrammas realizācija lietojumprogrammā dod iespēju lietotājam ērtākā veidā aplūkot ceļa locīšanas kustības datus un apskatīt vēsturiskus rādītājus.

Saņemto datu analīze komunikācijai ar lietotāju

Lietojumprogrammatūras funkcionalitāte ietver sevī ceļa locītavas aprēķināto datu analīzi. Savlaicīga paziņošana par ārsta norādīto limitu pārsniegšanu ļaus samazināt atkārtotas traumas rašanās iespējamību. Notifikāciju sistēma tika izstrādāta, balstoties uz veiktas intervijas rezultātiem ar mērķi izveidot paziņojumus, kas ir līdzīgi fizioterapeita komunikācijai ar pacientu rehabilitācijas laikā (intervijas rezultāti tiek aprakstīti sadaļā “Testēšana”). Notifikāciju realizācijai tika izmantota Android operētājsistēmas iebūvēta funkcionalitāte (*AlertDialog* klase). Katru reizi, saņemot jaunas vērtības no sensoru mezgliem, izrēķinātais leņķis tiek salīdzināts ar pielāgojamu sliekšņvērtību, kuru uzstāda pats lietotājs. Ja saņemtais leņķis ir lielāks par sliekšņvērtību, tad skaitītāja vērtība tiek palielināta un sistēma izvada paziņojumu. Lietojumprogramma satur sevī trīs dažādus paziņojumus, kuri tiek izvadīti, atkarībā no skaitītāja vērtības.

Testēšana

Projekta ietvaros tika veikta pacientu anketēšana, kuriem bija menisku bojājumi un tika veikta operācija (menishektomija vai meniska šuves uzlikšana). Pētījuma laikā tika nointervēti 20 pacienti, kuri izgāja rehabilitācijas kursu pēc ceļa locītavas operācijas. Anketēšana notika anonīmi – iegūta informācija tika izmantota tikai apkopotā veidā. Anketēšanas veikšanas mērķis bija uzzināt, kādas problēmas un grūtības pastāvēja cilvēkiem ārstēšanas laikā, it īpaši pēcoperāciju rehabilitācijas periodā.

Lielāka daļa pacientu norādīja, ka sajūta bailes un nedrošību rehabilitācijas vingrinājumu izpildes laikā un ārstu norādījumu ievērošanas pareizībā. Rehabilitācijas procedūras izpildes laikā, 70% no respondentiem bija nepieciešami ievērot noteiktu ceļa locīšanas leņķi, lai samazinātu iespēju iegūt traumu atkārtoti. Tiem pacientiem tika veikta meniska šuves uzlikšana. 3 gadījumos pacientiem tika veikta vēl viena operācija (daļējā vai pilna menishektomija) atkārtotas traumas dēļ. Divos gadījumos atkārtota trauma tika saņemta līdz rehabilitācijas procesa beigām.

Pirms prototipa izstrādes uzsākšanai tika veikta divu fizioterapeitu intervēšana ar mērķi atklāt pamatzdevumus kā arī grūtības un problēmas viņu ikdienā darbā ar pacientiem, kuri iziet rehabilitācijas posmu. Viens no speciālistiem (SIA “Sporta Medicīna 1” fizioterapeits) tika intervēts brīdī, kad autors personīgi gāja cauri meniska šuves pēcoperāciju rehabilitācijas procesam. Speciālisti norādīja, ka pacienti bieži vien izjūt bailes un nedrošības sajūtas, jūtas apspiesti pēc operācijas kā arī atveseļošanās dinamikas mainīguma dēļ – sākumā ir straujš pieaugums, pēc tam atveseļošanās process palēninās un rezultāts pacientam nav tik pamanāms.

Pēdējā prototipa testēšanas stadija notika sadarbībā ar cilvēkiem, kuri izgājuši ceļa locītavas pēcoperāciju rehabilitācijas posmu. Testēšanas laikā tika veikts pacientu pārraudzība dinamiskos apstākļos – izpildot rehabilitācijas vingrinājumus. Procesā piedalījās 2 bijušie pacienti (1 sieviete un 1 vīrietis) vecumu grupā no 22 līdz 30 gadiem. Dalībniekiem tika veiksmīgi veikta meniska šuves operācija. Testēšanas nolūkos pacienti izpildīja ārstnieciskās vingrošanas uzdevumus, kuri ir iekļauti ceļa locītavas rehabilitācijas procedūrā [7]. Izpildot vingrinājumus pacienti nesa izstrādātas valkājamierīces prototipa versiju ceļa locītavas zonā. Testēšanā piedalījās fizioterapeits, kurš deva rekomendācijas pareizai nepieciešamo vingrinājumu izpildei.



Pacients piedalās sistēmas prototipa versijas testēšanā.

Testēšanai tika izmantoti divi dažādi vingrinājumi: pietupieni, balstoties pret sienu un kājas locīšana celī. Dalībnieki izpildīja katru uzdevumu (20 piegājieni) divas reizes, pirmo reizi pārbaudot prototipa darbību (datu plūsmas stabilitāte u.c.). Otrajā izpildes reizē, katrā uzdevumā tika fiksēti 5 ceļa locīšanas leņķa vērtības, saņemot tos no valkājamierīces.

3.1. tabula.

Prototipa izrēķināta leņķa un digitāla leņķmēra iegūtas vērtības salīdzinājums.

Vingrinājuma nosaukums	Leņķis, aprēķināts ar izstrādātas sistēmas prototipu (grādos)	Leņķis, aprēķināts ar digitālu leņķmēri (grādos)
Pacients Nr. 1		
Kājas locīšana celī	102.2°	103.3°
	9.0°	10.0°
	74.7°	75.7°
	49.4°	51.4°
	50.1°	51.2°
Pietupieni, balstoties pret sienu	104.0°	100.2°
	96.9°	97.8°
	10.0°	9.1°
	67.3°	68.9°
	66.8°	67.7°
Pacients Nr. 2		
Kājas locīšana celī	92.3°	93.2°
	47.8°	48.5°
	69.3°	70.3°
	13.3°	14.2°
	27.1°	28.1°
Pietupieni, balstoties pret sienu	34.9°	35.7°
	89.5°	90.4°
	102.6°	103.7°
	76.9°	77.9°
	46.2°	48.9°

Vienlaicīgi ceļa locīšanas leņķis tika nomērīts, izmantojot digitālu leņķmēri (ražotājs Wixey) ar 0.1 grāda precizitāti.

Rezultāti

Šī projekta galvenais rezultāts ir prototipa versijas izstrāde, kas ietver sevī valkājamierīci un programmatūru veselības datu vākšanai. Sistēmas mērķis ir veikt pacientu ceļa locīšanas leņķa rādītāju pārraudzību, grafisko attēlojumu un analīzi. Valkājamierīce ir aprīkota ar četriem akselerometru sensoru mezgliem, kuri atrodas uz pacienta ceļa locītavas. Lietotne, reāllaikā saņemot sensoru lasījumus, izmantojot Bluetooth bezvadu komunikācijas kanālu, izrēķina locīšanas leņķi. Iegūtas vērtības tiek saglabātas lietotnes datubāzē, kā arī atspoguļotās lineārajā diagrammā.

Pēc projekta izstrādes, prototips tika veiksmīgi notestēts dinamiskos apstākļos, iesaistot testēšanā divus pacientus, kuri izgāja pēcoperācijas rehabilitācijas procesu. Salīdzinot sistēmā iegūtos rādītājus ar datiem no digitāla leņķmēra, kurus izmantojam kā referenci, tika iegūta relatīva kļūda: ir 0.79 grāds (+/- 0.1 grāds).

Projekta ietvaros tika izstrādāts bakalaura darbs "Iegūtais iekārtas un programmatūra veselības datu pārraudzībai rehabilitācijas laikā", kas tika novērtēts ar augstāko vērtējumu 10 (izcili) un atzīts par 2. labāko darbu Latvijas augstskolu labāko datorikas bakalaura un maģistra darbu konkursā. Projekts piedalījās starptautiskajā studentu konferencē "Health and Social Sciences" Rīgas Stradiņa universitātē. Sistēmas prototips tika veiksmīgi prezentēts "IPSN 2015" konferences demonstrācijas sesijā, kas notika Sietlā, ASV. Darbs tika publicēts abu konferenču rakstos [8,9].

Secinājumi

Pētniecības projekta ietvaros tika izvirzīts sekojošs mērķis - izpētīt pacientu veselības rādītāju pārraudzības problēmas un iespējas rehabilitācijas iziešanas laikā. Darba rezultātā tika veikta problēmas detalizēta analīze ar mērķi definēt, kādas grūtības un problēmas pastāv pacientiem kā arī veselības speciālistiem ceļa locītavas pēcoperācijas rehabilitācijas laikā.

Veicot eksistējošo risinājumu analīzi tika konstatēts, ka sistēmas spēj veikt ceļa locīšanas leņķa mērījumus, bet tās nenodarbojas ar datu analīzi, kas ir vitāli svarīgi pacientiem, izejot rehabilitācijas procesu.

Testēšanas rezultāti deva iespēju saprast izstrādātas sistēmas nepieciešamību kā arī problēmas, kas pastāv šajā jomā. Izanalizējot rezultātus no intervijām ar veselības speciālistiem, autors secināja, ka pacientu veselības rādītāju pārraudzības tēma ir aktuāla un, ka tādas sistēmas izmantošana palīdzētu rehabilitācijas procesā. Salīdzinot interviju datus ar bijušo pacientu anketēšanas rezultātiem tika secināts, ka pacienti bieži vien izjūt bailes un nedrošības sajūtas pēcoperācijas rehabilitācijas laikā – ir svarīgi paziņot pacientam par viņa veselības rādītājiem, kā arī gadījumos, kad tiek pārsniegti ārsta norādījumu limiti.

Veicot ierīces prototipa testēšanu, iesaistot pacientus, tika konstatēts, ka akselerometru izmantošana dinamiskos apstākļos samazina mērījumu precizitāti. Tas neietekmē ierīces izmantošanai rehabilitācijas nolūkos, kad vingrošanas uzdevumi ir statiski. Savukārt, citu sensoru izmantošana kopā ar akselerometriem varētu palielināt sistēmas pielietojamības iespējas.

Autors redz sistēmas tālāko attīstības virzienu kā sastāvdaļu no cilvēka veselības rādītāju pārraudzības sistēmas – izmantojot izstrādāto ierīci sinerģijā ar citiem sensoru mezgliem, sistēmai būs iespēja iegūt plašākus datus par pacienta veselību, kas ļaus medicīnas speciālistiem veikt detalizētāko veselības stāvokļa analīzi.

Atsauces

1. "Wearable and Implantable Sensors: The Patient's Perspective". J.H.M. Bergmann, V. Chandaria, A. McGregor. Sensors Journal 2012, 12.
2. "Wearable Sensors and Systems. From Enabling Technology to Clinical Applications". P. Bonato. IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine. May/June 2010.
3. "Common Knee Injuries". American Academy of Orthopaedics, 2015. Februāris. Pieejams: <http://orthoinfo.aaos.org/topic.cfm?topic=a00325>. Pārbaudīts: 18.05.2015.
4. "Suture of Meniscus". L. Pasa, P. Visna. SCRIPTA MEDICA (BRNO) –78 (3): 135–150, August 2005.
5. "Recovery from ACL Surgery: The Psychological Component". Autors: Howard J.Luks, MD Orthopedic Surgery and Sports Medicine. Pieejams: <http://goo.gl/uKmEPq>. Pārbaudīts: 19.05.2015.
6. "Tilt sensing using linear accelerometers". Autors: Freescale Semiconductor, Inc. Pieejams: http://cache.freescale.com/files/sensors/doc/app_note/AN3461.pdf?fp=1. Pārbaudīts: 28.05.2015.
7. "Rehabilitation after knee meniscus repair". Autors: Sports Medicine. Massachusetts General Hospital Orthopaedics. Pieejams: <http://www.massgeneral.org/ortho/services/sports/rehab/Meniscus%20Repair%20rehabilitation%20protocol.pdf>. Pārbaudīts: 28.05.2015.
8. "Embedded devices and software for vital signs monitoring during rehabilitation process". Autors: Emil Syundyukov. Avots: Rīga Stradiņa University International Student Conference "Health and Social Sciences" 2015. Abstracts of Health Sciences. pp. 426-427.
9. "Wearable Sensor Grid Architecture For Body Posture and Surface Detection and Rehabilitation". Autori: Atis Hermanis, Ricards Cacurs, Krisjanis Nesenbergs, Modris Greitans, Emil Syundyukov and Leo Selavo. Avots: IPSN'15. Proceedings of the 14th International Symposium on Information Processing in Sensor Networks (part of CPS Week). pp. 400-401.

4. Nodaļa Mobilā viedo sensoru sistēma veselības parametru, tai skaitā sirds darbības mērījumiem (MECG)

Anotācija

Pēc slimību profilakses un kontroles centra datiem Latvijā galvenais nāves iemesls joprojām ir sirds un asinsvadu slimības. Viens no galvenajiem sirds un asinsvadu slimību noteicošajiem testiem ir elektrokardiogrammas veikšana ar elektrokardiogrāfa palīdzību. Šo testu var veikt trīs veidos – stacionāri, slodzes un ilglaicīgi. Stacionārais tests ir visvairāk pielietotais, bet ilgst mazāk par minūti. Slodzes testu veic, ja pacientam ir sūdzības par sirds darbību nodarbojoties ar fiziskām aktivitātēm. Ilglaicīgo testu veic, lai novērotu sirds darbību ilgākā laika periodā, piemēram, 24 stundas. Izmantojot Holter sistēmu pacientam ir neērti, jo pēc testa šī ierīce ir jāatgriež ārsta kabinetā, kur tā tiek noņemta. Maģistra darbā tika veidota sistēma, kas ļauj pacientam ērti pievienot elektrokardiogrāfu, no kura ievāktie dati, izmantojot bezvadu sensoru priekšrocības, tiek nosūtīti uz datubāzi, kurā ārsts var aplūkot pacienta sirds darbības stāvokli un atbilstoši rīkoties, negaidot, kad sistēma fiziski tiks atgriezta. Cilvēka kustība un apkārtējās vides faktori ietekmē iegūtos rezultātus tādēļ dati tika analizēti, lai izfiltrētu trokšņus un iegūtu ticamākus datus par sirds darbību.

Ievads

Elektrokardiogrāfijas (EKG) novērošana ir viens no svarīgākajiem testiem, kas tiek veikts pacientiem ar potenciālām sirds darbības problēmām. Šo ierīci pirmo reizi 1903. gadā izgudroja Wilhelms Einthovens, kas vēlāk 1924. gadā par savu izgudrojumu saņēma Nobela prēmiju medicīnā.

Mūsdienās šī metode nav mainījusies. Tāpat tiek izmantoti elektrodi, kas novēro dažādos elektriskos signālus, kas veidojas sirds darbības laikā. EKG tests sniedz svarīgu informāciju par sirds iekšējo darbību, pēc šī testa var diagnosticēt nopietnus sirds ritma un vadīšanas traucējumus. Lai veiktu EKG testu pacientam jābūt konkrētām sūdzībām, piemēram, reiboņiem, samaņas zudumam, sirdsklauvēm utt. Sirds darbības elektrokardiogramma ir nozīmīgs tests visa gada gājuma cilvēkiem, jo tas sniedz svarīgu informāciju par sirds un pacienta veselības stāvokli.

Pārsvārā tiek veikts stacionārais EKG tests slimnīcās vai poliklīnikās, pacientam esot nekustīgam, un norisinās mazāk par minūti, kas nozīmē, ka ir maza iespēja, ka konkrēti šajā brīdī pacientam parādīsies kāda aritmijas problēma. Lai pacientu novērotu ilgstošā laika periodā, piemēram, 24 stundas, tiek izmantotas Holter sistēmas. Šīs ir sistēmas, kuras pacientam ļauj nodarboties ar ikdienas aktivitātēm, kamēr sistēma pieraksta informāciju par sirds darbību. Pacientam papildus nepieciešams uzkrāt informāciju par ikdienas aktivitātēm dienasgrāmatā, piemēram, strīds ar kaimiņu, vai reibonis utt.. Holter sistēma pacientam sagādā neērtības, jo tā nēsāšanas laikā nedrīkst nonākt saskarsmē ar ūdeni, tas nozīmē, ka nedrīkst iet mazgāties, vai peldēties, vai citā veidā saskarties ar ūdeni, lai ierīci nenaslapinātu. Vēl neērtības sniedz tas, ka informāciju par notiekošo ārsts uzzinās tikai pēc tam, kad Holter ierīce tiks nogādāta pie viņa atpakaļ, kas jādara pašam pacientam. No ierīces tehniķi izvelk nepieciešamos datus un tālāk nodod ārstam.

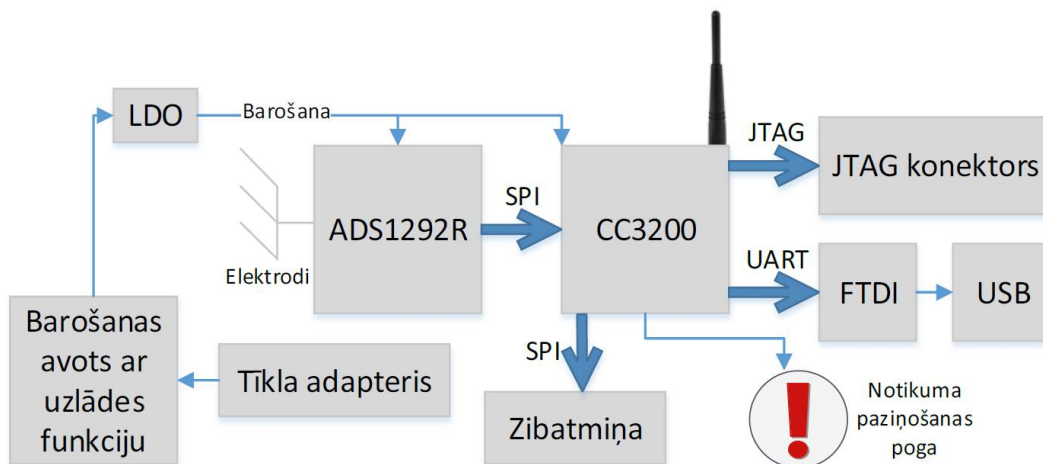
Mūsu grupa veido EKG sistēmas risinājumu, kas sevī iekļauj datu ieguvē, apstrādi un nosūtīšanu pie ieinteresētajām personām izmantojot bezvadu radio, kas atvieglo darbu gan ārstiem, gan pacientiem. Šī funkcionalitāte tiek nodrošināta izmantojot bezvadu sensoru tīklu priekšrocības.

Saistītie risinājumi

ECG grupas aktivitātēm tuvākie saistītie risinājumi ir Isansys Lifetouch sensors [1] un V-patch [2] bezvadu sirds darbības novērošanas ierīce, kuru tematika ir sirds darbības novērošana un datu pārraide pa bezvadu radio kanālu. Atšķirībā no minētajiem risinājumiem, mūsu pieeju raksturo ilgtspējīga darbība, kas var ilgt pat līdz divām kalendārajām nedēļām, kā arī iespēju pacientam pašam aplūkot savus sirds darbības datus jebkurā laikā.

Risinājums

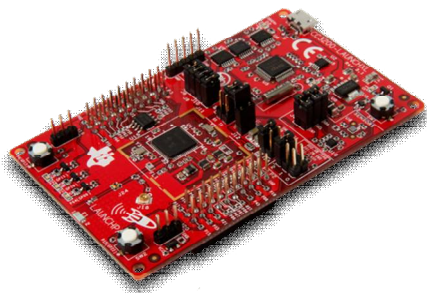
Pirms prototipa aparātūras izstrādes tika organizētas sapulces kopā ar Latvijas kardioloģijas pārstāvjiem, lai noskaidrotu viņu prasības šādai ierīcei. Pēc šīm prasībām tika izveidota blokhēma, kura jāimplementē ierīces prototipā.



Att. 0.1 Iegultās ierīces blokhēma

Lai pārbaudītu ierīces darbību tika izmantoti esošo moduļu izstrādes rīki:

- CC3200 izstrādes rīks.
- ADS1292R izstrādes rīks.



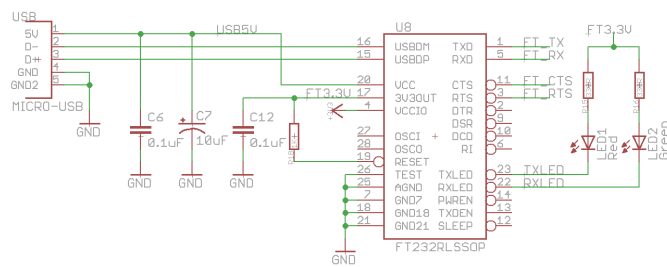
CC3200 izstrādes rīks



ADS1292R izstrādes rīks

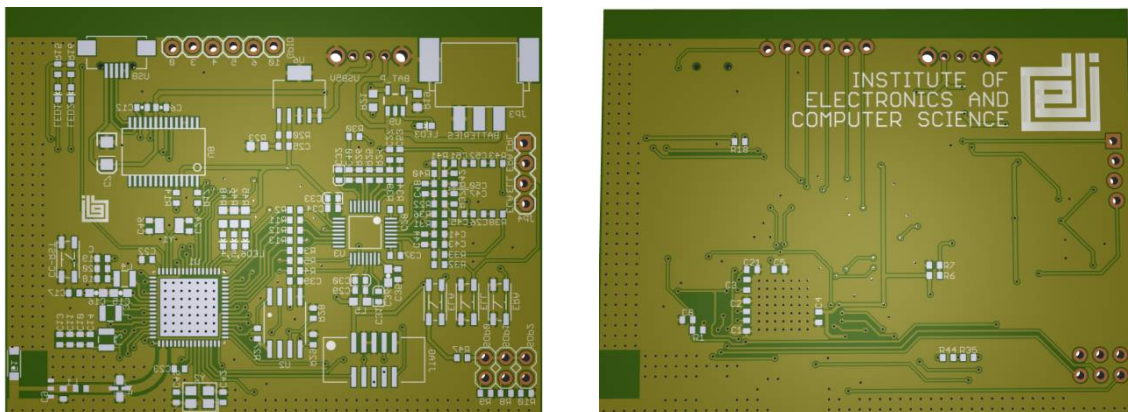
Turpinot darbu pie iegultās iekārtas prototipa aparātūras izstrādes tika izveidota prototipa iespiedplates shēma.

Kā galvenā komponente tiek izmantots CC3200 mikroprocesors, kurā tiek integrētas divas ierīces – jaudīgs mikroprocesors ARM Cortex M4 un WiFi bezvadu radio modulis, kas izmanto IEEE 802.11b/g standarta bezvadu sakaru tīklus. Sirdsdarbības datu ieguvei tiek izmantots Texas Instruments ražotais ADS1292R analoģu ciparu pārveidotājs ar integrētu elpošanas funkciju. Komunikācijai ar USB ierīcēm tiek izmantots Future Technology Devices International FT232RL komponents. Savienojumam ar iegulto iekārtu tiek izmantota RS232 saskarne.



Att. 0.4 FT232RL prototipa shēma

Tika izveidota un pasūtīta arī iegultās ierīces prototipa iespiedplate, kuras 3D modelis ir attēlots attēlā.



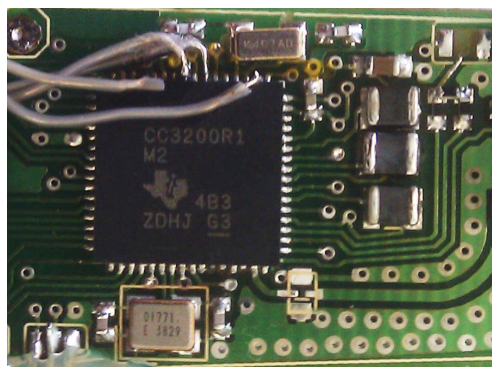
Att. 0.5 Iegultās iekārtas shēmas 3D modelis

Eksperimenti un testi

Lai pārbaudītu aparāturu tika veikti atsevišķi aparātūras testi, kas sevī iekļāva:

- Mikroprocesora testu
- Analogo ciparu pārveidotāja testu
- Bezvadu radio savienojuma testu

Šiem testiem tika izmantoti izstrādes rīki, kā arī mikroprocesoram tika izveidota atsevišķa iespiedplate, kas arī tika pārbaudīta.



CC3200 mikroprocesora iespiedplates prototips

Rezultāti

Veicot testus tika konstatēts, ka analogo ciparu pārveidotājs nodrošina nepieciešamo datu pārraides plūsmu, lai precīzi tiktu noteikta cilvēka sirdsdarbība [Att. 0.6].



Att. 0.6 Sirds darbības novērošanas testa rezultāti

Tika pārbaudīti savienojumi ar mikroprocesoru, lai noskaidrotu mūsu ierīcei labāko kontaktu izvietošanu izmantojot CC3200 pinMux programmatūru.

Kopsavilkums

Projekta grupas darbības laikā tika veikta izpēte par iegultās ierīces izmantošanas iespējām organizējot sapulces kopā ar Latvijas kardioloģijas pārstāvjiem. Tika notestētas elektronikas komponentes un izveidota prototipa iekārtas shēma.

Nākotnes perspektīvas

- Veikt prototipa iespaidplates testus.
- Uzlabot datu apstrādi izveidojot attiecīgo atbalsta programmatūru
- Izveidot datubāzi kurā tiek uzglabāti dati, kurus iespējams aplūkot ieinteresētajām personām

Atsauces

1. „Lifetouch sensora ražotājs,” Isansys, [Tiešsaiste]. Available: <http://www.isansys.com/>. [Piekļūts 2015].
2. „V-patch bezvadu EKG sistēma,” V-patch medical, [Tiešsaiste]. Available: <http://vpatchmedical.com/>. [Piekļūts 2015].

5. Nodaļa Signālu, tai skaitā attēlu apstrāde viedo transporta sistēmu vides vērtēšanai(ImPro)

Objektu detektēšanas attēlos process iedalās sekojošās daļās:

- pazīmju iegūšana par attēlā esošiem objektiem,
- objektu klasificēšana (sadališana klasēs) pēc savāktām pazīmēm.

Abām daļām pastāv dažādas pieejas datu savākšanai/apstrādei un ir sarežģīti apkopot visas pastāvošās metodes īsā aprakstā. Informācija par katru attēla objektu tiek noformulēta skaitļu virknes (vektora, vai punkta koordināšu) formā. Ja šīs skaitļu virknes garums ir apzīmēts ar N , tad, izmantojot šo pieeju, katrs objekts ir reprezentējams kā punkts N -dimensionālā telpā, ko sauc par *pazīmju telpu*. Ideāli, ja dažādu interesējošu klašu objekti ir atdalāmi pazīmju telpā, taču tas ne vienmēr ir iespējams izvēlētai pazīmju kopai vai objektu grupai. Tāpēc ir svarīga pareiza pazīmju izvēle. Daudzu klasifikatoru darbības principus var izskaidrot ar punktu atdalīšanu N -dimensiju telpā. Taču pastāv arī citi paņēmieni: piemēram, punkta pazīmes. Šeit, informācija par attēla objektiem tiek savākta atsevišķajos punktos un *parauga* (interesējoša objekta) meklēšana attēlā var norisināties citā veidā, nekā ar N -dimensijas pazīmju vektoriem. Tad kļūst svarīgi spēt izdalīt punkta pazīmes attēlā ar lielu atkārtojamību – lai dažādos attēlos šie punkti tiktu izdalīti vieniem un tiem pašiem redzamās ainas reģioniem.

Apkopojot augšā teikto, bieži attēlu apstrādes uzdevums ir nodrošināt pareizo attēla primitīvu izdalīšanu attēlos. Par *attēlu primitīviem* saucim pikseļu grupas ar definētām vai atkārtojamām īpašībām. Attēlu primitīvi var būt ar dažādām sarežģītības pakāpēm, sākot no visvienkāršākā – attēla pikseļiem tieši (katrs pikselis atsevišķi), un beidzot ar sarežģītām pikseļu grupām.

Visvienkāršākais izmantojamais attēla primitīvs ir attēla reģions (*image patch*; tai skaitā arī ar izmēru 1×1 , jeb atsevišķs pikselis) un visvienkāršākais princips attēla reģiona izvēlei ir slīdošais logs (sliding window), kad apskata visus iespējamus attēla reģionus, cerot ka klasifikators no tiem visiem atlasīs tikai vajadzīgus. Sarežģītāki paņēmieni prasa sarežģītāku attēla reģionu izdalīšanu un aprakstīšanu pirms nodošanai klasifikatoram. Lai gan jāpiebilst kā arī šajā gadījumā visbiežāk primitīvu izdalīšanas paņēmiens balstās uz slīdošā loga izmantošanu (piemēram, veicot konvolūciju).

VPP pētījuma objektu atpazīšanas jomā 1. posmā tika apskatīts un attīstīts līniju detektēšanas un aprakstīšanas algoritms – *Complex Matched Filtering* (CMF).

Detektors un deskriptors

Šie divi jēdzieni ir jāatšķir:

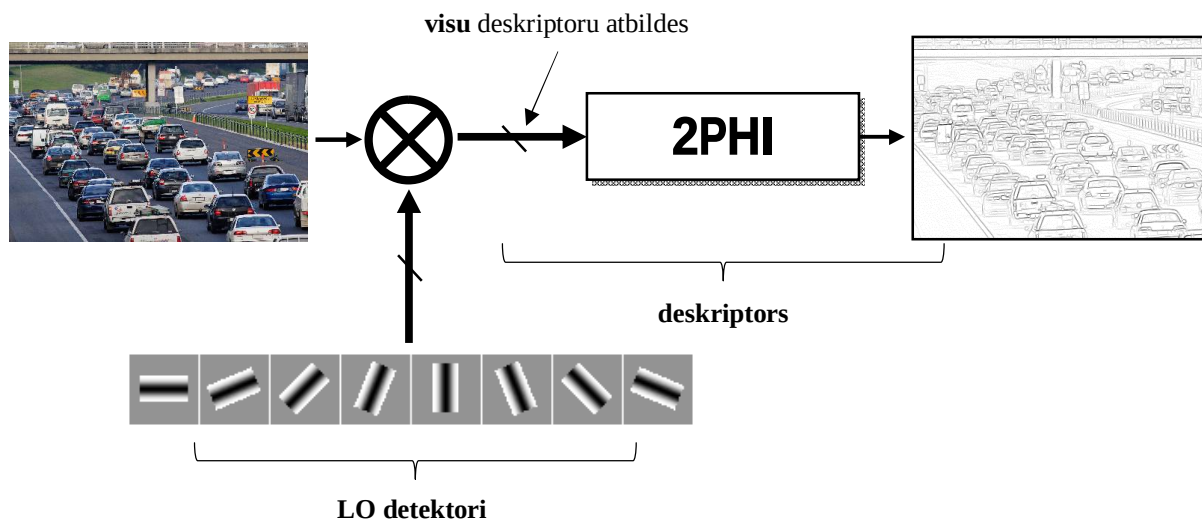
- Par *detektoru* saucim algoritmu kas ir spējīgs konstatēt attēlā interesējošu attēla primitīvu.
- Par *deskriptoru* saucim algoritmu kas ir spējīgs konstatēt attēla primitīvam sastādīt pazīmju vektoru interesējošā formātā.

Detektoram parasti tiek izvirzīts (algoritmiski) sarežģītāks uzdevums, nekā deskriptoram. Tā, piemēram, pie detektora prasībām pieder *invariance* – spēja ar lielu varbūtību konstatēt to pašu attēla primitīvu, neatkarīgi no attēlam piemērojamām vizuālām transformācijām (apgaismojuma, rotācijas, mēroga, utml.). Detektoru arī visbiežāk piemēro visam attēlam, izmantojot slīdošu logu, lai gan deskriptoru bieži piemēro tikai tiem attēlu reģioniem, kuros ir nostrādājis detektors. Gadījumā ja viens detektors nespēj nodrošināt invarianci pret interesējošu transformāciju, var izmantot vairākus detektorus – katru savam attēla primitīva vizuālam izskatam – un tad apvienot visu savāktu informāciju.

Pētījums

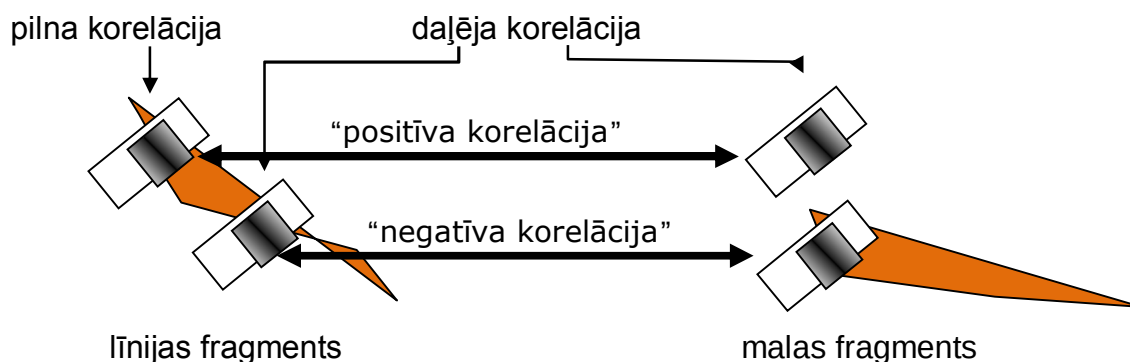
Complex Matched Filtering [1] tiek izmantots līnijveidīgu objektu (LO) vai līniju detektēšanai un aprakstīšanai attēlos un tradicionāli sastāv no divām daļām (1. att):

- vairāki LO detektori (katrs detektors savai LO rotācijai),
- deskriptors, kas apvieno visu detektoru savāktu informāciju un apraksta detektējamo LO vai līniju.



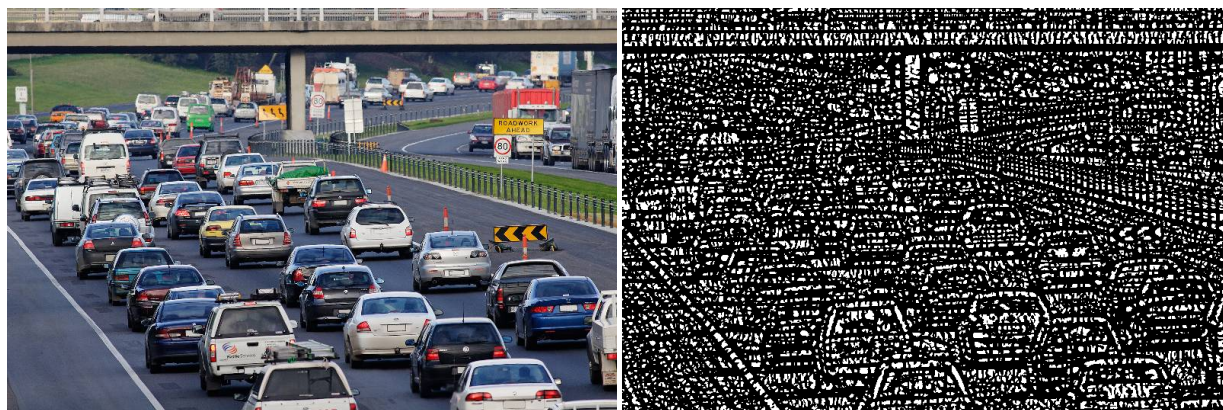
1. att. CMF struktūrshēma

CMF izmantotie LO detektori balstās uz konvolūciju un „salīdzina” apskatāmo attēla reģionu ar LO (filtra masku). Šīs darbības rezultāts ir skaitlis, kas novērtē filtra maskas līdzību ar attēla reģionu. Skaitļa interpretācija un vērtība ir stipri atkarīga no attēla reģiona, tāpēc izšķir vairākas tipiskās situācijas:



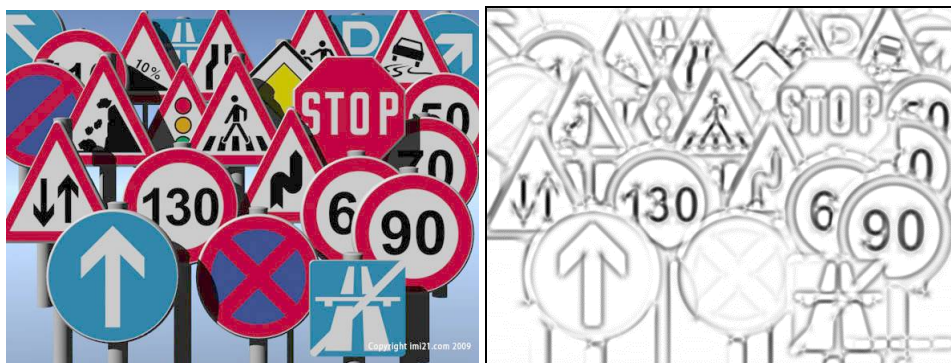
2. att. Korelācijas veidi

Pastāv vairākas filtra modifikācijas, taču interesējoša tagad ir Non-Halo CMF (NH-CMF) [2], kurā negatīvas korelācijas rezultāti tiek atmeti. Jāpiebilst arī ka pat šajā gadījumā pozitīvās korelācijas rezultāts tiek sastapts ļoti bieži. Attēla 3 kreisajā pusē ir parādīts ieejas attēls, kuru apstrādā ar NH-CMF, bet labajā pusē – attēls, kas ar melniem pikseliem norāda vietas, kur vismaz viens no detektoriem ir nostrādājis:



3. att. Detektoru darbības novērtējums

Tik bieža detektoru reaģēšana var palēnināt turpmāko attēla apstrādi (dēļ priekšapstrādē ģenerēto punktu liela skaita), kā arī apgrūtināt datu interpretāciju. Kā redzams no 2. att., pozitīvās korelācijas dēļ detektori mēdz nostrādāt arī objektu malās, kur mainās tikai pikseļa intensitāte. 4. attēlā ir parādīts piemērs ceļa zīmju attēla apstrādei izmantojot NH-CMF:



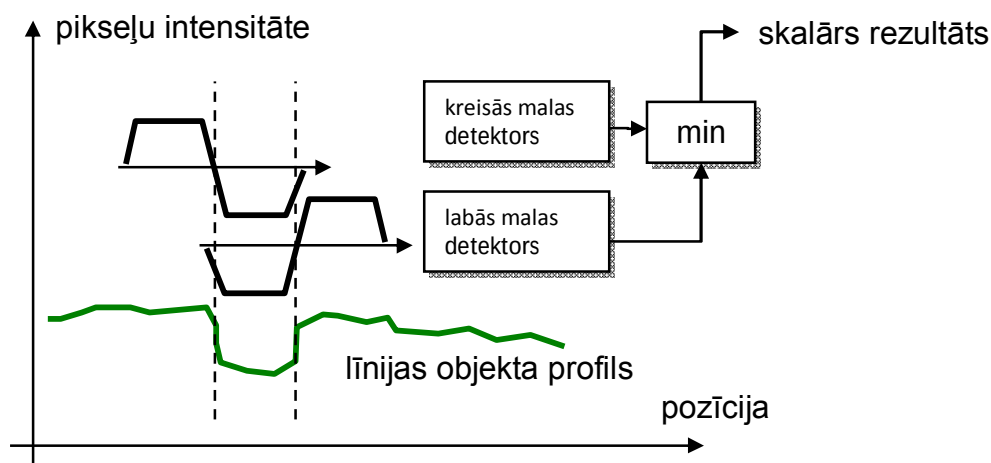
4. att. Ceļa zīmju attēla apstrāde ar NH-CMF (izdalīti tumšie LO)

Ir redzams ka daļējas korelācijas rezultātā attēlā tiek izdalītas liekas detaļas, par kurām var uzskatīt ceļa zīmju malas, ja uzdevums ir detektēt ceļazīmju tekstu.

Uzdevums tiek noformulēts šādi: izstrādāt līniju detektoru, kas nereaģēs uz objektu malām, bet reaģēs tikai uz noteikta platuma līnijām. Starp alternatīvām pieejām var minēt sekojošas:

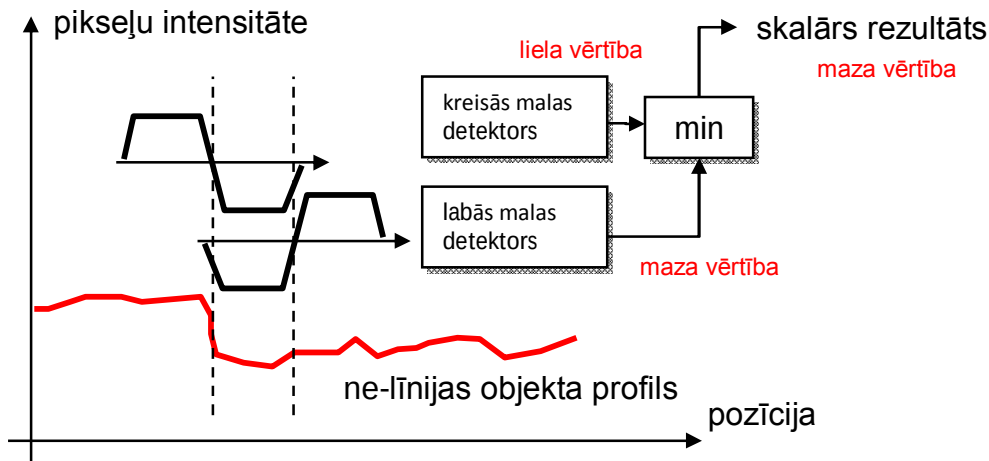
Minimums starp „kreiso” un „labo” līnijas malu

Raksta [3] autori piedāvā līniju, kuras pikseļu intensitāšu profils līnijas šķērsgriezumā sastāv no divām malām detektēt pēc katras no malām atsevišķi (ilustrē 5. attēls).



5. att. Līnijas detektēšana pēc kreisās un labās malām, metode [3]

Šādas pieejas pamatā ir fakts ka ne-līnijas gadījumā viens malas detektors noreagēs ar mazu vērtību un rezultāts arī būs maza vērtība (ilustrē 6. attēls).

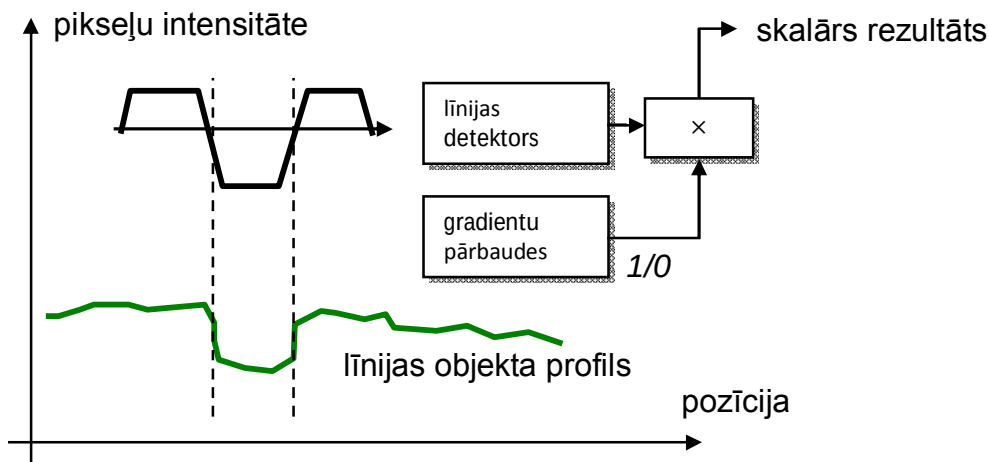


6. att. Ne-līnijas atsijāšana izmantojot metodi [3]

Šis paņēmiens ir algoritmiski viegli izpildāms, taču tam ir trūkums – detektētas līnijas intensitātes (pēc min operācijas) atkarība no fona gradienta vērtības.

Vēnu un rievu filtrs

Rakstā [4] tika piedāvāts sarežģītāka metode līniju detektēšanai, kas spēja atšķirt savā starpā vairāk par pusi no rievām / asinsvadiem. Metodes pamatā ir LO detektēšana un rezultāta nullēšana, ja apskatāmais attēla fragments neizies definētas pārbaudes (ilustrē 7. att):

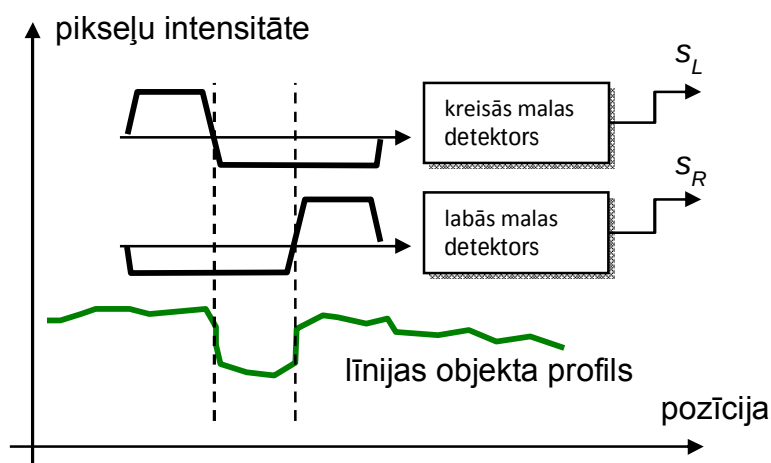


7. att. Metodes [4] ilustrācija

Metode [4] dod stabilāku filtrācijas rezultātu, taču ir izstrādāta pārāk šauram pielietojumam biometrijā un tāpēc dažās situācijās ir grūti izmantojama alternatīviem uzdevumiem.

Izstrādātais filtrs

Tika izstrādāts filtrs, kura darbību demonstrē 8. attēls:



8. att. Izstrādāta filtra blokshēma un maskas

Malu detektoru filtra reakcijas tiek apzīmētas sekojoši: s_L un s_R . Pie mainīga fona gradienta summa $s_L + s_R \approx \text{const}$, ne-līnijas gadījumā $|s_L| \gg |s_R|$ vai $|s_L| \ll |s_R|$. Tāpēc līnijas detektora reakcija tiek aprēķināta sekojoši:

$$s = R[2(s_L + s_R) - R[s_L] - R[s_R]]$$

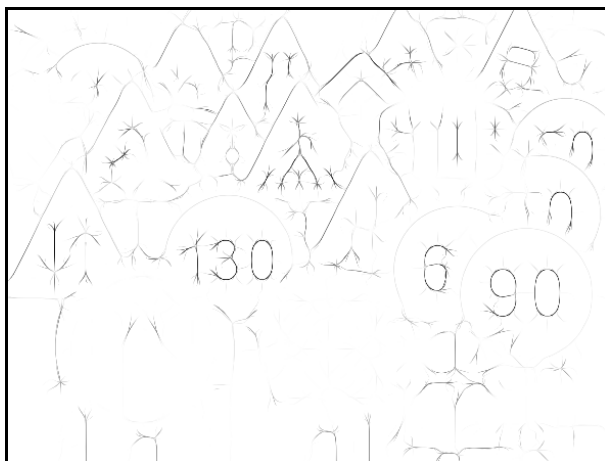
kur $R[x] = 0.5 \cdot (x + |x|)$ (ramp function).

Rezultāti

Eksperimenti ar attēliem parādīja ka piedāvātais paņēmieni nodrošina stabilāku filtra reakcijas atkarību no detektējamās līnijas izteiktības (intensitātes un resnuma), un lielāku neatkarību no fona gradienta vērtības. Par izveidotu filtru (teorētiskais pamatojums un eksperimentu apraksts/rezultāti) sagatavota publikācija ISPA 2015 konferencei.

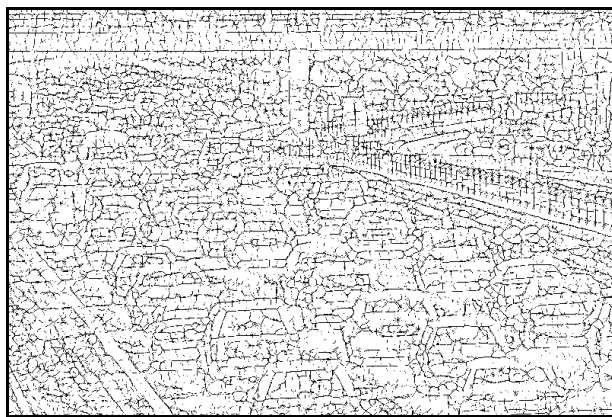
Publikācijas nosaukums: *Mihails Pudzs, Rihards Fuksis, Agris Mucenieks, Modris Greitans, Complex Matched Filter for Line Detection, 9th International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis, 2015.*

Attēls 9 ilustrē ceļa zīmju attēla filtrāciju izmantojot piedāvāto filtru. Var redzēt, ka salīdzinājumā ar 4. att. labajā pusē parādīto attēlu, šeit tiek izdalīts mazāk nesvarīgu detaļu, un ir redzams no līnijām sastāvošais teksts.



9. att. Ceļa zīmju attēla apstrādes rezultāts ar piedāvāto L-NH-CMF filtru

Attiecība pret līniju detektoriem, 10. attēls ilustrē 3. attēla vietas, kuros vismaz viens L-NH-CMF līniju detektors ir noreagējis pozitīvi. Ja šos pikselus izmanto kā starta pozīciju citu detaļu meklēšanai, tad kopējais attēla apstrādes laiks kļūst mazāks nekā NH-CMF piemērā, tāpēc ka šajā piemēra pikseļu ir mazāk. Taču, strādājot ar L-NH-CMF ir jābūt uzmanīgam, jo tas mazāk detektē objektu malas, bet ne visu objektu robežas ir redzamas ar izteiktām līnijām (nevis LO) malām.



10. att. Līniju detektoru darbības novērtējums

Atsauces

- [1] M.Greitans, M.Pudzs, R.Fuksis. „Object Analysis in Images Using Complex 2d Matched Filters”, Proceedings of the IEEE Region 8 Conference EUROCON 2009. Saint–Petersburg, Russia, May, 2009., pp. 1392-1397.
- [2] M.Pudzs, M.Greitans, R.Fuksis. "Complex 2D Matched Filtering Without Halo Artifacts". 18th International Conference on Systems, Signals and Image Processing, IWSSIP 2011, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, June 16-18, 2011, pp. 109-112.
- [3] Th. M. Koller, G. Gerig, G. Szekely, and D. Dettwiler, “Multiscale detection of curvilinear structures in 2-D and 3-D image data”, 1995, pp. 864-869, IEEE Computer Society Press.
- [4] Eglitis, T., Pudzs, M., Greitans, M., 2014. Bimodal palm biometric feature extraction using a single RGB image, International Conference of the Biometrics Special Interest Group (BIOSIG 2014),September 2014.

6. Nodaļa Viedā transporta līdzekļa sistēma drošākai un efektīvākai braukšanai (GCDC)

Anotācija

Šajā darbā ir aprakstītas aktivitātes, kas saistītas ar Latvijas komandas gatavošanos i-GAME GCDC sacensībām, kuras notiks 2016. gada 23-31. maijā. Aprakstīti galvenie darba rezultāti par 2015. gada periodu, sniegts iecerētā risinājuma idejas apraksts un turpmāko darbu plāns.

Ievads

i-GAME ir auto kooperatīvās braukšanas sacensības (interoperable Grand cooperative driving challenge (GCDC) AutoMation Experience), kuru fināls notiks 2016. gada 23-31. maijā. Sacensību uzdevums būs maksimāli efektīvi realizēt trīs scenārijus, kas ir tipiski uz ātrgaitas šosejām un pilsētā. Šī izaicinājuma atšķirība no daudziem citiem autonomo auto projektiem ir tajā, ka šeit scenāriji ir jārealizē efektīvi visu automašīnu grupai kopumā. Tādēļ scenārija izpildē iesaistītie auto ir aprīkoti ar datu pārraides un uztveršanas līdzekļiem, kas dod visiem auto diezgan precīzu informāciju par infrastruktūru un citiem auto. Tas dod iespēju jau laicīgi plānot manevru līgani, bez nevajadzīgiem rāvieniem un ārkārtas bremsēšanas.

GCDC-2016 sacensībās¹ ir paredzēti šādi scenāriji:

- Scenārijs 1: Ceļa remonts. Divu auto plūsmu pārkārtošanās uz vienu joslu;
- Scenārijs 2: Krustojuma šķērsošana;
- Scenārijs 3: Ceļa došana operatīvajam transportlīdzeklim (papildscenārijs, kurš vērtēts netiks).

GCDC-2016 sacensībām jau šajā gadā ir sācies sagatavošanās periods, kura laikā organizatori rīko ikmēneša internet "webinārus" ar potenciālajiem dalībniekiem, kā arī citos veidos notiek informācijas apmaiņa. Ir noticis jau viens seminārs klātienē, Eindhovenas Tehniskajā universitātē².

Pirmās GCDC sacensības notika 2011. gadā un togad piedalījās arī komanda no Latvijas (no Latvijas Universitātes un Elektronikas un Datorzinātņu Institūta).

Arī 2016. gadā tiek plānota Latvijas komandas piedalīšanās un pēdējos mēnešos notiek informācijas apmaiņa ar organizatoriem un citiem dalībniekiem, lai precizētu prasības, un tiek gatavots auto risinājums.

Šī atskaite sastāv no sekojošām sadaļām:

- Ievads (šī sadaļa);
- Risinājums – apraksts risinājumam, kāds ir šobrīd iecerēts;
- Rezultāti – citi darba rezultāti uz šo brīdi;
- Kopsavilkums un secinājumi – īss darba rezumējums;
- Turpmākais darbu plāns.

Risinājums

Auto vadības ekrāns un vadības pults

Tiks realizēts lietotājam ērts vadības ekrāns kā papildinājums šofera vadības indikatoriem. Tas nodrošinās sekojošu logu attēlošanu:

1. Braukšanas režīma logs – ļauj šoferim ieslēgt vienu no braukšanas režīmiem:
 - manuālā vadība, kas ir tradicionālais auto vadīšanas veids;
 - kolektīvā adaptīvā kruīzkontrole (CACC – Cooperative Adaptive Cruise Control), kas nozīmē braukšanu "plato" – rindā ar citiem auto, apmainoties ar datiem pa tīklu, ievērojot distanci un ierindu.
2. Parametru logs – ļauj uzstādīt parametrus katram braukšanas režīmam (ātrums, intervāls līdz blakusesošajam, u.c.);
3. Sistēmas uzstādījumu logs – uzstādījumi, kas kopēji visai sistēmai.

Izmantojot vadības pulti, šoferis varēs konfigurēt sistēmas iestādījumus, ieslēgt/izslēgt CACC braukšanas režīmu. Ieslēdzot CACC režīmu, auto vadība tiks nodota "Auto vadības sistēmai", kas tiek aprakstīta nākamajās sadaļās. CACC

¹ Sīkāka informācija par GCDC-2016 – <http://gcdc.net>

² Eindhovenas Tehniskā universitāte (TU/e) ir viens no sacensību organizatoriem. Pārējie organizatori – TNO (<https://www.tno.nl/en/>), IDIADA (<http://www.applusidiada.com>) un Viktoria Swedish ICT (<https://www.viktoria.se>)

Tiks realizēta sekojoša braukšanas režīma indikācija ar bākugunīm uz auto jumta:

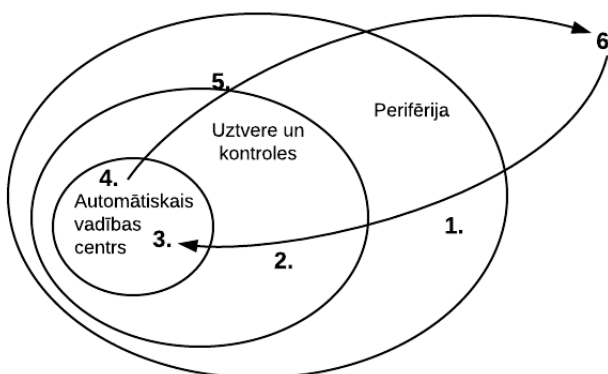
- Tiks nodrošināta īpaša viegli pamanāma un mehāniski nospiežama poga, kuru nospiežot, auto nekavējoties tiek atgriezts manuālās vadības režīmā. Manuālās vadības režīms nekavējoties tiek atgriezts arī situācijās, ja CACC režīma laikā šoferis pakustina stūri vai uzspiež kādu no pedāliem.

Auto vadības sistēma, kas nodrošina automātisko CACC režīmu un sacensību scenāriju izpildi, sastāv no automātiskā vadības centra, kas nodrošina vadību, un perifērijas, kas nodrošina apkārtnes uztveri un auto vadību (sk. attēlu).

1. saņem no perifērijas noteiktā veidā sagatavotu informāciju par aktuālo situāciju auto un tā apkārtņē, par uzdevumiem, kas tiek izpildīti pašreiz, un par uzdevumiem, kas būs jāveic;
2. pieņem lēmumu, atbilstoši saņemtajai informācijai un auto zināšanām, prasmēm, principiem un mērķiem;
3. dod vadības komandas perifērijai (sava auto aktuatoriem, kas “realizē lēmumus dzīvē”).

1. sensoriem, kas nolasa datus par savu auto un tā apkārtni;
2. tīkla, pa kuru tiek saņemta informācija par citiem auto un infrastruktūru, kā arī nosūtīta informācija par sevi;
3. aktuatoriem, kas nodrošina auto vadības – gāzes, bremzes, stūres mikrokomandu izpildi.

1. uztveres, kas veic sensoru datu saņemšanu, retināšanu, sākotnējo filtrēšanu un cita veida apstrādes, kas no sākotnējā milzīgā sensoru datu apjoma sagatavo informācijas “kondensātu” tādā formā un apjomā, kas ir izmantojams lēmuma pieņemšanai;
2. kontrolēm, kas pārveido automātiskā vadības centra augsta līmeņa komandas un scenārija soļus uz auto dinamiskā modeļa mikrokomandām, kas saprotamas auto aktuatoru kontrolieriem.



1. auto un apkārtnes uztveršana;
2. uztvertās informācijas filtrēšana un apstrāde;
3. lēmuma pieņemšana;
4. vadības komandu došana;
5. vadības komandu izpilde;
6. vadības komandu un citu apstākļu izraisītās izmaiņas auto un apkārtnē.

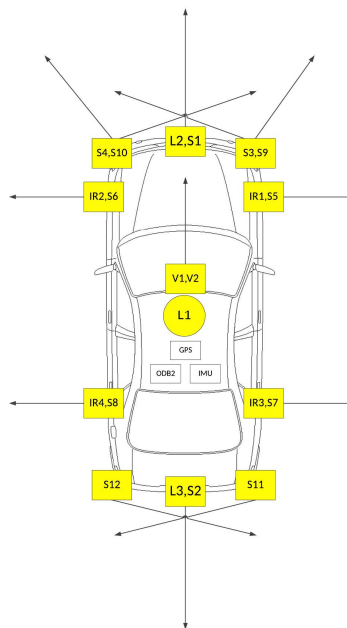
Auto sensori un datu apmaiņa pa tīklu

No auto sensoru datiem tiks veidots un periodiski atjaunots t.s. auto “pasaules modelis”, kurš tiks sagatavots no datiem, ko sniedz paša auto sensori un datiem, kas tiek saņemti pa tīklu.

Par “pasaules modeli” tiek saukta datu kopa ar noteiktu struktūru, kas sastāv no sekojošām daļām:

1. Paša auto parametru dati – ātrums, paātrinājums, atrašanās vieta – tiks iegūti no auto diagnostikas saskarnes (OBD2), žirostabilizatora (IMU Xsens MTi-G) un GPS uztvērēja (Oxts RTS-GPS, precizitāte 1cm). Tiks izmantots vēl viens GPS uztvērējs un žirostabilizators, kuru funkcija būs dublēt šo iekārtu rādījumus, lai nodrošinātu augstāku rādījumu stabilitāti un spēju darboties pat, ja atsaka kāda no iekārtām.
2. Auto redzamās apkārtnes modelis tiks veidots, saņemot datus
no apkārtnes sensoriem. Auto tiks izmantoti sekojoši sensori.

- Auto redzamās apkārtnes pamats tiks veidots, uz auto jumta novietojot Velodyne Lidar HDL-32E (L1), kurš izmantojot infrasarkanā diapazona 905nm lāzera staru, spēj noteikt attālumu līdz tuvākajiem šķēršļiem, kas atrodas no 1m līdz 70m attālumā no auto, ar precizitāti 2.5cm. Iegūtā apkārtnes attēla izšķirtspēja ir ~1° horizontāli un ap 1.5° vertikāli. HDL-32H dati tiek saistīti ar GPS datiem un pieskaņoti absolūtajām koordinātēm. Tā kā HDL-32H iekārta ģenerē ievērojamu datu apjomu (~1MB/s) un tik augsta izšķirtspēja mūsu lietojumam nav vajadzīga, tās dati vēl pirms saglabāšanas pēc īpaša algoritma tiek padarīti rupjāki. HDL-32H nodrošinās plašu apkārtnes aptvērumu (360° horizontāli un -11°..+33° vertikāli), kas ļaus tās radīto apkārtnes attēlu izmantot kā pamatu auto apkārtnes modelim. Tomēr arī HDL-32H ir daži “tumšie apgabali” un tas var arī kļūdīties, tādēļ HDL-32H sniegtie dati par objektiem tiek izmantoti tikai kā objektu “kandidāti”. Lai pārlicinātos, ka “kandidāti” patiešām ir īsti objekti, šie apkārtnes apgabali tiek pārbaudīti vēl ar citām metodēm, kas aprakstītas zemāk. Ja citas metodes arī apliecina objekta esamību, “kandidāts” kļūst par objektu redzamās apkārtnes modelī. Un otrādi, ar citām metodēm noteiktie objekti tiek iekļauti modelī pat tad, ja HDL-32H tos “neredz”.



- Ultraskaņas sensori (sonari) ir viena no papildus metodēm, kas tiks izmantota, lai papildus apzinātu objektus ap auto. Ultraskaņas sensoru mērījumi zemākas frekvences dēļ ir ar mazāku izšķirtspēju, nekā lidaru mērījumi, tādēļ šie sensori tiek lietoti attālumu noteikšanai līdz lielākiem objektiem, piemēram apmalēm, blakusbraucošajiem auto (S3-S12) (HC-SR04, darbība līdz 4m), līdz priekšā un aizmugurē braucošajiem auto (S1-S2) (MB7383, darbība līdz 10m).
- Infrasarkano staru sensori IR1-IR4 (Sharp GP2Y0A02 un GP2Y0A710, darbība 0.2m-5m) tiek izmantoti kā vēl viena papildmetode, lai apstiprinātu lidar rādījumus. Infrasarkanā staru sensori tiek izmantoti, lai precizētu attālumu līdz blakusesošam auto abās pusēs.
- Lai precizētu auto attālumu līdz priekšā un aizmugurē braucošajiem auto, tiks izmantota uz Lidar Lite v2 bāzēta iekārta horizontālā ranga skanēšanai 120°-180° diapazonā (L1,L2), vai radars.
- Tiks izmantotas divas video kameras (V1,V2) (5MP Omnivision 5647), ar kurām tiek identificēti auto priekšā esošie objekti redzamajā gaismas diapazonā. Divu vienādu videokameru izmantošana ļaus novērtēt attālumu līdz tiem.

Šāda apkārtnes modeļa veidošanas pieeja ar dažādām metodēm, kas viena otru papildina un dublē, nodrošina to, ka rezultātā iegūtais apkārtnes modelis ir uzticamāks, kā arī auto nekļūst pilnīgi “akls” uzreiz, ja iziet no ierindas kāds no sensoriem, kas ir svarīgi uz ceļa.

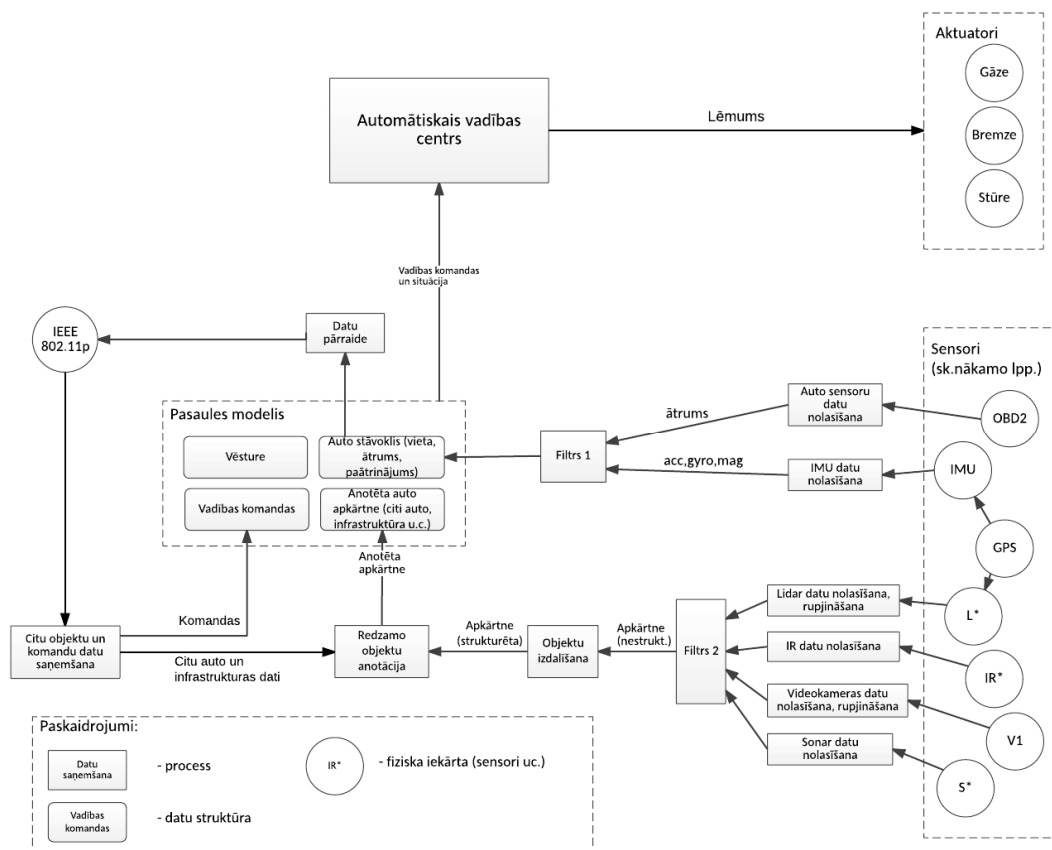
3. Lai nodrošinātu ITS-G5 prasībām atbilstošu datu apmaiņu starp auto un citiem auto (vehicle-to-vehicle, V2V), kā arī starp auto un ceļa infrastruktūru (vehicle-to-infrastructure, V2I), tiks izmantots PCEngines Alix APU1D tīkla dators ar Athero9 tīkla karti. Tiks izmantots īpaši GCDC-2016 projektam nkomplektēts uz Voyage Linux un atvērtā koda programmatūru balstīts tīkla steks, kas transporta un tīkla līmenī nodrošina protokolus BTP/GeoNetworking, bet datu posma (data link) līmenī – protokolu IEEE 802.11p.

Auto aktuatoru vadīšana

GCDC-2016 scenāriju izpildei jānodrošina auto gāzēšana, bremzēšana, un stūrēšana, izmantojot elektronisku saskarni. Tā tiks nodrošināta, pieslēdzoties auto CAN saskarnei, izanalizējot izmantoto protokolu un realizējot tā imitāciju zema līmeņa gāzes pedāļa, bremzes pedāļa un stūres komandas (tiks izvēlēts auto modelis, kas atbalsta šāda veida iejaukšanos auto vadības procesā)

Datu plūsmas modelis

Auto vadības sistēmas datu plūsmu modelis parādīts sekojošā attēlā.



Tehniskais risinājums

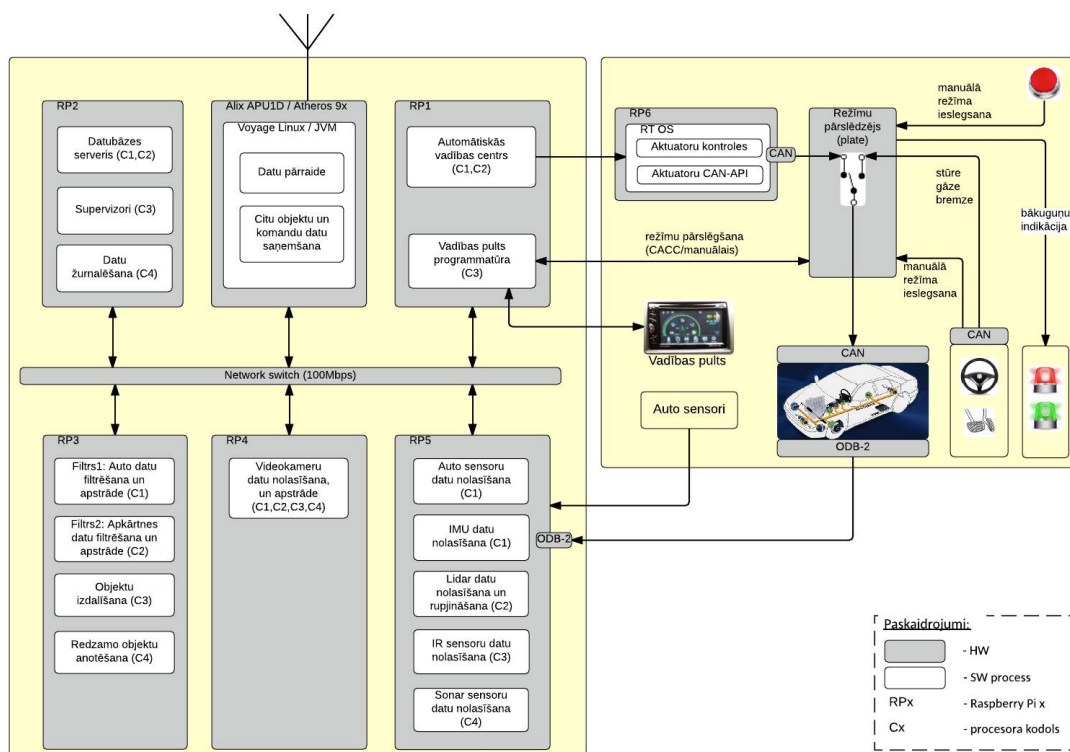
Auto vadības sistēmas tehniskais risinājuma veidošanā tiks izmantota sekojoša pieeja: sistēma sastāvēs no daudziem paralēli strādājošiem procesiem, kas tiks darbināti uz dažiem nelieliem vairākkodolu datoriem (piemēram, Raspberry Pi, Odroid), ar reālā laika Linux operētājsistēmu. Datori pieslēgti kopējam Ethernet tīkla segmentam.

Sistēmā ir sekojošu veidu procesi:

1. Procesī, kas apstrādā no sensoriem ienākošos datus;
2. Procesī, kas nodrošina datu saņemšanu un sūtīšanu pa tīklu;
3. Procesī, kas realizē auto dinamisko modeli un nodrošina aktuatoru vadību;
4. Datubāzes process, kas nodrošina no sensoriem saņemtās, vēstures un citas informācijas uzkrāšanu;
5. Auto automātiskā vadības centra procesi, kas nodrošina lēmumu pieņemšanu, scenāriju un manevru izpildi;
6. vadības paneļa process, kas nodrošina šofera vadības ekrāna un pults darbību;
7. supervizora procesi, kas monitorē sistēmas procesu darbību kopumā un nepieciešamības gadījumā nodrošina sistēmas darbības atjaunošanu;

Procesi būs sadalīti pa datoru kodoliem, kā parādīts attēlā un būs izolēti viens no otra. Tie neizmantos kopīgus atmiņas apgabalus un apmainīsies tikai ar ziņojumiem un ar datubāzes (“db-bus”) starpniecību.

Auto vadības sistēmas tehniskā realizācija parādīta sekojošā attēlā.



Rezultāti

Citi rezultāti, kas padarīti pēdējos mēnešos:

1. Izlasīti un apgūti GCDC-2016 dokumenti;
2. Uzsākta sensoru datu lasīšanas programmu izstrāde;
3. Dalība GCDC-2016 organizatoru rīkotajos semināros (08-09.2015 I.Ribners, pirms tam – A.Mednis);
4. Dalība pirmajā GCDC-2016 seminārā Eindhovenas tehniskajā universitātē (Nīderlande) 28-29.09.2015;
5. Uzsākta auto vadības sistēmas prototipa projektēšana un izstrāde.

Kopsavilkums un secinājumi

Šobrīd ir iegūta skaidrība par veidojamās sistēmas arhitektūru un karkasu, par pētījumiem un programmēšanas darbiem, kas būs jāpaveic, lai risinājumu realizētu.

Turpmākais darbu plāns

Termiņš	Uzdevums
30.11.2015	- Izvēlēties piemērotu auto platformu; - Apgūt atlikušo risinājumam nepieciešamo tehnisko nodrošinājumu.
31.12.2015	- Sagatavot auto vadības centra prototipa versiju; - Sagatavot auto vadības pults prototipa versiju; - Sagatavot BTP/GeoNetworking/IEEE 802.11p tīkla risinājumu.
31.01.2016	- Sagatavot auto zema līmeņa saskarnes: - sensoru datu saņemšanai; - aktuātoru vadības komandām. - Apgūt un sagatavot GCDC interaktīvo testēšanas infrastruktūru; - Sagatavot GCDC sacensību scenāriju prototipa versijas.
28.02.2016	- Notestēt auto zema līmeņa saskarnes - izpildīt pašu sagatavotos testus; - izpildīt testus GCDC2016 (IDIADA) dokumentos prasītajam drošības līmenim.
(03-04.2016)	Auto drošības testēšana IDIADA testu infrastruktūrā (Spānija), atklāto problēmu novēršana.
30.04.2016	- GCDC sacensību scenāriju testēšana, izmantojot GCDC interaktīvo testēšanas infrastruktūru: - individuāli; - kopā ar citiem dalībniekiem. - atklāto problēmu novēršana.
23-31.05.2016	Grand Cooperative Driving Challenge 2016 (Helmonda, Nīderlande)