



Kiberfizikālo sistēmu tehnoloģiju attīstība un to pielietojumi medicīnā un viedā transporta jomā KiFiS

SOPHIS seminārs 07.10.2015



Leo Seļāvo

Valsts pētījumu programma “Kiberfizikālās sistēmas, ontoloģijas un biofotonika drošai & viedai pilsētai un sabiedrībai” (VPP SOPHIS)
Projekts Nr.1 - “Kiberfizikālo sistēmu tehnoloģiju attīstība un to pielietojumi medicīnā un viedā transporta jomā” (KiFiS)

mērķis

Valsts pētījumu programma 2.2 (2014-2017.gg.):

“Nākamās paaudzes informācijas un komunikāciju tehnoloģiju sistēmas”

- Nākamās paaudzes IKT sistēmu attīstība
- Ieguldījums tautsaimniecības transformācijā uz produktiem ar augstu pievienoto vērtību
- Sabiedrībai nozīmīgu problēmu risināšanā, kas saistītas ar
 - digitālās plaisas mazināšanu,
 - veselību,
 - transportu,
 - sabiedrības drošumu

Projekta Nr.1. - KiFiS uzdevumi

- Izveidot viedo sensoru un to tīklu inovatīvas aparatūras un programmatūras platformas kiberfizikālo sistēmu attīstībai, tajā skaitā uz ikdienas **lietotāju orientētas** programmēšanas pieejas;
- Izpētīt un izstrādāt kiberfizikālās sistēmas **medicīnas** un telemedicīnas **lietojumiem** profilaksē, diagnostikā, ārstēšanā un rehabilitācijā;
- Izstrādāt un izpētīt viedo sensoru un to tīklu tehnoloģiju pielietojumus **viedās transporta sistēmās**.

Atskaite...

saskarne sensoriem izveidota ierīces ja
datu tiks mezglu informāciju prototipa
auto izmantoti vadības iespēju
tā pacientiem problēmas rezultāti datiem citiem vai tad
attēlā lenķa izstrādes nodrošina
veidā galvas attēlu starp izmantots attēla
GCDC BST radio pa Projekta datus darba pacienti
programmatūra līdz viena trīs apkārtnes sevī bet locītavas
sistēmu tīklu gan kur līniju pozīcijas kuri LO iekārtas
veikta testu laikā ceļa dati testa tīkla
izmantojot kura kad stājas darbības iespējams sistēmas
pacientu papildus pie tikai izmantota
International vērtības sistēma viens sastāv
veselības pacientam nav objektu mezglus
sirds darbības piemēram sensori bezvadu
locīšanas programmatūras

Pētnieciskās aktivitātes

- **TestBed** – testa gultne bezvadu sensoru sistēmu izstrādei un testēšanai;
- **BoASen** – Viedie sensori cilvēka biomehānikas noteikšanai;
- **JoSen** – Sensoru sistēma ceļa locītavas pārraudzībai rehabilitācijas laikā;
- **MECG** – 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.

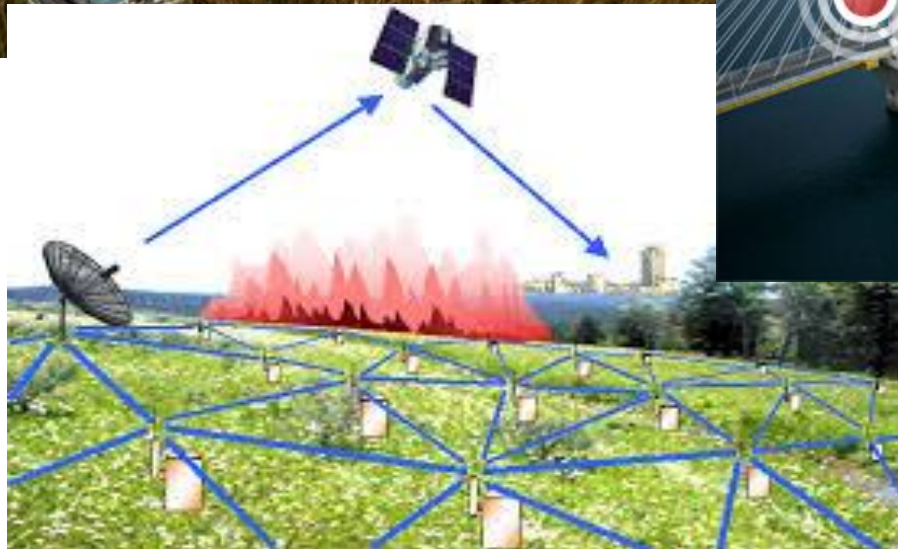
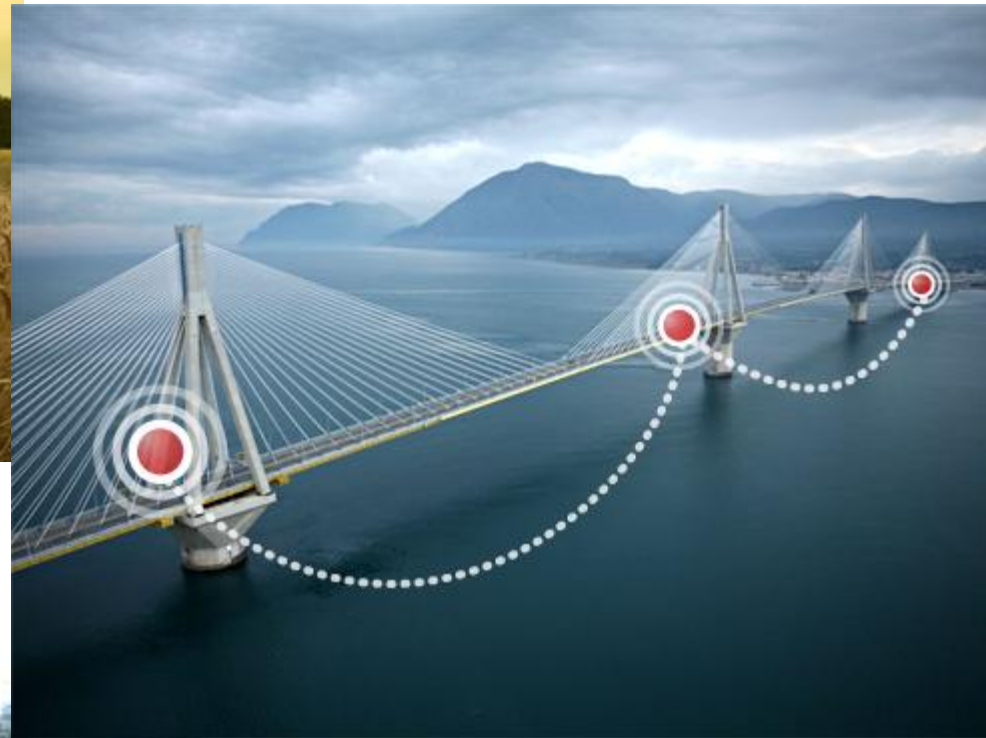


TestBed

Testa gultne bezvadu sensoru sistēmu
izstrādei un testēšanai



Bezvadu sensoru tīkli (BST)



BST sistēmu izaicinājumi

- Iegulto sistēmu, sensoru mezglu:

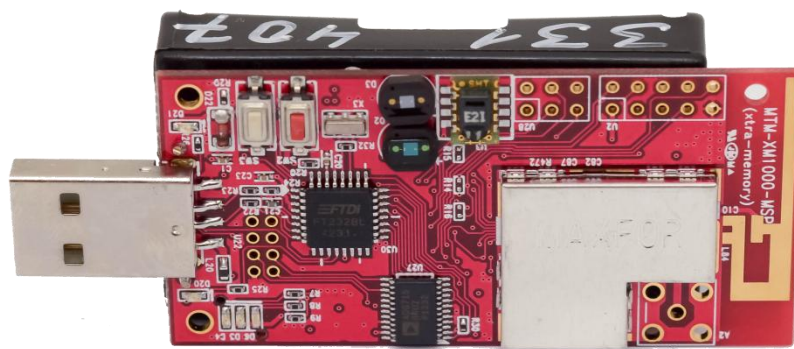
- Jaudas patēriņš
- Uzticamība
- Speciāla programmatūra
- Izturība
- Izmēri
- Izmaksas

XM1000

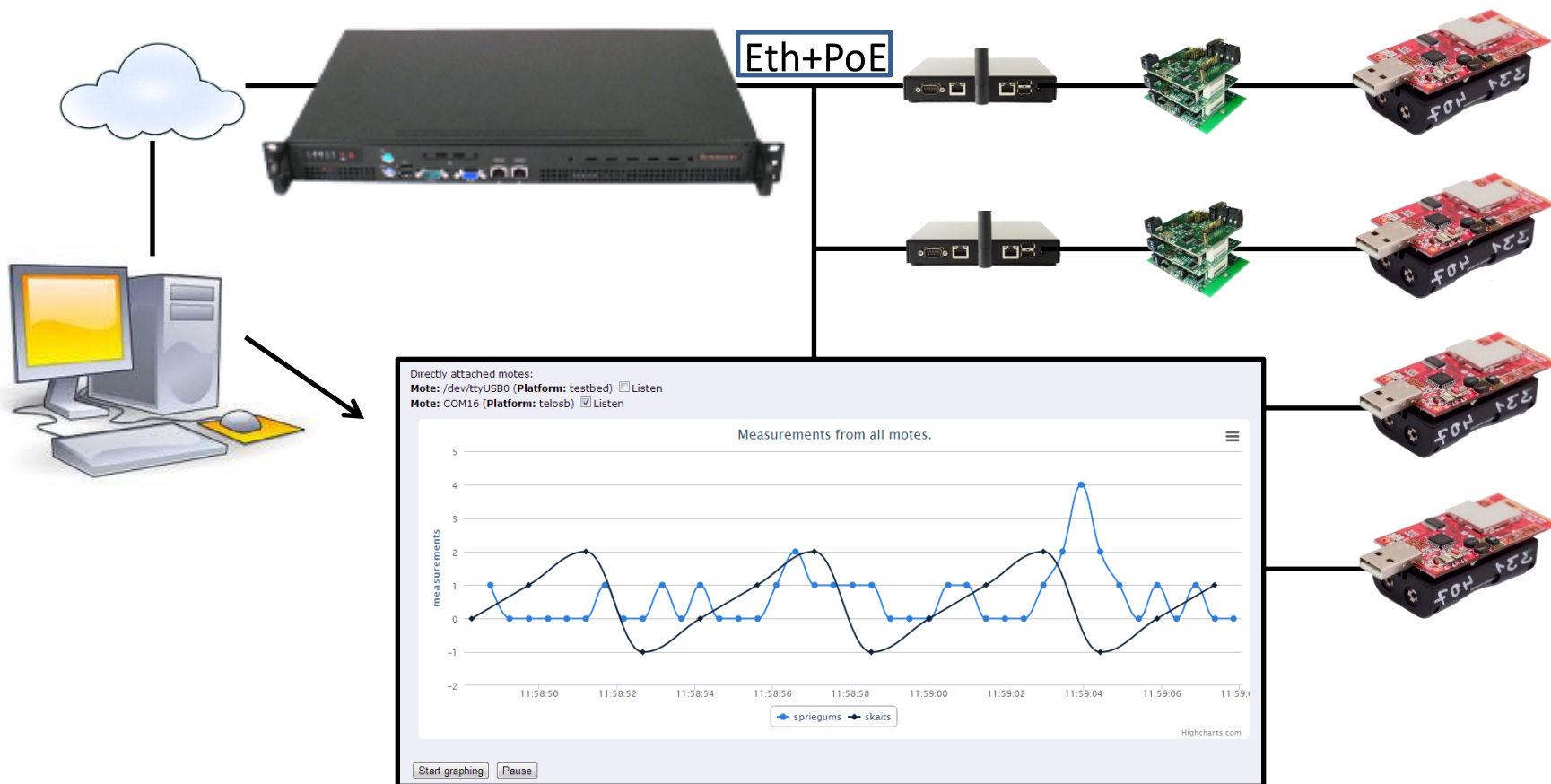


- Bezvadu tīkla:

- Topoloģija
- Komunikāciju protokoli
- Lokalizācija
- Laika sinhronizācija
- Kļūdas un noturība
- Privātums un drošums



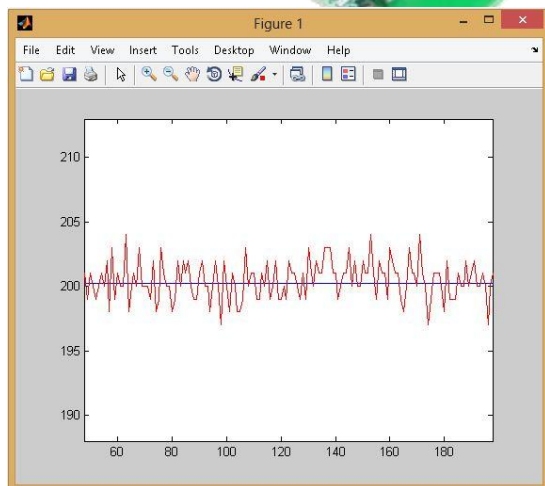
Testgultne: arhitektūra



Testgultnes adapteris



- Sensoru mezgla programmēšana
- Atklūdošana, profilēšana
- Enerģijas (strāvas) patēriņš
- Iekšējā atmiņa testa datiem





BoASen

Viedie sensori cilvēka biomehānikas noteikšanai



BoASen mērķis un uzdevumi

Uzlabot medicīnas pakalpojumu kvalitāti un sniegšanas ērtību, nodrošinot:

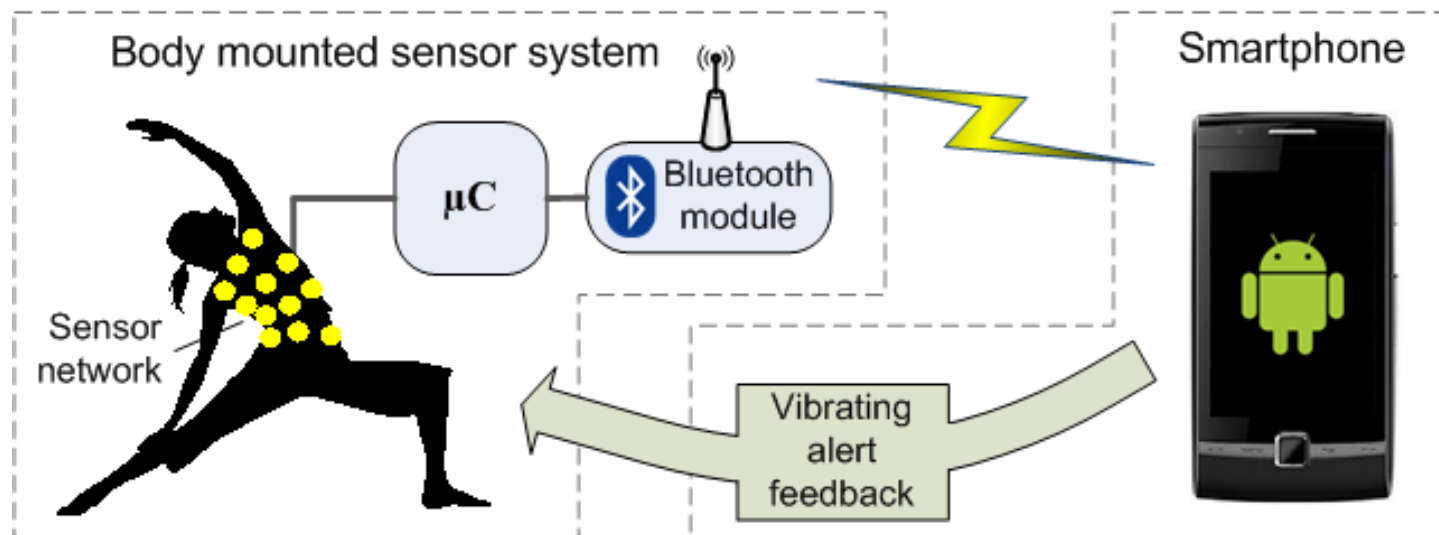
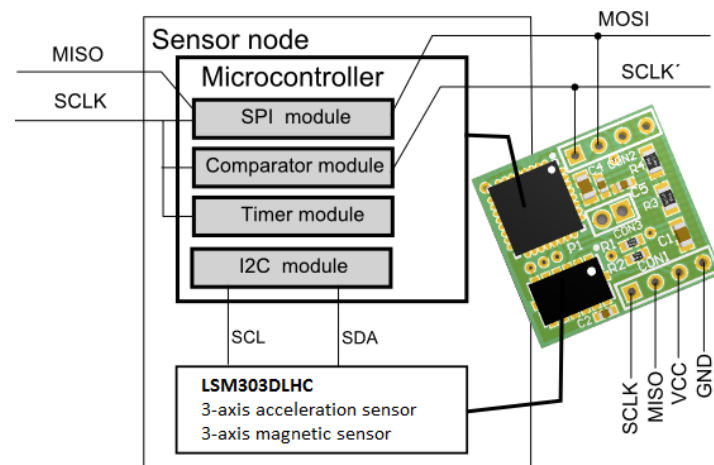
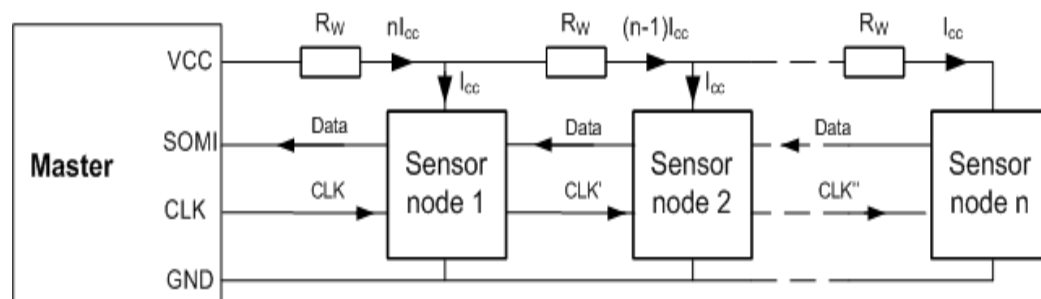
- Efektīvu profilaksi
- Laicīgu diagnostiku
- Veiksmīgu ārstēšanu un rehabilitāciju

Risinājums – inovatīvi rīki (kiberfizikālās sistēmas platforma), kas nodrošina monitoringu, atgriezenisko saiti, attālinātu pārraudzību (telemedicīna), u.c.

Uzdevumi:

- Viedā apgērba platformas izveide
 - Arhitektūra
 - Aparatūra
 - Programmatūra
- Energoefektivitātes un datu pārsūtīšanas kvalitātes uzlabošana
- Pielietojumu izstrāde
 - Monitorings
 - Virtuālā fizioterapija

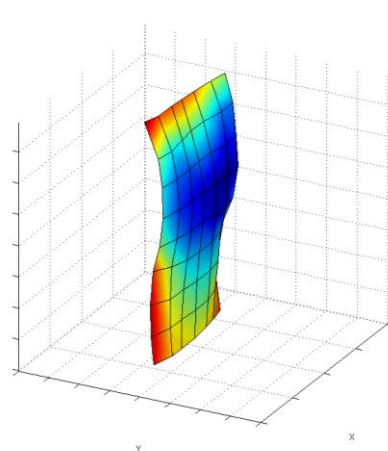
Viedā apgēriba platforma



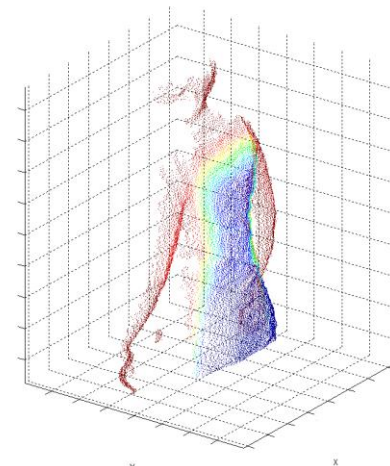
Sensoru tīkls stājas monitoringam



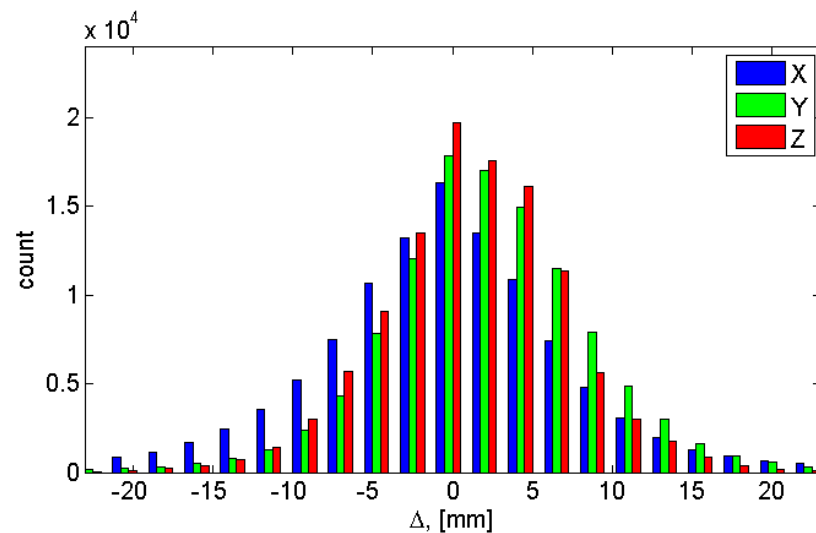
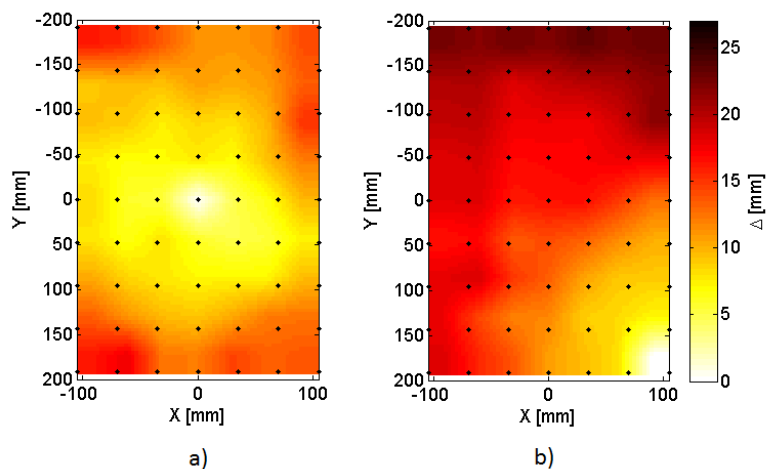
Sensoru audums, veste



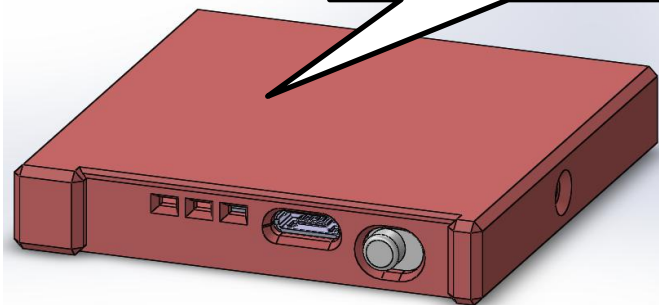
legūtais modelis



Kinect v2 dati

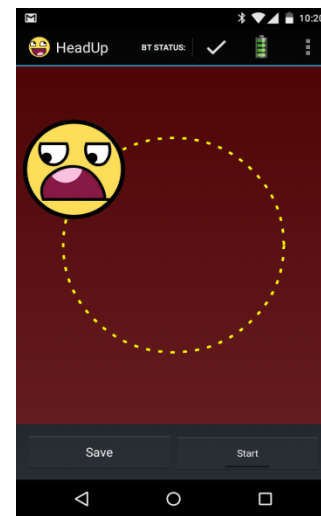
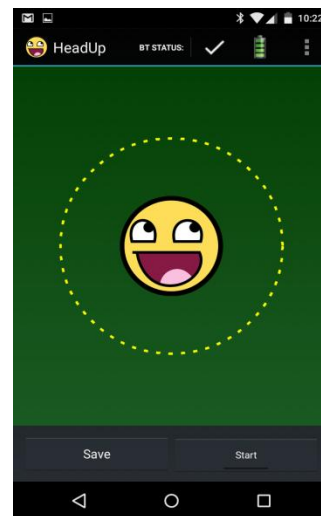


Palīglīdzeklis: galvas stāvokļa treniņš, izmantojot atgriezenisko saiti



54,3 x 55,8 x 9,6 [mm]

- Kontrole pozīcijai reālā laikā gan koronālā, gan sagitālā plaknē
- Vienkārša atgriezensikās saites reprezentācija pacientiem ar kognitīvo spēju traucējumiem
- Lietošanas statistikas glabāšana





JoSen

Sensoru sistēma ceļa locītavas pārraudzībai
rehabilitācijas laikā

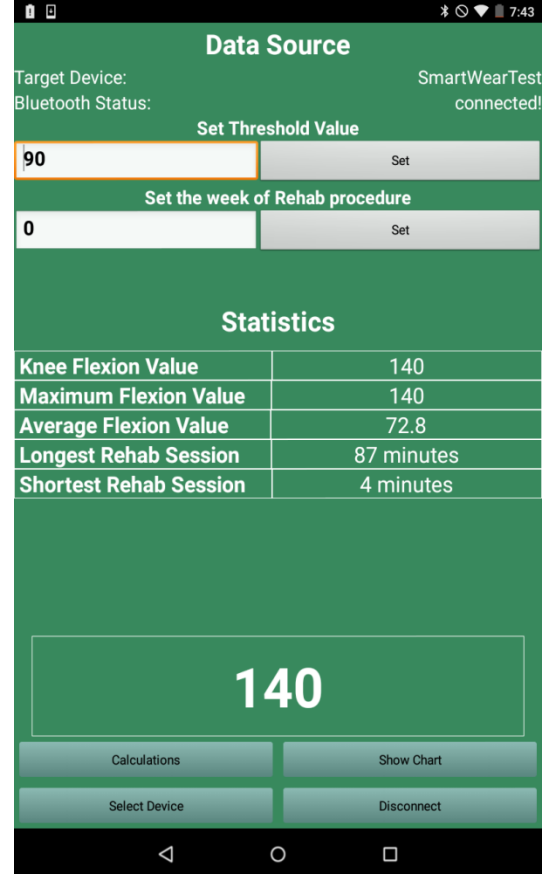


Risinājuma vīzija

Motivācija: palīdzēt pacientiem veiksmīgi iziet rehabilitācijas procesu pēc ceļa locītavas operācijām, izmantojot iegultās iekārtas un mobilo programmatūru.



Risinājums



Izstrādāta prototipa precizitāte:
0.79 grāds (+/- 0.1 grāds)



MECG

Mobilā viedo sensoru sistēma
veselības parametru mērījumiem

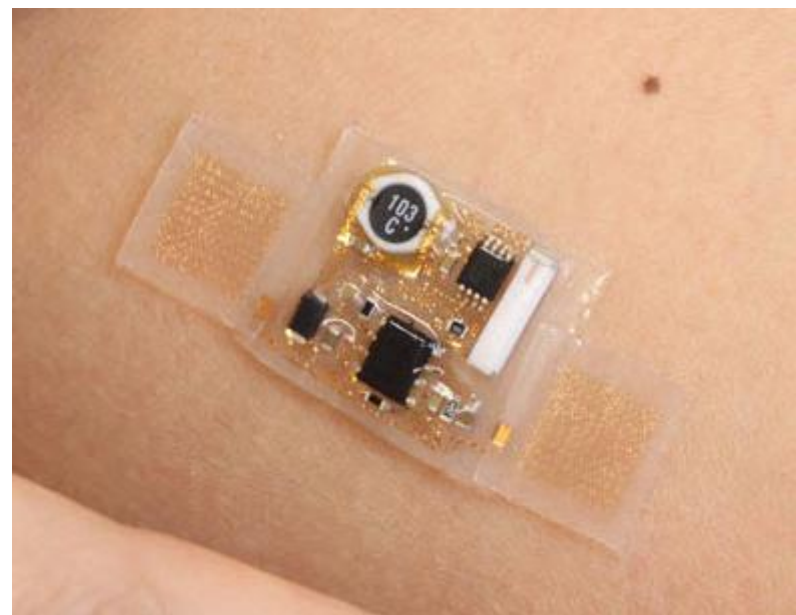
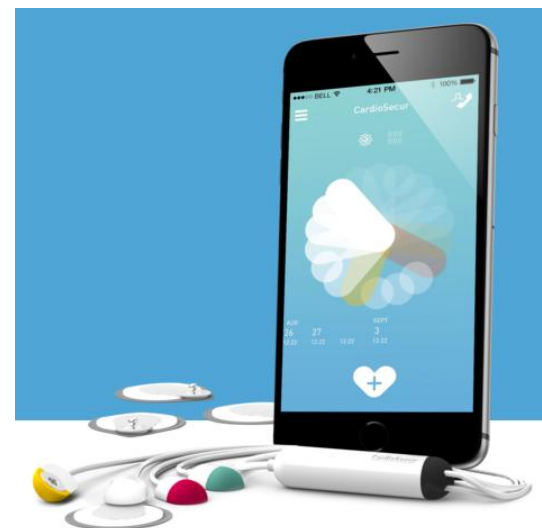


Sirds un asinsvadu slimības: statistika

- 2014. gadā no sirds un asinsvadu slimībām miruši 16076 iedzīvotāji, kas ir 57% no kopējā mirušo skaita Latvijā
- 29% no kopējā skaita tieši ar sirds išēmiskajām slimībām (sirds netiek pietiekami apgādāta ar skābekli, kas izraisa miokarda infarktu, konorāro mazspēju utt.)

Pieejamie risinājumi

- Tradicionālais Holter monitorings
- Personal medsystems – CardioSecur
- The Lifetouch sensor
- «Tetovējuma» sensori

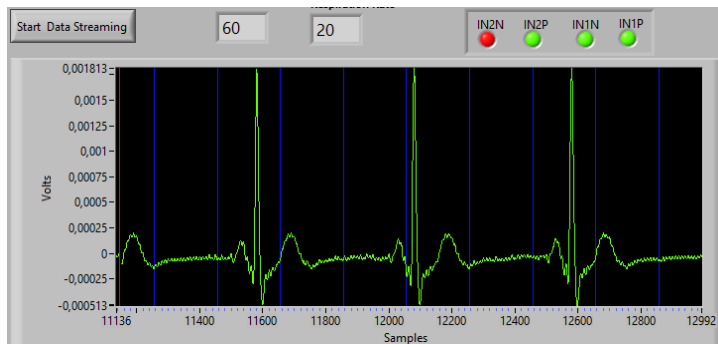
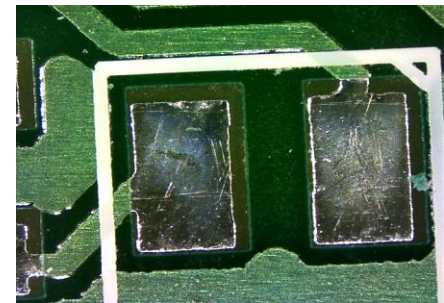
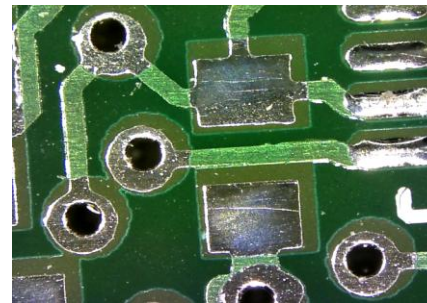
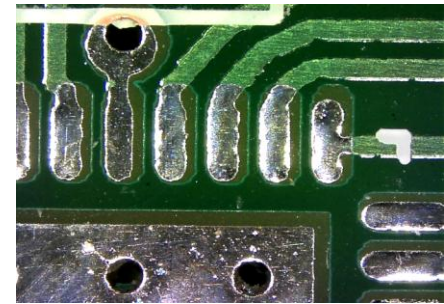
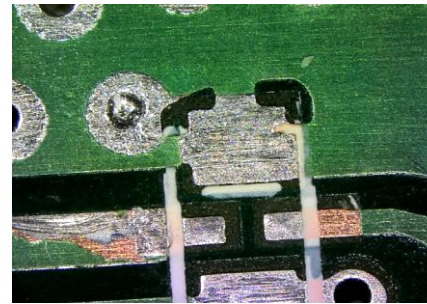
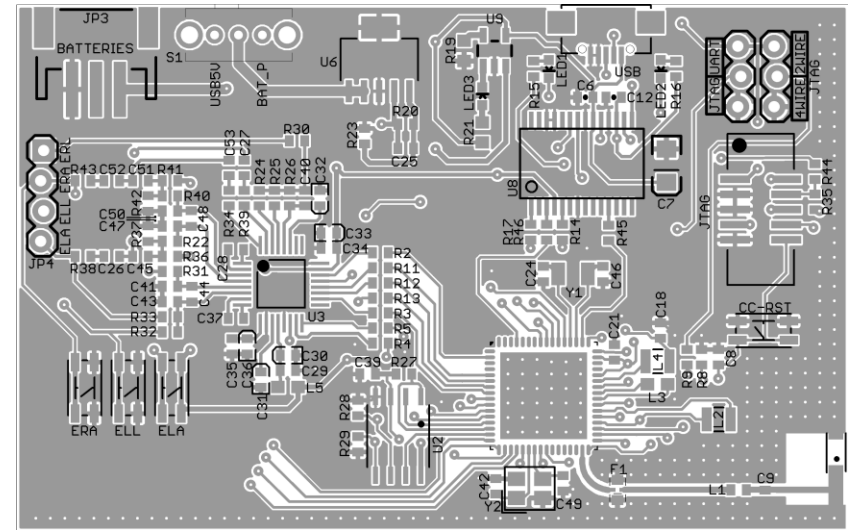
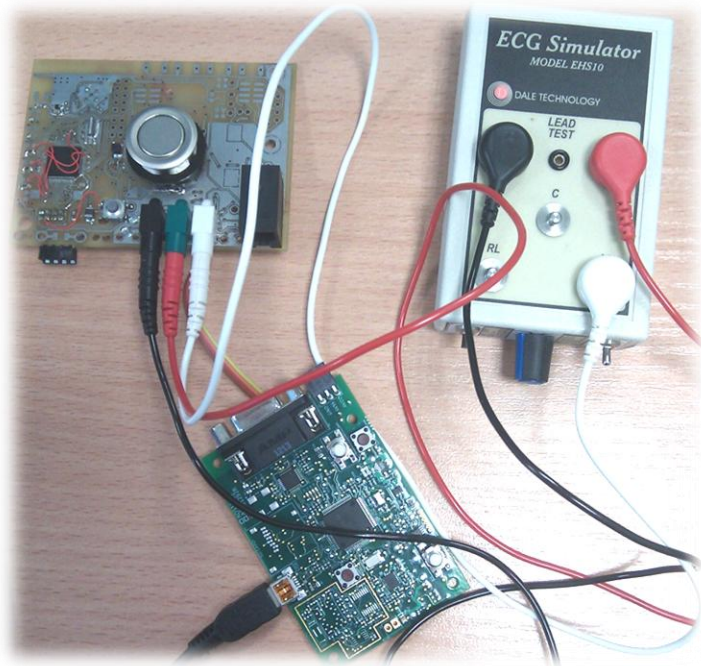


Prasības sirds darbības monitoringam

Pēc intervijām ar Stradiņu klīniskās universitātes slimnīcas, Rīgas 1. slimnīcas un Gailezera slimnīcas kardioloģijas pārstāvjiem:

- Bezvadu datu pārraide
- Ilgstoša darbība (vismaz 1 nedēļa)
- Ērts gan pacientam, gan ārstam
- Notikumu fiksēšana
- Programmatūras atbalsts
- Elpošanas noteikšana
- Aritmijas noteikšana

Testi un realitāte





ImPro

Signālu, tai skaitā attēlu apstrāde
viedo transporta sistēmu vides vērtēšanai



Viedais autotransports

1. Novēro apkārtējas vides parametrus
2. Novēro vadītāja parametrus
3. Informē vadītāju par situāciju uz ceļa/ novērš negadījumus.

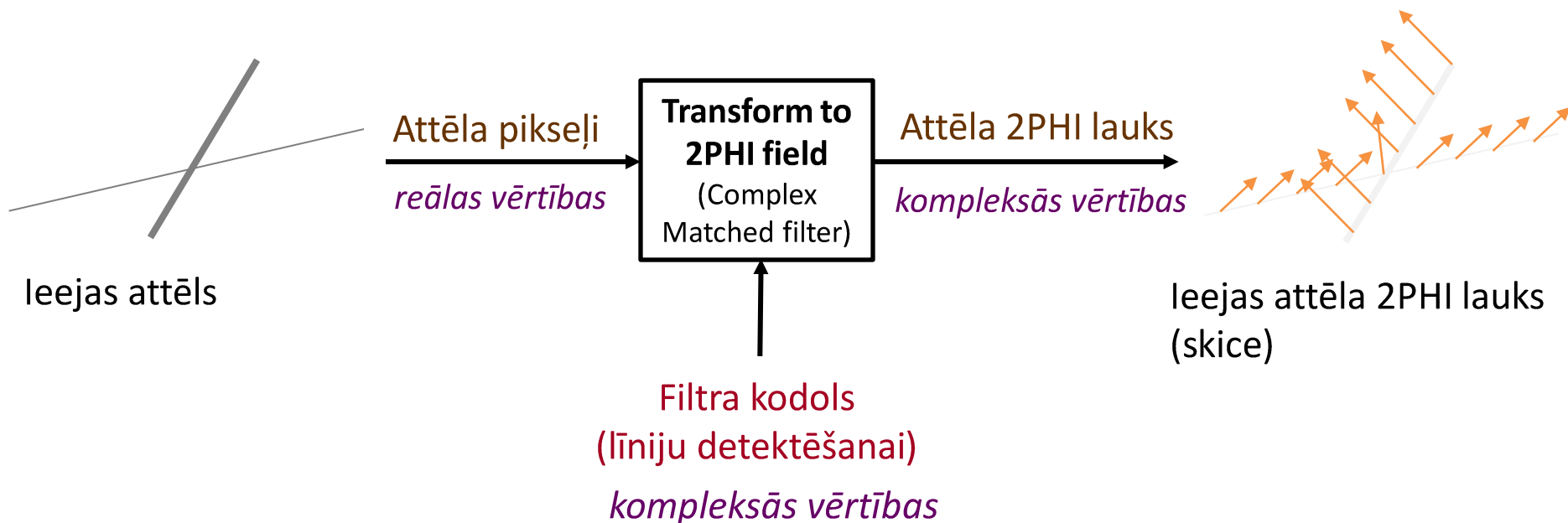
Uzdevumi:

1. Izpētīt metodes informācijas savākšanai par transportlīdzekļa vadītāju:
 - Vadītāja sejas detektēšana un lokalizācija attēlā
 - Vadītāja atpazīšana
 - Sejas pazīmju izdalīšana
2. Izpētīt metodes informācijas savākšanai par apkārtējo vidi:
 - Apkārtējo objektu detektēšana vienas 2D video kameras attēlos,
 - Objektu detektēšanas nodrošināšana apstākļos, kad objekti ir dažādi pagriezt, mērogoti, daļēji aizklāti.



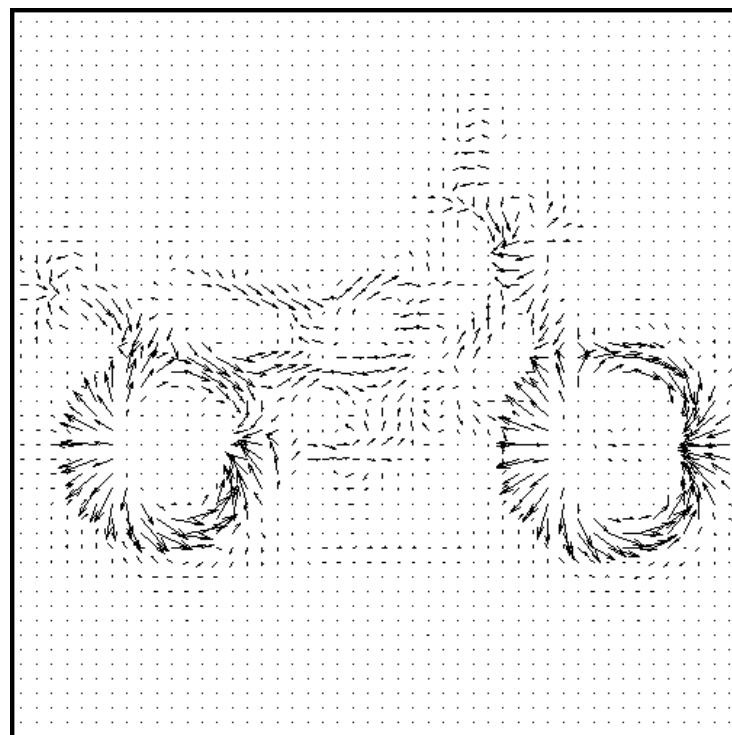
leejas attēla aprakstīšana ar 2PHI laukiem

- Attēlā tiek detektētas līnijas,
- Detektēto līniju virzieni tiek aprakstīti ar vektoru fāzēm.



Piemērs objekta reprezentācijai ar 2phi lauku

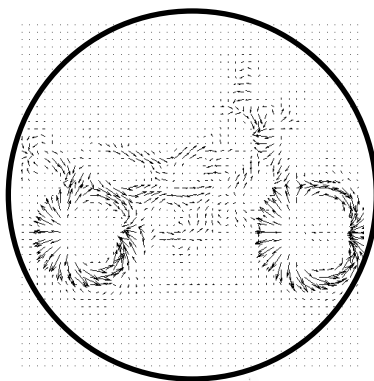
- Ieejas attēls
- 2PHI lauks



NH-CMF, tumšo līniju izdalīšana

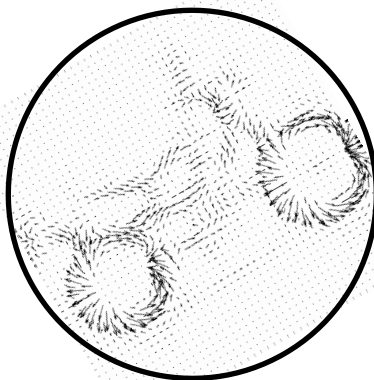
Rotācijas kompensācijas filtra kodola uzbūve

- Filtra kodols būvēts pēc sekojošiem nosacījumiem:



Detektētiem 2PHI vektoriem ir noteiktie leņķi, šie vektori uzklājas noteiktam filtra kodola reģionam.

Konvolūcijas rezultāts ir pieprasīta vērtība.



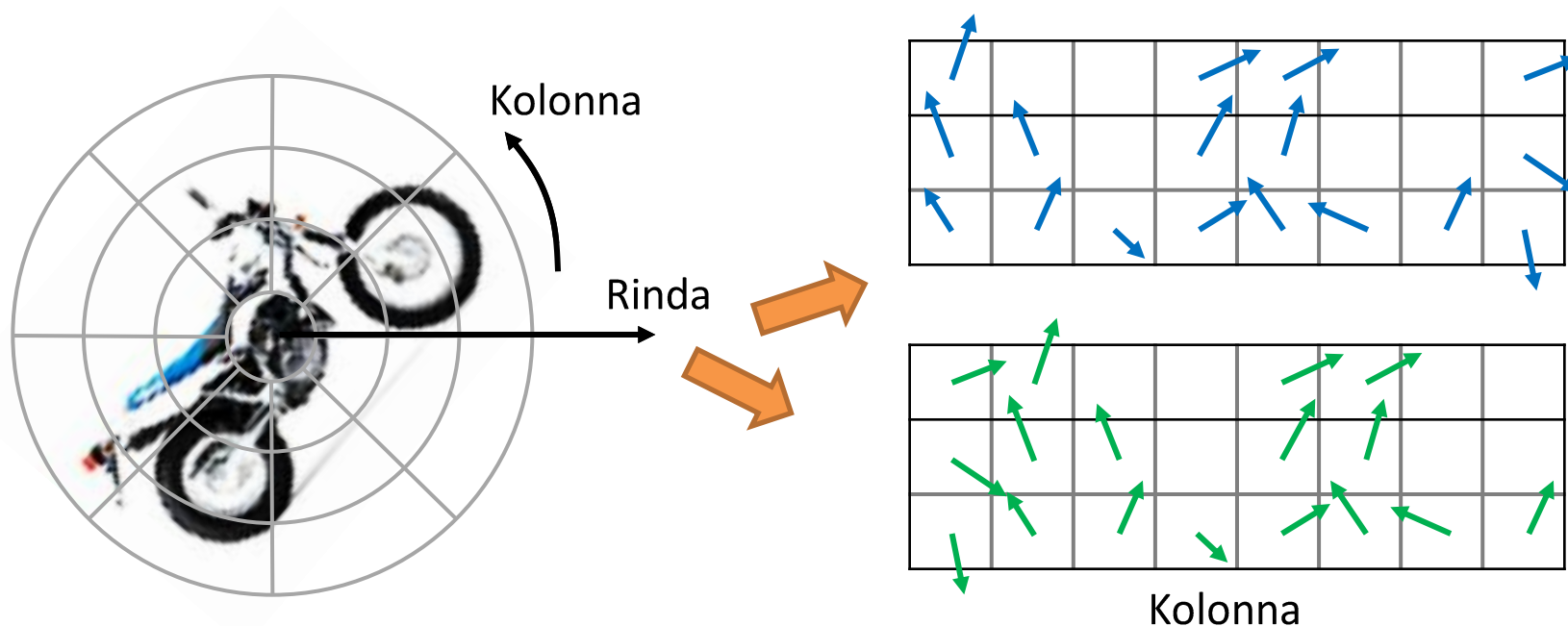
Detektētiem 2PHI vektoru leņķiem nāk klāt papildus fāzes nobīdes reizinātājs $\exp(1i \cdot 2\Delta\varphi)$.

Šie vektori uzklājas citam filtra kodola reģionam. Veicot konvolūciju (reizinot un saskaitot), kodola pikseļiem ir jāizkompensē papildus reizinātājs.

Secinājums: kodola pikseļiem ir jābūt tādiem pašiem, bet ar pretējo, jeb $\exp(-1i \cdot 2\Delta\varphi)$, reizinātāju.

Daļēji aizklātu objektu detektēšana

- Filtra kodols tiek sadalīts fragmentos,
- Katrs attēla fragments sniedz savu raksturīgo filtra reakciju.



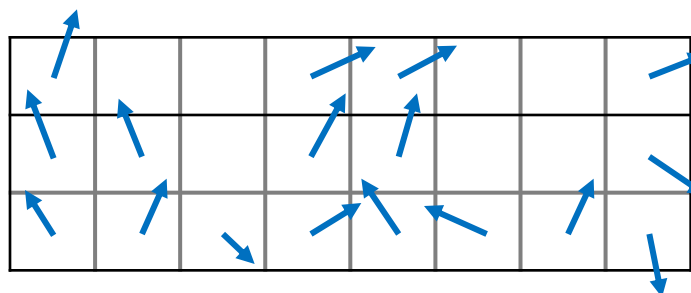
Ja objekts ir pagriezts, tad filtra reakcijas nemainās, bet cikliski nobīdās pa kolonnām.

Aizklātie reģioni sniedz citas filtra reakcijas. Reakciju salīdzināšana ļauj noteikt reģionus, kas ir aizklāti. Salīdzinot vektoru kopu nobīdi gar kolonnu ir iespējams noteikt objekta rotācijas leņķi.

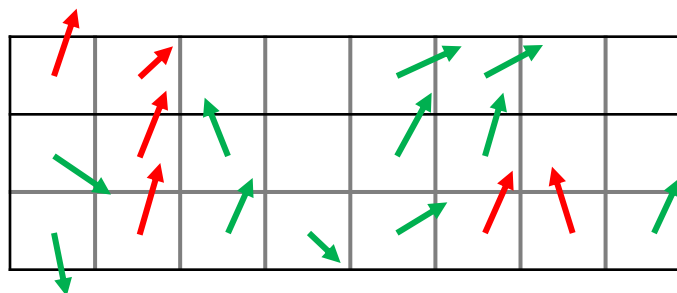
Objekta detektēšana

- Reducējas līdz divu reakciju kopu salīdzināšanai:

Filtra reakcijas
trenēšanas attēlam



Filtra reakcijas
pagrieztam un daļēji
aizklātam objektam



Kolonna

Reakciju salīdzināšana ļauj noteikt reģionus, kas ir aizklāti.

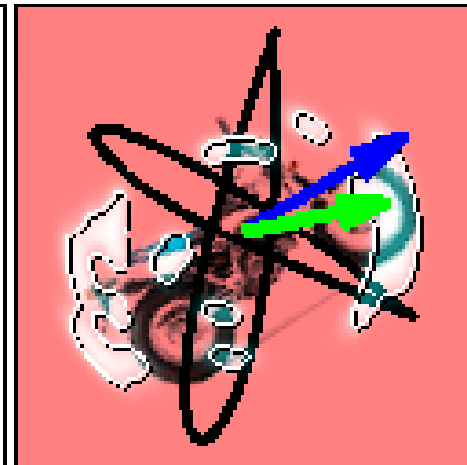
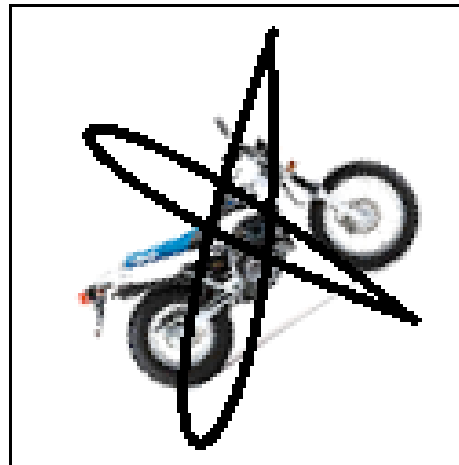
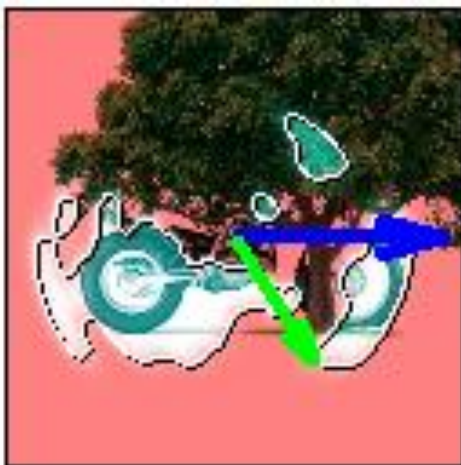
Reakciju salīdzināšana ļauj noteikt reģionus, kas ir aizklāti.

Salīdzinot vektoru kopu nobīdi gar kolonnu ir iespējams noteikt objekta rotācijas leņķi.

Rezultāti

- Varam nodetektēt objektu neatkarīgi no tā rotācijas, noteikt objekta pagriešanas leņķi, noteikt objekta aizklātus reģionus.
- Līdzīgo pieeju (kompensāciju) var pielietot arī objektu detektēšanai neatkarīgi no mēroga.

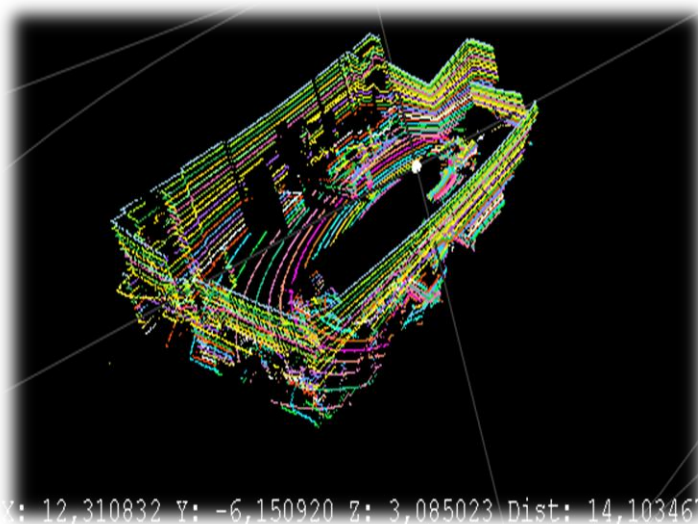
Neatrisinātas problēmas: kombinēta mēroga-rotācijas invariance, ne-planāro objekta transformāciju kompensācija.





GCDC

Viedā transporta līdzekļa sistēma drošākai un efektīvākai braukšanai

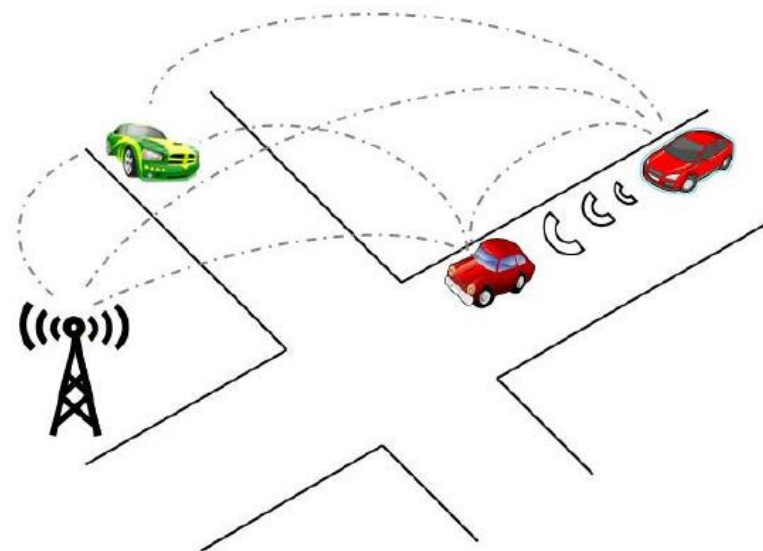


Izvirzītie uzdevumi

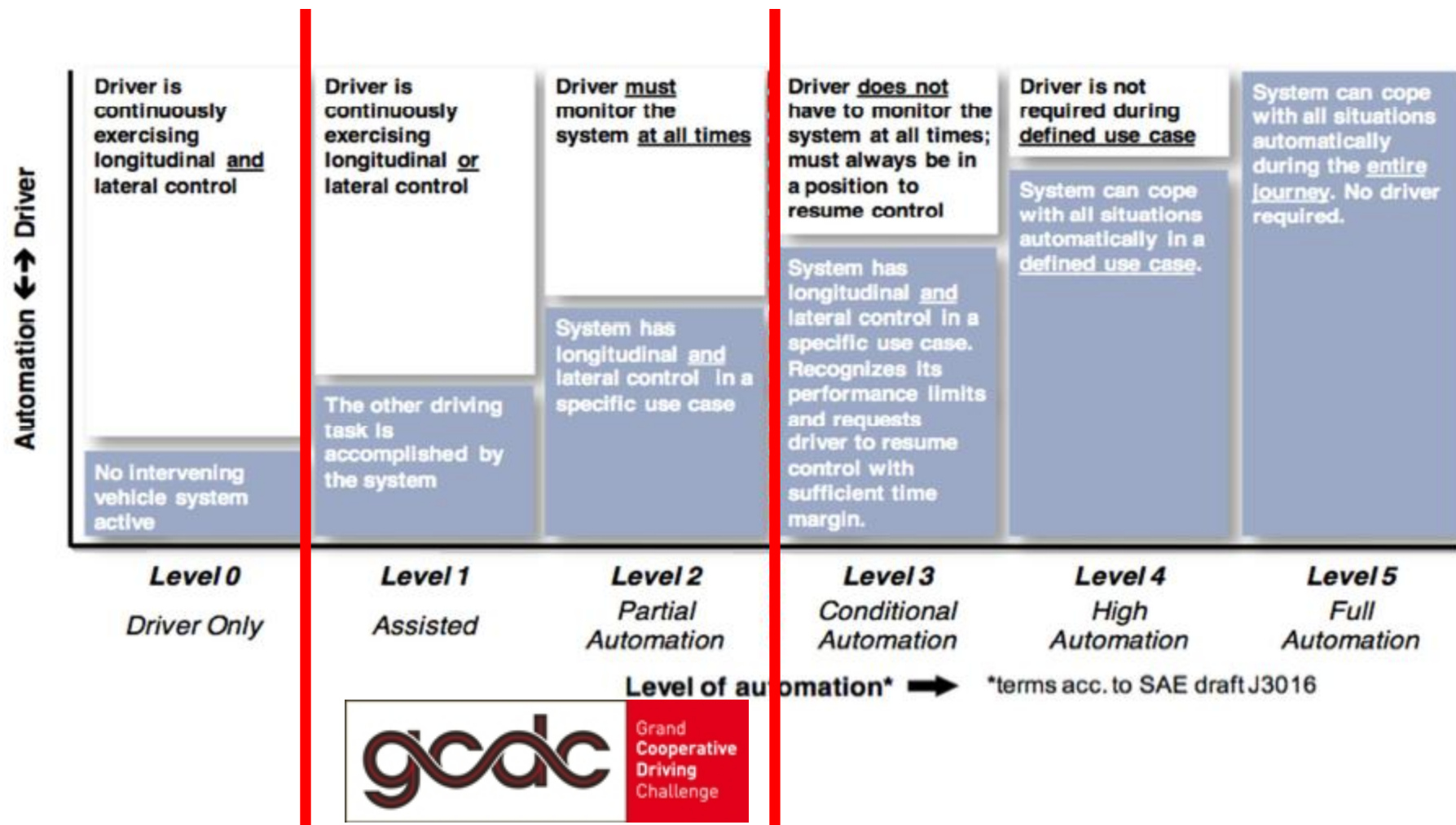
- Izpētīt viedo transporta sistēmu komunikācijas metodes
 - sadarbībai gan starp atsevišķiem transporta līdzekļiem (V2V)
 - sadarbībai starp transporta līdzekļiem un specifisku ceļu infrastruktūru (V2I)
- izpētīt viedo sensoru un to tīklu tehnoloģiju pielietojumus viedās transporta sistēmās

Kooperatīvā braukšana / GCDC

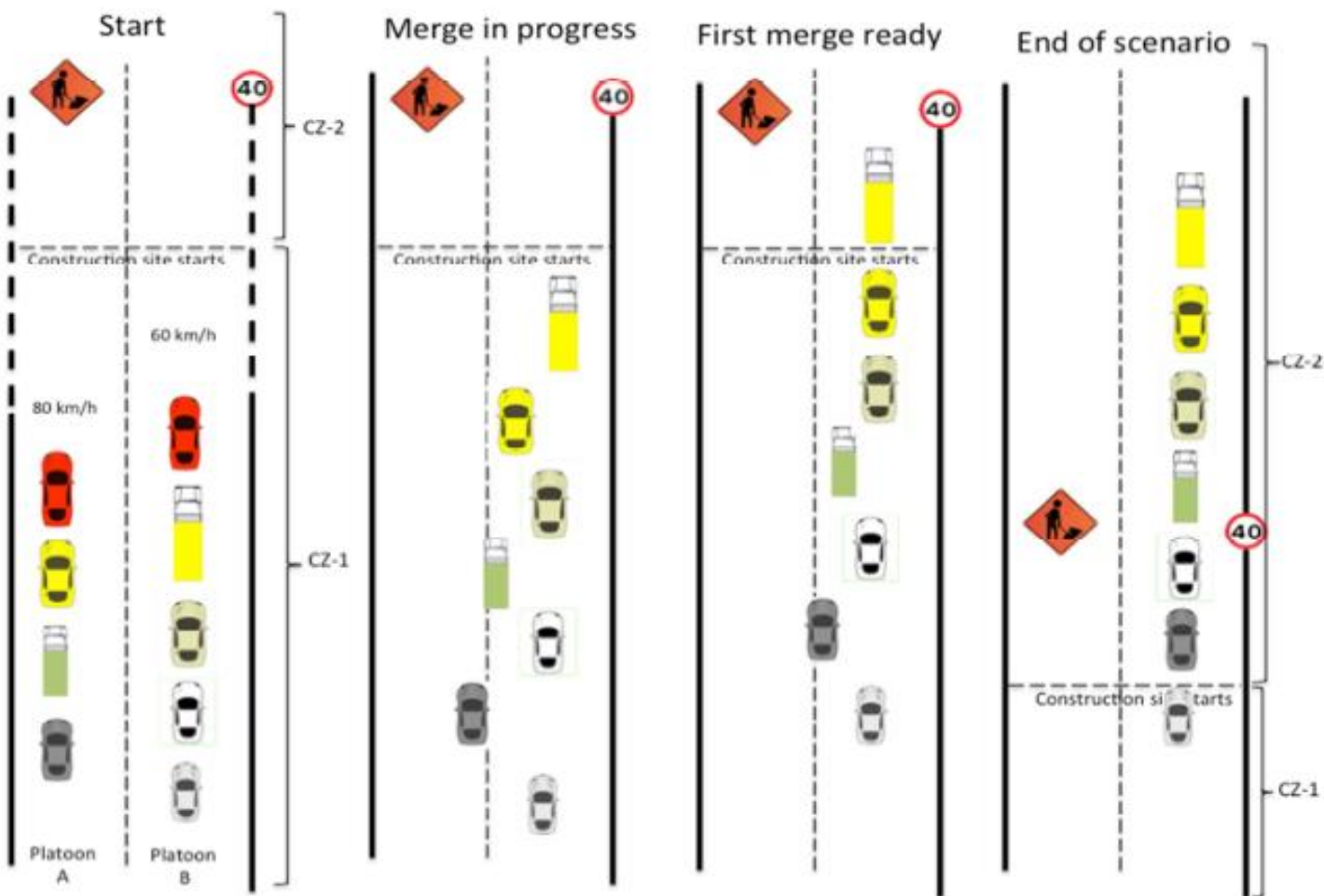
- **Katrs pats par sevi *versus* sadarbība kopīga mērķa sasniegšanai:**
 - DARPA Urban Challenge
 - Grand Cooperative Driving Challenge (GCDC)
- GCDC organizatori:
 - The Netherlands Organization for Applied Scientific Research (TNO)
 - Eindhoven University of Technology (TU/e)
 - Viktoria Swedish ICT
 - Applus+ IDIADA
- GCDC projektu attīstība:
 - sākums – 05/2009
 - pirmās sacensības – 05/2011
 - otrās sacensības – 06/2016



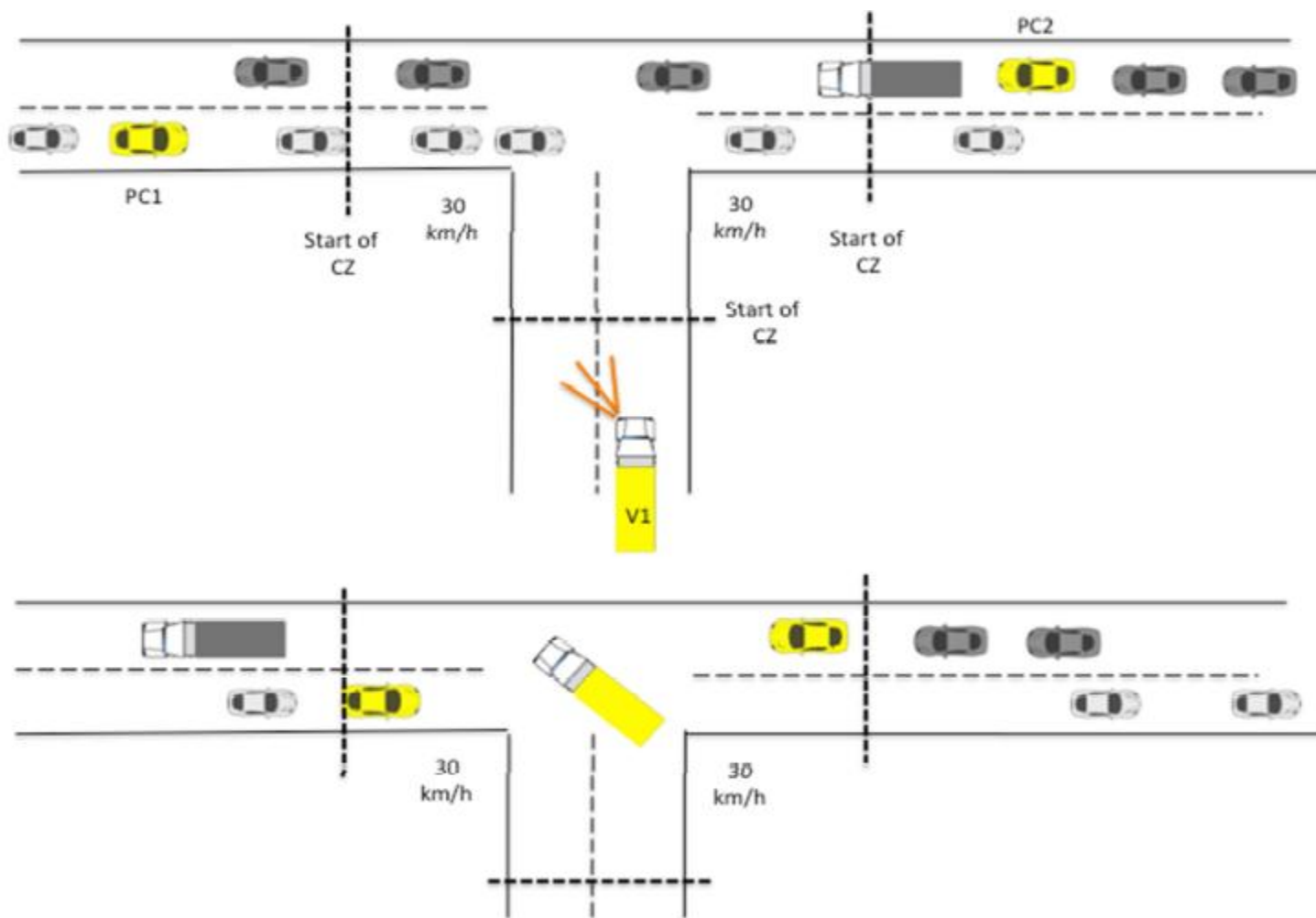
Auto automatizācijas līmeņi



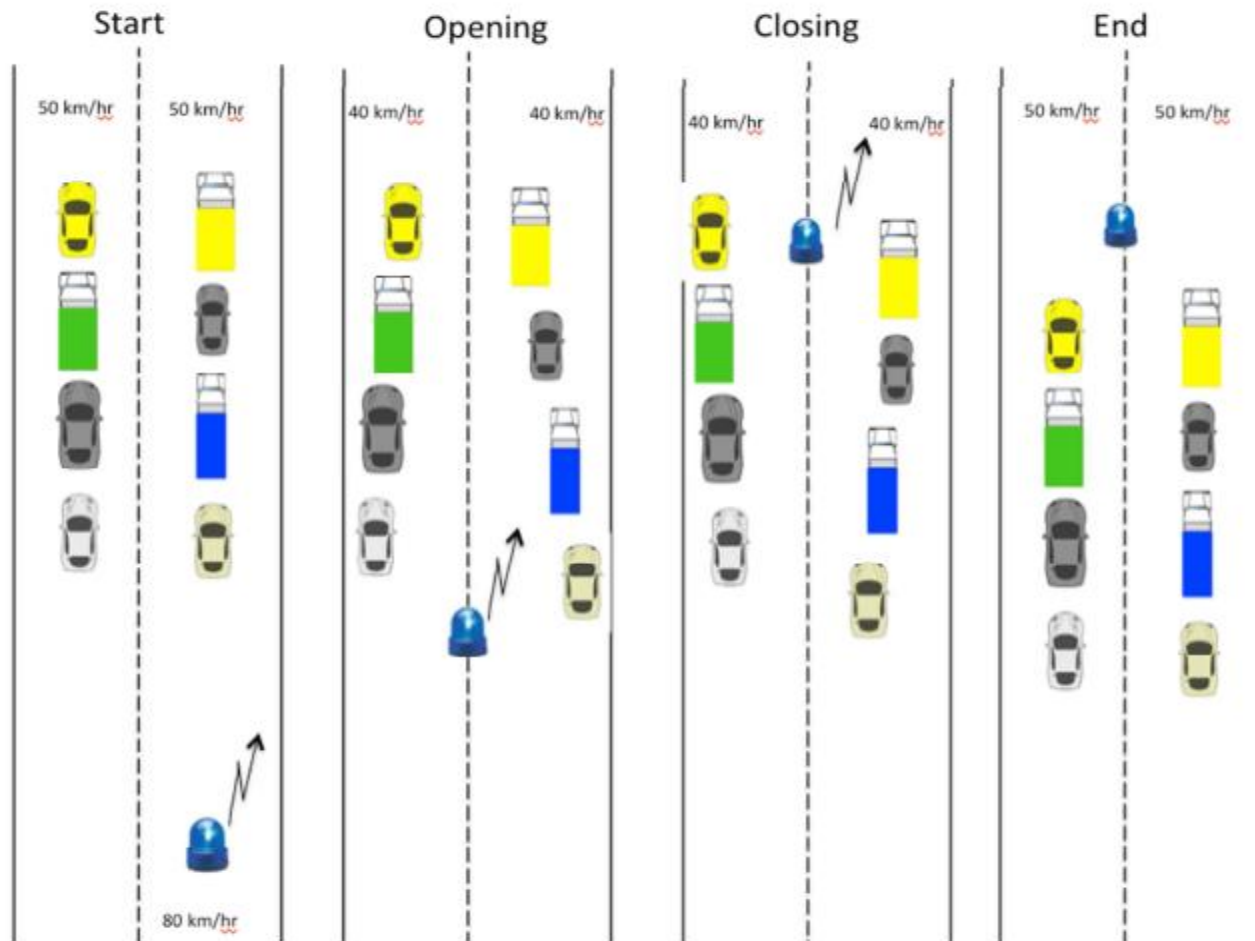
Scenārijs #1 – kooperācija uz šosejas



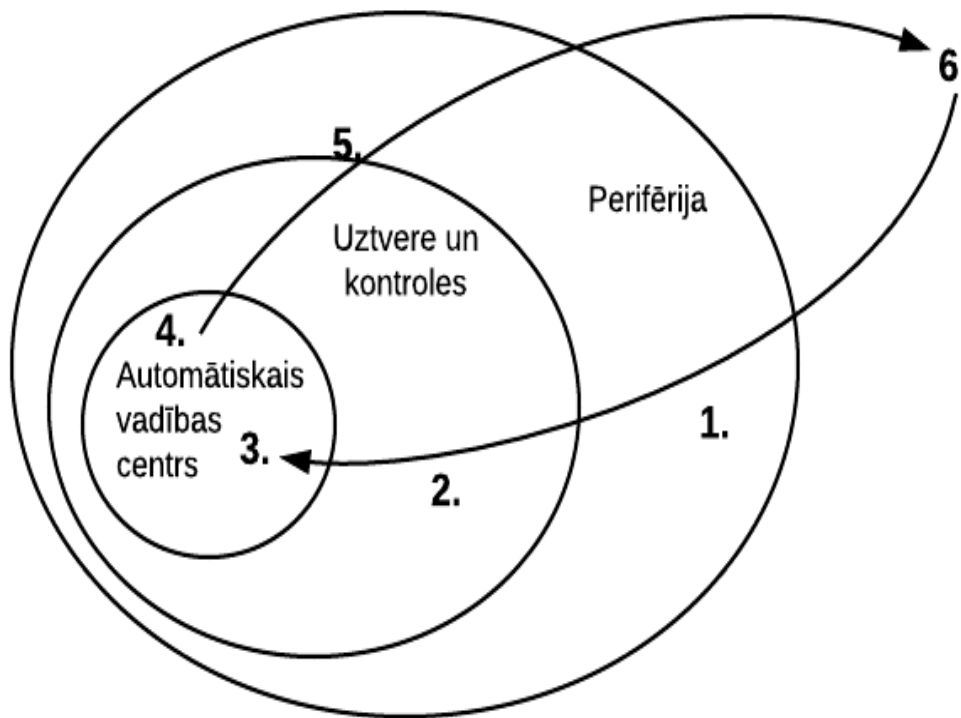
Scenārijs #2 – kooperatīvs krustojums



Scenārijs #3 – operatīvais transports



Auto vadības sistēmas vispārīgs modelis (CACC režīmam)



Automātiskais vadības centrs

Perifērija

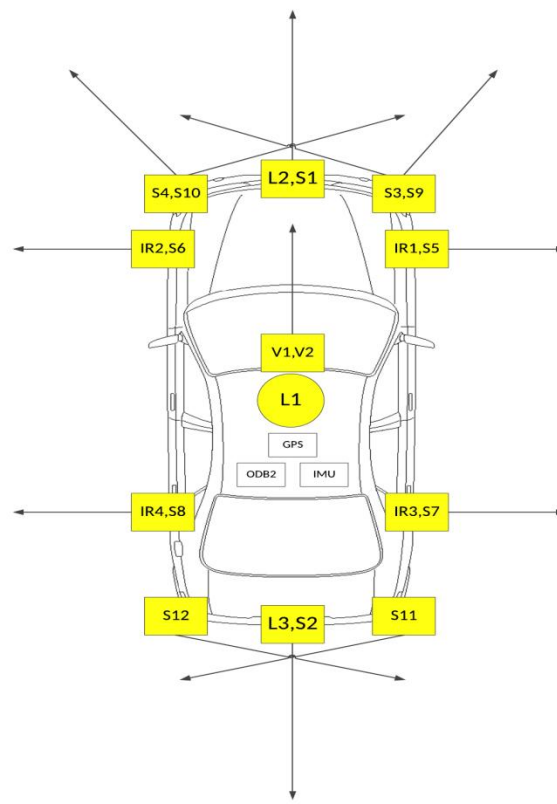
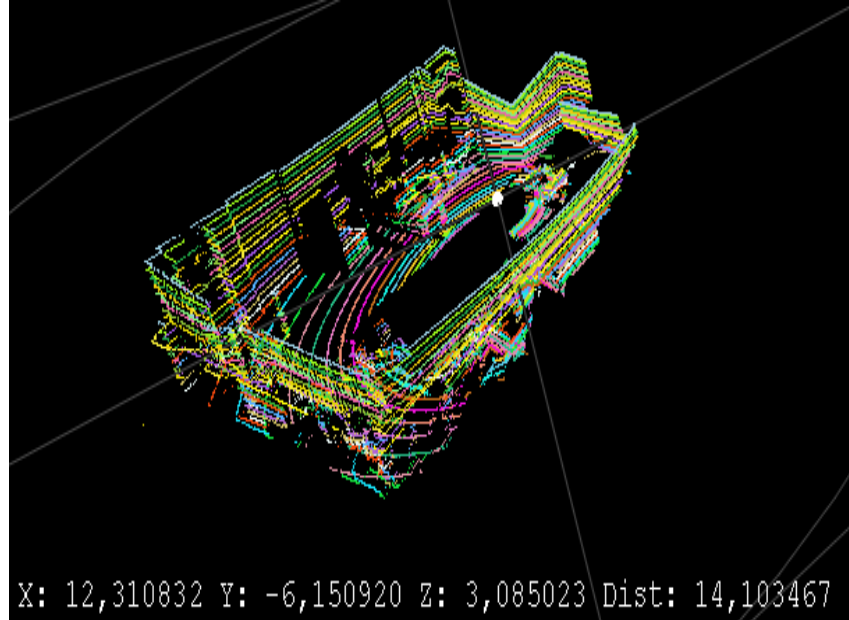
- Sensori
- aktuatori

Uztvere un kontroles

- No sensoriem saņemto datu apstrāde
- Aktuatoru vadības kontroles

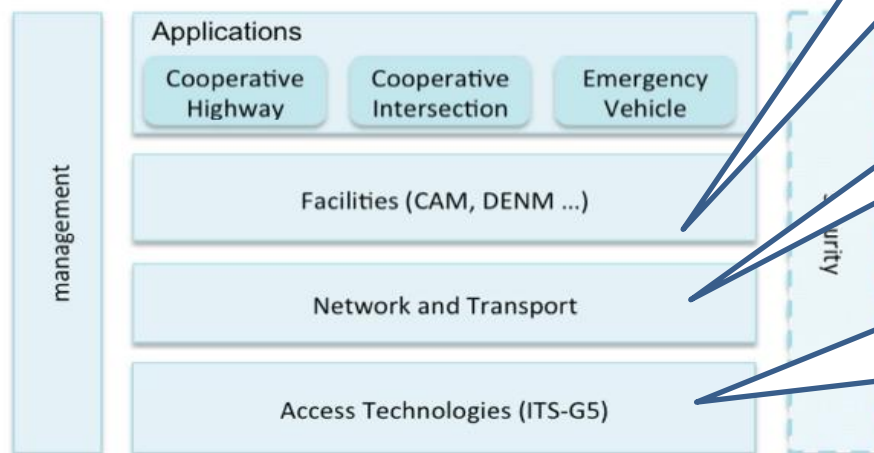
Auto sensoru apakšsistēma

- Prasības
 - pozīcijas precizitāte / distances līdz citiem auto precizitāte:
 $2DRMS \leq 1 \text{ m}$
 - ātruma precizitāte: $\leq 0.5 \text{ m/s}$
 - paātrinājuma / palēninājuma precizitāte: $\leq 0.2 \text{ m/s}^2$
 - auto kustības datu atjaunošana:
10 Hz
- Risinājums
 - RTK-GPS OXTS RT3003 + OXTS RT-Base-2
 - LiDAR Velodyne HDL-32E



Auto komunikācijas apakšsistēma

- Prasības
 - atbilstība ITS-G5 un C-ITS standartiem
 - komunikācijas attālums vismaz 200m
 - datu aizture ne vairāk kā 200 ms
 - ziņojumu aizture ne vairāk kā 100 ms
 - periodisko ziņojumu frekvence vismaz 10 Hz
 - laika sinhronizācija pēc GPS laika ne sliktāk kā 10 ms
- Arhitektūra



CAM*
DENM**
extensions...

GeoNetworking (ITS)
CALM-FAST (ITS)
TCP/UDP/IP

802.11p

* CAM - cooperative awareness message

** DENM - decentralized environmental notification message

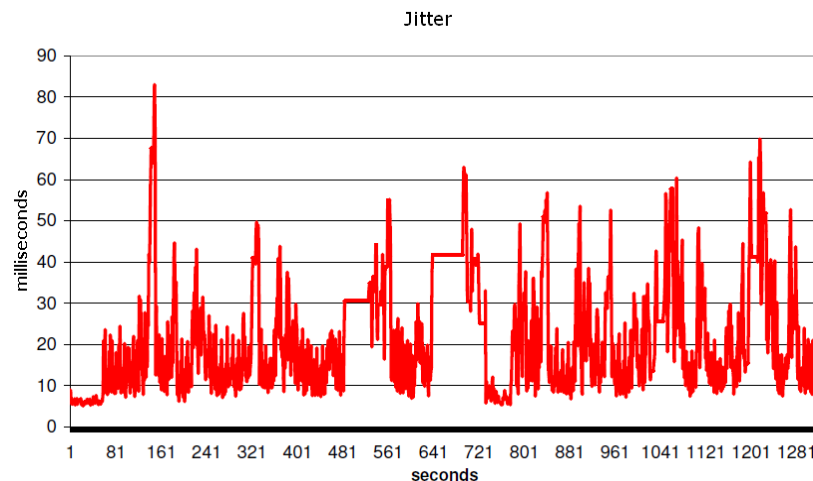
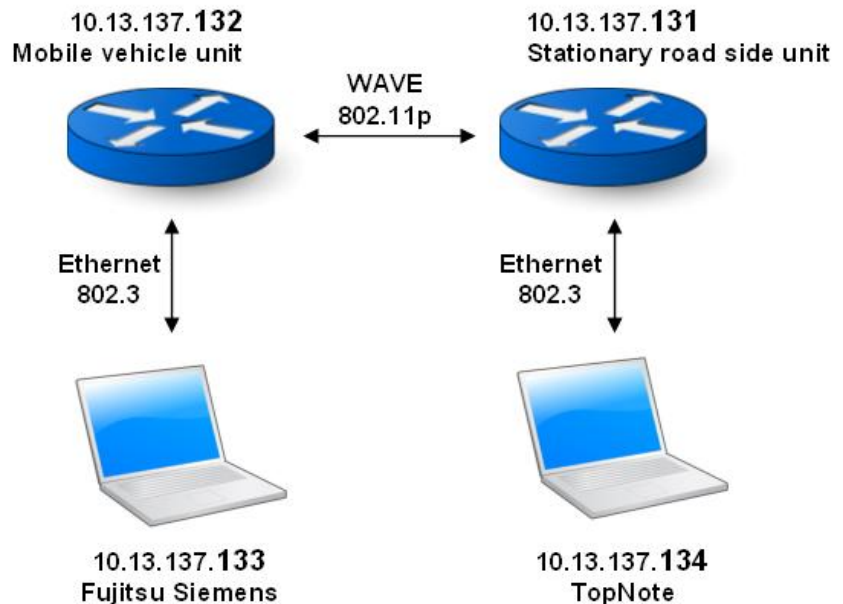
Aparatūra

- Eksperimentāls 802.11p tīkls
 - sākotnējā versija – izstrādāta dalībai GCDC 2011
 - pašreizējā versija – ITS daļa heterogēnā bezvadu sakaru poligonā
- Uzlabotā aparatūras versija
 - automātiska temperatūras kontroles sistēma
 - unificēta mobilo un stacionāro mezglu konstrukcija



Novērtēšana

- Aparatūras konfigurācija:
- Iperf
 - Klienta un servera komponentes uz katra aparātūras vienuma
- Parameteri
 - data stream: UDP
 - datagram size: 1470 bytes
 - UDP buffer size: 8 Kbytes
- Rezultāti (lauka testu sesija reālos apstākļos)
 - **aizture**
57.9% no laika < 20ms
29.3% no laika 20-40ms
12.8% no laika > 40ms
 - augstas aiztures vērtības iemesls zemas datu plūsmas vērtības
 - atgriešanās pie zemām aiztures vērtībām pēc perioda ar maksimālu vai vismaz augstu datu plūsmas vērtību



Rezultāti

- Komunikācija
 - varam nodrošināt komunikāciju atbilstoši 802.11p standartam attālumos līdz 200 metriem ar aizturi, kas 57,9% no kopējā sakaru laika nepārsniedz 20 ms, bet sliktākajā gadījumā nepārsniedz 80 ms
 - risināmie jautājumi – pārējo komunikācijas līmeņu izveide
- Sensori
 - varam iegūt auto pozīciju un kustību raksturojošos datus, kā arī datus par apkārtējo vidi un objektiem ar precizitāti, kas paredzēta GCDC 2016 specifikācijā
 - risināmie jautājumi – datu interpretācija vienota 3D pasaules modeļa izveidē un uzturēšanā

GCDC paveiktais

- Apgūti GCDC-2016 dokumenti
- Uzsākta sensoru datu lasīšanas programmu izstrāde
- Dalība un prezentācija IS3C viedo automobiļu seminarā (Austrija)
- Dalība GCDC-2016 organizatoru rīkotajos webināros
- Dalība pirmajā GCDC-2016 f2f seminārā Eindhovenas tehniskajā universitātē (Nīderlande)
- Izstrādātas prasības veidojamās sistēmas arhitektūrai, veicamajiem darbiem un par nepieciešamo tehnisko nodrošinājumu
- Uzsākta vadības sistēmas prototipa izstrāde
- Izstrādāts pirmais sistēmas apraksts

KiFiS publikācijas

- A. Hermanis, R. Cacurs, M. Greitans, "Shape sensing based on acceleration and magnetic sensor system", 2015 IEEE International Symposium on Inertial Sensors and Systems (ISISS), 23-26 March 2015.
- Dimitrios Lymberopoulos and the participants of Microsoft Indoor localization Competition 2014 (including Leo Selavo), "A Realistic Evaluation and Comparison of Indoor Location Technologies: Experiences and Lessons Learned," The 14th ACM/IEEE International Conference on Information Processing in Sensor Networks (ACM/IEEE IPSN), CPSWEEK, Seattle, USA, April 13-16, 2015.
- A.Hermanis, R. Cacurs, K. Nesenbergs, M. Greitans, E. Syundyukov, L. Selavo, "Demonstration Abstract: Wearable Sensor Grid Architecture for Body Posture and Surface Detection and Rehabilitation," The 14th ACM/IEEE International Conference on Information Processing in Sensor Networks (ACM/IEEE IPSN), CPSWEEK, Seattle, USA, April 13-16, 2015.
- O.Nikisins, R.Fuksis, A. Kadikis and M. Greitans. Face recognition system on Raspberry Pi, International Conference on Information Processing and Control Engineering (ICIPCE-2015), April 15-17, 2015. Moscow, Russia.
- K.Nesenbergs, L. Selavo, "Smart textiles for wearable sensor networks: review and early lessons," Medical Measurements and Applications (MeMeA) 2015 Conference on, Torino, Italy, 7-9 May 2015.
- L.Selavo, I. Drikis, A. Mednis, R. Balass. "DiStAL: Digitally Steerable Antennas for Localization," Technical report, Microsoft Indoor Localization Competition, 2015.

Dalība konferencēs un prezentācijas

- 24.-28.08.2014. O.Nikišins piedalījās konferencē “22nd International Conference on Pattern Recognition” (ICPR 2014) Stokholmā, Zviedrijā, kur prezentēja publikāciju “RGB-D-T based Face Recognition”.
- 31.08.-06.09.2014. programmas vadītājs M.Greitāns piedalījās Eiropas signālapstrādes konferencē “EUSIPCO 2014” Lisabonā, Portugālē, kur prezentēja un apsprieda VPP SOPHIS idejas un rezultātus.
- 06.-08.10.2014. A.Mednis piedalījās konferencē “The 14th Biennial Conference on Electronics and Embedded Systems” (BEC 2014) Tallinā, Igaunijā, kur uzstājās ar referātu “Development of 802.11p Testbed - Experiences”.
- 10.-11.10.2014. A.Mednis piedalījās Rīgas Tehniskās universitātes rīkotajā Izgudrojumu un inovāciju izstādē MINOX 2014, kur demonstrēja autovadītājus brīdinošu ceļa stabiņu IMP1.
- 21.-22.01.2015. M.Greitāns piedalījās KTI ARTEMIS “Brokerage Event 2015” Amsterdamā, Nīderlandē, kur prezentēja un apsprieda VPP SOPHIS idejas un rezultātus.
- 03.-20.02.2015. projekta izpildītāji piedalījās Latvijas Universitātes 73.zinātniskajā konferencē, kur uzstājās diviem referātiem:
 - “Lokalizācija iekšstelpās ar digitāli vadāmām antenām” (L.Seļāvo,I.Driķis,R.Balašs) un
 - “Heterogēna bezvadu sakaru poligona izveide” (A.Mednis,J.Judvaitis, R.Ruskuls).
- 09.-11.03.2015. M.Greitāns piedalījās starptautiskajā pasākumā “ARTEMIS Co-Summit 2015” Berlīnē, Vācijā, kur prezentēja un apsprieda VPP SOPHIS idejas un rezultātus.
- 21.-30.03.2015. M.Greitāns piedalījās starptautiskajā konferencē “The 2nd IEEE International Symposium on Inertial Sensors and Systems” (IEEE ISISS 2015) Havaju salās, ASV, kur prezentēja stenda referātu “Shape sensing based on acceleration and magnetic sensors system”.



Vēl publicitātes momenti

- Izstāde «Skola 2015», 27-28 Februārī, Rīga.
- Zinātnes nakts rudenī, Rīga.
- Atis Hermanis ieguva 1. vietu RTU rīkotajā zinātnisko pētījumu konkursā “ResearchSlam,” 2015.g.
- Emil Syundyukov ieguva 2. vietu labāko IT bakalaura darbu konkursā: bakalaura darbs “Iegultās iekārtas un programmatūra veselības datu pārraudzībai rehabilitācijas laikā”; 2015.g.



ELEKTRONIKAS UN DATORZINĀTŅU INSTITŪTS
INSTITUTE OF ELECTRONICS AND COMPUTER SCIENCE



GCDC 2016

- ES 7. ietvarprogrammas projekts
 - i-GAME FP7-ICT-2013-10
- Misija
 - sekmēt reālu uz bezvadu komunikācijām balstītu automatizētas braukšanas risinājumu izveidi
- Uzdevumi
 - funkcionālās arhitektūras izstrāde
 - arhitektūras pārbaude heterogēnu risinājumu sacensībās
- Aktivitātes
 - neklātienas telekonferences
 - klātienes semināri
 - kooperatīvās autobraukšanas sacensības