IEGULDĪJUMS TAVĀ NAKOTNĒ

Eiropas savienība

Eiropas Sociālais fonds

Prioritāte: 1.1. Augstākā izglītība un zinātne

Pasākums: 1.1.1. Zinātnes un pētniecības potenciāla attīstība

Aktivitāte: 1.1.1.2. Cilvēkresursu piesaiste zinātnei

Projekta nosaukums: ”Viedo sensoru un tīklotu iegulto sistēmu pētījumu un attīstības centrs” (VieSenTIS)

Līguma noslēgšanas datums: 27.11.2009.

Projekta sākuma datums: 01.01.2010.g.

Projekta beigu datums: 31.12.2012.g.

Vienošanās Nr.2009/0219/1DP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/020

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

ZINĀTNISKĀ PĒTĪJUMA PROGRESU APLIECINOŠA DOKUMENTĀCIJA

Pārskata numurs Nr.1. par periodu no 01.01.2010.g līdz 31.03.2010.g.

Projekta zinātniskais vadītājs: Leo Seļāvo, PhD datorzinātnēs.

Pētījuma projekta izpildītāju saraksts: Modris Greitāns, Dr.sc.comp.

Uldis Grunde, topošais zinātnieks , Mg. fizikā.

Artis Mednis, doktorants.

Atis Elsts, doktorants.

Rolands Šāvelis, doktorants.

Oļegs Ņikišins, doktorants.

Gatis Šūpols, Mg. Elektronikā.

Mārtiņš Liepiņš, Mg. Elektronikā.

Aivars Ševerdaks, Mg. Elektronikā.

Zanda Seržāne, Maģistrante.

Ivars Driķis, Dr.Phys.

Rinalds Ruskuls, Maģistrants.

Andris Gordjušins, Maģistrants.

Georgijs Kanonirs, Maģistrants.

Kārlis Priedītis, Maģistrants.

ELEKTRONIKAS UN DATORZINĀTŅU INSTITŪTS
Rīga, Latvija
2010.gads

Eiropas Savienības fondu līdzfinansētā projekta

VieSenTIS - Viedo sensoru un tīklotu iegulto sistēmu pētījumu un attīstības centrs

Zinātniskās pētniecības atskaite

par pārskata periodu no 01.01.2010.g līdz 31.03.2010.g.

Satura rādītājs

Anotācija 3

Ievads 3

Rezultātu kopsavilkums 3

EdiMote 5

MansOS 10

SenSigA 14

BioSen 19

SAntArray 23

CarMote 28

MotiMote 32

Kopsavilkums 39

Anotācija

VieSenTIS ir ESF atbalstīts projekts zinātnisko grupu veidošanai. Konkrēti šis projekts nodarbojas ar pētniecību bezvadu sensoru un tīklotu iegulto sistēmu laukā. Projekta ietvaros ir sekojošas apakšgrupas: EdiMote – jaunas arhitektūras bezvadu sensoru aparatūrai, MansOS – operētājsistēma un programmatūras rīki bezvadu sensoru un iegulto sistēmu atbalstam, SenSigA – Sensoru signālu apstrādes metodes, BioSen – Sensoru sistēmu pielietojumi biometrijā, SAntArray – antenu masīvu pielietojumi tīklotas iegultas sistēmās, CarMote – viedās transporta sensoru sistēmas un MotiMote – sensoru pielietojumi cilvēka ķermeņa kustības dinamikas noteikšanai. Šajā dokumentā izklāstītas zinātniskās pētniecības aktivitātes un rezultāti augšminētajās grupās. Pielikumā ir iekļautas divas no šajā periodā iesniegtajam publikācijām.

Projektu atbalsta Eiropas Savienības fondi, līguma Nr.2009/0219/1DP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/020

Ievads

Pasaule tiek rasti arvien vairāk pielietojumi bezvadu sensoriem un tīklotam iegultam sistēmām, gan lai uzlabotu cilvēku dzīves kvalitāti un veselību, kā arī industrijā un citas nozarēs. Līdz ar jaunajiem pielietojumiem nāk jaunas risināmās problēmas un izaicinājumi. Miniatūras iegultās sistēmas ir ar ierobežotiem resursiem, piemēram, enerģijas avots bieži vien ir neliela baterija. Tāpēc ir aktuāli pētīt kā šos resursus pēc iespējas efektīvi izmantot, ka arī radīt rīkus jaunas aparatūras un programmatūras izstrādei. Bez tam, bezvadu sensoriem rodami pielietojumi arvien jaunas dzīves sfērās, kas prasa gan specifisku signāla apstrādi gan pielietojuma metožu pētniecību.

VieSenTIS pētniecības grupas darbs ir tiešā saistībā ar augšminēto problēmu risinājumu. Šajā projektā ir izveidotas vairākas apakšgrupas saskaņā ar pētnieku individuālo pieredzi un interesēm:

- EdiMote – jaunas arhitektūras bezvadu sensoru aparatūrai.
- MansOS – operētājsistēma un programmatūra bezvadu sensoru un iegulto sistēmu atbalstam.
- SenSigA – Sensoru signālu apstrādes metodes.
- BioSen – Sensoru sistēmu pielietojumi biometrijā.
- SAntArray – antenu masīvu pielietojumi tīklotas iegultas sistēmās.
- CarMote – viedās transporta sensoru sistēmas.
- MotiMote – sensoru pielietojumi cilvēka ķermeņa kustības dinamikas noteikšanai.

Turpmāk dokumenta aprakstītas pētniecības metodes un rezultāti vispār, kā arī konkrēti par katru pētniecības apakšgrupu sīkāk. Attiecīgas sadaļas sastādījuši attiecīgo grupu dalībnieki, tāpēc attēlu un atsauču numerācija tajās ir individuāla katrai sadaļai.

Rezultātu kopsavilkums

Pētniecības rezultātu kopsavilkums pa pētniecības grupām ir sekojošs:

- EdiMote – tiek veidota testa platforma bezvadu sensoru un modulāru iegulto sistēmu prototipēšanai. Patlaban ir uzprojektēta vispārīga aparatūras shēma un aptuvena spiestās plates diagramma, kas tiek konkretizēta laika gaitā. Šī sistēma ļaus prototipēt iegultās sistēmas ar

dažādiem kontrolieriem un moduļiem līdzīgi kā Lego kluču sistēma. Tā ļaus konfigurēt patvaļīgas moduļu savienojumu arhitektūras, kā arī mērīt enerģijas patēriņu un atkļūdot modelētās sistēmas.

- MansOS – uzsākta jaunas platformas – msp430 veidošana ar MansOS operētājsistēmas atbalstu. Optimizēts kompilācijas process samazinot gala koda izmēru līdz pat 50% un vairāk.
- SenSigA – izstrādāta ultraplatjoslas (UWB) impulsa radio signālu apstrādes pieeja, kas ļauj atjaunot sākotnējā signāla formu pēc tam, kad ir veikta tā filtrācija ar zemfrekvenču vai joslas filtru. Pētījuma rezultāti iesniegti konferencei EUSIPCO 2010.
- BioSen – izveidota datubāze ar seju attēliem lai testētu sejas atpazīšanas algoritmus. Tiek strādāts pie trīsdimensiju sejas atpazīšanas kameru aparatūras izveides un kalibrēšanas algoritmiem.
- SAntArray – Izveidots ESPAR konfigurējamās pasīvās antenas masīvs ar 7 elementiem. Izveidota simulācijas sistēma, kas ļauj meklēt parametrus optimālākajiem antenas virziena darbības režīmiem.
- CarMote – veikts pētījums par autoceļu seguma kvalitātes analīzi ar mobiliem audio sensoriem. Pētījuma rezultāti iesniegti kā publikācija konferencei „Networked Digital Technologies” (NDT 2010).
- MotiMote – pētītas sensoru iespējas cilvēka locekļu kustības trasēšanai kā ari metodes to salīdzināšanai un klasifikācijai.

Turpmākajās sadaļās rezultāti aprakstīti sīkāk.

EdiMote

Ievads

Projekta sākumā tika izveidota Edi-Motes grupa, kurā tika apvienoti cilvēki, ar mērķi izstrādāt jaunu sensoru tīklu platformu, balstoties uz citu izstrādātāju iepriekš izstrādātām platformām, izanalizējot to priekšrocības un trūkumus. Izstrādes gaitā gūt pieredzi un zināšanas, kuras varētu izmantot nākotnē. Izstrādājot specifiska pielietojuma un bezvadu sensoru tīklu principa balstītas iegultas sistēmas.

Projekta sākumā tika nolemts sadarboties ar MansOS grupu un izmantot viņu programmatūras iestrādes mūsu izstrādājamās sensoru platformās.

Esošo risinājumu apskats

Kā viena no paraugplatformām tika apskatīta EPIC Motes platforma, kurai ir modulāra struktūra. EPIC platformas moduļi ir sadalīti pēc pielietojuma: galvenais mikrokontroliera un RF radio modulis (EPIC Core), USB saskarnes (interfeisa) modulis (EPIC USB) un datu glabāšanas modulis (EPIC Storage). Šāda modulāra platforma ir viegli piemērojama specifiskiem pielietojumiem, jo atsevišķos moduļus var kombinēt savā starpā, kā arī pievienot papildus izstrādātus moduļus. Šāda modulāra sistēma atgādina "LEGO" veida klucīšu struktūru. Tādā veidā iespējams ātri izveidot sensora tīklu ierīci konkrētam pielietojumam. Šādas platformas struktūras trūkums ir tāds, ka izstrādātājam tik un tā ir jāveido iespiedplate, kurā izvietot izmantojamos moduļus, tāpēc EDI motes testa platforma tika būvēta ar iespēju bez iespiedplates pārveides pārkonfigurēt platformas savstarpējo elementu savienojumus. Tādā veidā izstrādātājam tiktu dota iespēja pirms konkrēta pielietojuma bezvadu sensora izstrādes nosimulēt tā darbību EDI-Motes testa platformā. Protams, šāda platforma nevar tikt izmantota kā gala izstrādājums, bet šādi veidota platformas struktūra dotu iespēju programmatūras izstrādātājiem un specifiskā pielietojuma sensoru izstrādātājiem notestēt risinājuma pirms tā gala varianta izstrādes.

Vēl, kā paraugs, tika apskatīta arī viena no populārākām sensoru tīklu platformām, kura tika izstrādāta "Berkeley" universitātē un kuras nosaukums ir TMote Sky (TelosB), kura ir viena no visbiežāk izmantotajām komerciāli pieejamām sensoru tīklu platformām. Šai platformai arī ir viens no vis plašākajiem sensoru tīklu programmnodrošinājuma atbalstiem (TinyOS, Contiki, Mantis). Dažus no shēmtehnisiem risinājumiem šajā platformā plānots ieviest arī kādā EDI-Motes apakšplatformām. Tā kā TMote Sky ir viena no populārākām sensoru tīklu platformām, tad EDI-Motes testa platformas izstrādes procesā tika paredzēta kā viena no Testa platformas iespējām, iespēja simulēt TMote Sky, tādā veidā būtu iespējams pārbaudīt EDI-Motes testa platformā tās sensoru tīklu operētājsistēmas, kuras ir iespējams darbināt uz TMote Sky.

El-Mote

Elektriskā lauka sensors ietilpst EdiMotes apakšprojektā kā testa sensors, kuru paredzēts pieslēgt pie EdiMotes izstrādātās platformas. ElMote paredzēta arī kā testa iekārta MansOS izstrādātājiem. ElMote sastāv no trīs atsevišķiem moduļiem:

1. Elektriskā lauka sensors - kondensators(divas metāla ripas) un pastiprinātājs.

2. Vadības MCU modulis ar MSP430F2234 mikrokontrolieri.
3. RF modulis ar Nordic Semi nRF24L01 raiduztvērēju.

Kā enerģijas avots izmantotas divas AA tipa baterijas. Katrs modulis kopā savienots izmantojot distancerus, tas darīts lai plates var viegli uzlabot, vai, piemēram, aizstāt elektriskā lauka sensoru ar kādu citu sensoru, neveicot MCU un RF moduļos izmaiņas. Lai sensoru datus savāktu un attēlotu uz datora izstrādāta savācējiekārtas plate, kura pieslēgta datoram izmantojot USB uz UART pārveidotāju.

EDI-Mote Testa platforma

Mūsu risinājums - veidojot jaunu izstrādes rīku priekš bezvadu sensoru tīkliem, izvirzījām šādus mērķus:

1. minimāls laiks jāvelta shēmas un plates veidošanai, Izstrādājot jaunu Moti;
2. Izstrādes rīks nav piesaistīts pie konkrēta mikrokontroliera (MCU);
3. Spēj simulēt esošas Motes;
4. standartizēti konektori.

Pirmo problēmu atrisinājām, pielietojot programmējamo loģiku - **Complex Programmable Logic Device** (turpmāk tekstā **CPLD**). To var izmantot gan ciparu signālu komutēšanai, nodrošina arī dažādu loģisko līmeņu salāgošanu, gan arī dažādu loģisko funkciju veikšanai.

Izvēloties šādu pieeju daļēji atrisinājām otro problēmu - lai izstrādes rīks nebūtu piesaistīts konkrētam MCU vai tā saimei.

Pārsvarā izstrādes rīki ir paredzēti kādai noteikta mikrokontrolieru saimei vai ari korpusam. Tas ir tamdēļ, jo citu MCU korpusu vai saimju izmantošanu ierobežo:

1. Dažāds izvadu izvietojums;
2. Izvadu funkcionalitāte, piemēram, impulsa platuma modulācija;
3. Ieprogrammēšanas dažādība - MCU ieprogrammēšana ir specifiska katram ražotājam.

Izmantojot CPLD mēs varam novērst ciparu izvadu dažādību, sakomutējot tos pēc vajadzības, gan pēc funkcionalitātes, gan pēc ieprogrammēšanas veida.

CPLD attiecās uz ciparu signālu komutēšanu, ka zināms daudziem MCU un sensoriem, kas ir uz Motēm, ir analogie signāli, kurus būtu nepieciešams pārkomutēt savā starpā. Šāda iespēja pastāv izmantojot analogo signālu matricu.

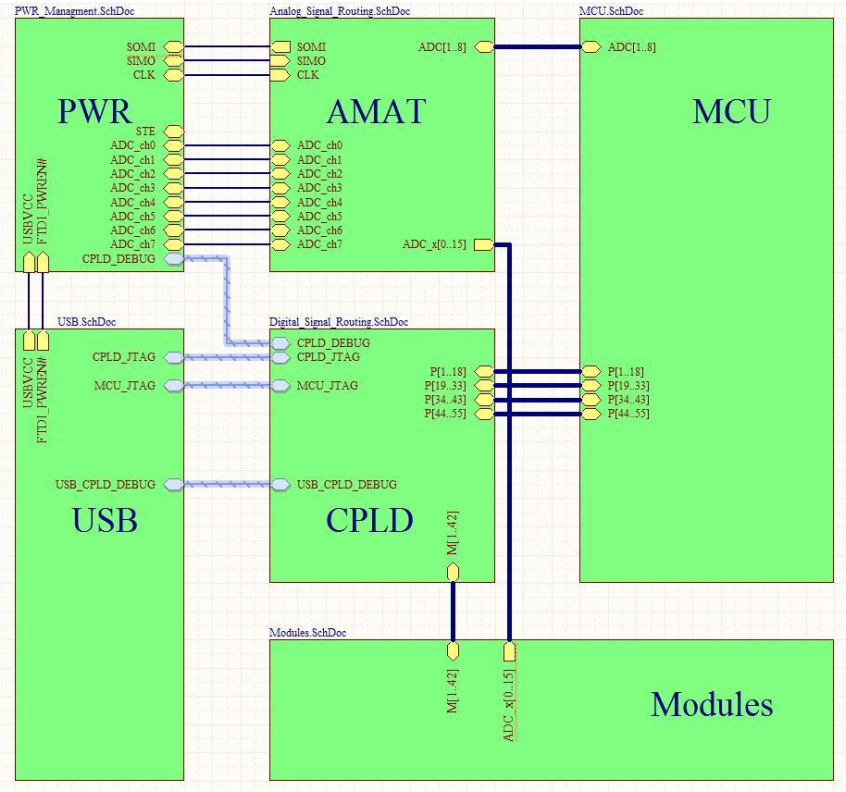
Lai nebūtu nepieciešami dažāda veida programmatori izmantojām FTDI firmas integrālo mikroshēmu (IMS), kas pārveido USB kopni uz virtuālām virknes datu kopnēm kā - JTAG, SPI, I2C, UART, BIT-BANG. Tādā veidā plānots programmēt - CPLD un MCU. Pagaidām tests tika veikts ar Texas Instrument MSP MCU.

Lai nodrošinātu dažāda veida MCU izmantojamību, vienojāmies par moduļu ieviešanu, tas ir, EDI-Mote sastāvēs no;

1. Galvenās izstrādes plates;
2. Testa MCU;
3. Sensoriem, RF, relejiem utt.

Līdzko ir atrisinātas šīs problēmas, mēs var nodrošināt arī citu Motu simulēšanu kā Epic, TelosB, MicaZ.

EDI-Motes blokshēma



USB - atbild par Edi-Motes komunikāciju ar datoru. Atbalstīs šādas funkcijas:

1. testējamo mikrokontrolieru programmēšanu (MSP, AVR);
2. FPGA,CPLD programmēšanu;
3. Atkļūdošanas iespēja, jo tiek izmantots JTAG;
4. Iespēja monitorēt datus:
    a. Patērēto jaudu atsevišķi pa moduļiem vai kopējo patērēto jaudu;
    b. Ciparu datus, tiek iegūti no CPLD;
    c. Analogās signālu matricas datus;
5. Barošanas nodrošināšana līdz 2.5W;

AMAT – analogā signālu matrica, paredzēta analogo signālu komutēšanai. Daļa analogo signālu ir pievadīti pie barošanas mikrokontroliera ADC ieejām, tādā veidā nodrošinot iespēju monitorēt 8 analogos signālus.

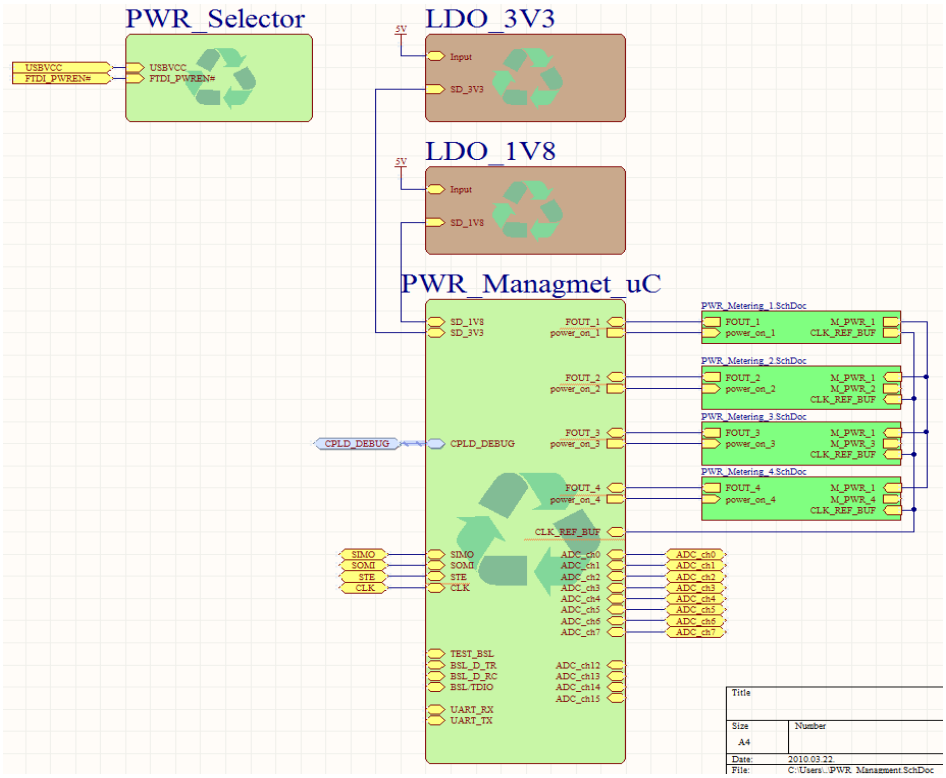
CPLD – ciparu signālu komutēšanai, ciparu loģisko līmeņu salāgošanai. Testa platei paredzēts izmantot JTAG, kas ļaus novērot ciparu signālu stāvokļus. Kā uzlabojums, paredzēts veikt pašiem savu atkļūdošanas algoritmu izmantojot 10 vadu datu līniju, kas ir savienota ar MSP barošanas mikrokontrolieri. Šāds risinājums samazinās izmantojamo programmatūru izmantošanu (nebūs nepieciešams Quartus, priekš signal tap analayzer un CPLD programmēšanas).

MCU – testa mikrokontrolieru meitas dēļi. Uz "Mātes" platformas ir novietoti divi 2x20 konektori, uz kuriem varēs spraust virsū Meitas dēļus, ar attiecīgajiem MCU.

Moduļi – konektori, kuri paredzēti dažādiem sensoriem, radio platēm, relejiem utt. Paredzēts standartizēt.

PWR – blokshēmas modulis, kurš sastāv no:

1. **PWR Selector** – izvēlas starp ārēju barošanas avotu un USB;
2. **LDO 3V3** – pārveido no 5V uz 3V3;
3. **LDO 1V8** –pārveido no 5V uz 1V8;
4. **PWR Managment uC** – mikrokontrolieris, kuram ir šādas galvenās veicamās funkcijas:
5. Mērīt strāvu no pieciem moduļiem – MSP meitas dēļiem, trijiem sensoriem un kopējo patērēto jaudu;
    a. Analogo signālu monitorings no AMAT moduļa;
    b. Ciparu signālu monitorings no CPLD;



Trīs mēnešu laikā izdarītā apkopojums

- EDI-Motes vīzijas, mērķu uzdevumu nospraušana;
- Komponentu iepirkums;
- EDI-Motes testa platformas blokshēmas izveide;
- Darbs pie testa platformas elektriskās principiālās un iespiedplates izstrādes;
- Principiālās elektriskas shēmas un iespiedplates izveide “Meitas” dēļiem;
- Izveidota testa plate priekš strāvas mērītāja;
- Izveidots programmators.

Secinājumi

Apzinātas problēmas saistībā ar šo pētniecības tēmu, izveidotas iestrādes šo problēmu iespējamai risināšanai.

Turpmākie darbi

1. Plānots notestēt strāvas mērītāja shēmu, pieliedzot to pie testa plates (piektās sērijas Texas Instrument MSP mikrokontrolieris);
2. Pabeigt līdz galam pirmo versiju Edi-Motes izstrādes plates projektēšanu, salodēt to, un pārbaudot uz kļūdām un nepilnībām;
3. Nodrošināt iespēju uzinstalēt MansOS operētājsistēmu uz testa platēm, kā arī uz Edi-Motes izstrādes rīka;
4. ElMotes kā izstrādes rīka pieslēgšana Edi-Motei, kur Edi-Moti izmantot kā datu savācējiekārtu.

MansOS

Galvenie paveiktie darbi:

- Jauna MansOS koda standarta izstrāde
- MansOS koda tīrīšana atbilstoši koda standartam
- MansOS saišu redaktora optimizācija
- MansOS konfigurācijas failu mehānisma pievienošana
- MansOS Test Bed uzstādīšana LU DiLAB.
- Ieviesta MSP430 platforma.
- LED-iem universālāks interfeiss, bet vēl nāksies pārtaisīt LED-us ar konfigurējamiem portiem un piniem.
- Ieviesti bootloader skripti MSP430 platformai, kas nedaudz atšķiras no TelosB platformā lietotā skripta.
- Sastādīts plāns, kas MansOS nepieciešams, lai to varētu prezentēt SenSys konferencē plakāta formā:
    - MSP430 platforma (jāpabeidz)
    - AVR platforma
    - Platformu konfigurācijas faili
    - Arduino kā konfigurējama platforma
    - Nordic platforma
    - 1 Routing protokols (šobrīd nav)
    - 1 MAC protokols - šobrīd ir 1 NULL MAC, 1 CSMA MAC (kuru var piemodificēt, lai kļūtu par B-MAC) un divi TDMA, kur vienam ir fiksēti laika sloti, otram - dinamiski
    - Dokumentācija, tai skaitā instalācijas dokumentācija
    - PC platformas tīkla konfigurācija
    - Pavedienu kļūdu labojumi (iesākts)
- Ieviesta iespēja nokompilētajam elf failam apskatīt datu izvietojumu atmiņā, aizņemtās atmiņas apjomu (make telosb memdump).
- Dokumentēta atmiņas karte (memory map).
- Veikta pavedienu (threads) atkļūdošana, pagaidām nav sasniegtas laimīgās beigas, bet ir atklātas vairākas nepilnības:
    - Pavedieniem tika izmantots fiksēta izmēra steks, lai arī pie pavediena izveidošanas bija iespēja norādīt steka izmēru.
    - Pavedienu stekiem tika vienmēr rezervēts liels, konstants atmiņas apgabals, kas netika izmantots.
- Apgūta tehnika, kā darboties ar JTAG Flash emulator un MSP430 Development Kit, tai skaitā:
    - kā uzlādēt programmu uz mikrokontroliera;
    - kā palaist programmu atkļūdošanas režīmā ar GDB, izpildīt pa soļiem, salikt "breakpoints", apskatīt reģistru vērtības, atmiņas saturu;
    - kā darboties atkļūdošanas režīmā, izmantojot Eclipse vidi un Zylin spraudni;

    - kā uzinstalēt gcc-3.4;
    - kā nokompilēt mspgcc;
    - kā izmantot starpnieku msp430-gdbproxy;
    - kā panākt iepriekš aprakstīto Windows vidē;
    - kā panākt iepriekš aprakstīto Linux vidē;
    - kā panākt iepriekš aprakstīto uz virtuālās mašīnas, kur darbojas Linux vide.
- Veikti vairāki nelieli ātrdarbības uzlabojumi, tai skaitā, vairākas funkcijas pārrakstītas, lai tās kļūtu par "inline".
- Izveidota MansOS izstrādes procesa vizualizācija, izmantojot Gource.
- Ir iestrādes AVR un Arduino platformu atbalstam.

Jauna MansOS koda standarta izstrāde.

Uzrakstīts un MansOS wiki lapā publicēts jauns kodēšanas standarts, lai novērstu problēmas ar MansOS koda kvalitāti, un atvieglotu jaunu programmētāju piesaisti projektam. Standarts ir pieejams te:

http://jupiter.cs.fmf.lu.lv/dilab/index.php/MansOS_Coding_Standard

MansOS koda tīrīšana atbilstoši koda standartam

- no MansOS izslēgta API funkcija receivePacket(), kuras semantika bija atšķirīga no tās, kādu tās lietotāji sagaidīja (sagaidāmo semantiku nodrošināt nebija iespējams);
- visos failos tabulācijas simboli aizstāti ar tukšuma simboliem;

MansOS saišu redaktora optimizācija

Pēc lietotāju sūdzībām par ilgo MansOS programmēšanās laiku uz sensoru mezgliem tika uzlaboti MansOS lietojumprogrammu būvēšanas skripti. Pēc jaunajiem uzlabojumiem būvēšanas rezultātā iegūtajā binārajā failā tikai iekļautas tikai tās MansOS kodola funkcijas un tie mainīgi, kuri kādai konkrētai lietojumprogrammai ir vajadzīgi. Tas ļāva ievērojami samazināt iegūstamo izpildāmo programmu izmērus. Salīdzinoši,

Blink lietojumprogrammas izpildāmā faila izmērs samazinājās no 26576 baitiem uz 1498 baitiem;

- SAD sensoru mezgla programmai: no 27526 uz 7122;
- SAD bāzes stacijas programmai: no 27018 uz 5556.

MansOS konfigurācijas failu mehānisma pievienošana

Iepriekšējas solī veiktās optimizācijas padarīja nevajadzīgu lielas koda daļas kompilāciju. Ja lietojumprogramma kādu funkciju neizmantoja, tā gala rezultātā programmas binārajā failā netika iekļauta, tomēr tai atbilstošais kods joprojām tika kompilēts. Lai novērstu šo problēmu, kā arī lai ļautu lietojumprogrammu izstrādātājiem labāk kontrolēt, kādus no MansOS komponentiem konkrētā programma varēs izmantot izpildes laikā, tika izveidota MansOS konfigurācijas sistēma. Sistēma sastāv no bāzēs failiem skriptu direktorijā MansOS SVN repozitorijā, un lietotāja definēta, lietojumprogrammai specifiska konfigurācijas faila. Failā ir iespējams norādīt (Makefile sintaksē), kādus no MansOS

komponentiem konkrētā programma vēlas izmantot. Šis mehānisms ļāva vēl vairāk samazināt gala rezultātā iegūstamo bināro failu izmērus.

MansOS Test Bed uzstādīšana LU DiLAB

Lai būtu iespējams notestēt MansOS programmas un protokolus uz fiziskas aparatūras ērtā veidā ar pietiekami lieku sensoru mezglu skaitu, tikai izveidota MansOS testa vietne (Test Bed). Test Bed ir uzstādīta LU ēkā, Raiņa bulvārī 19, Datoru Inženierijas, Iegulto sistēmu un sensoru laboratorijas (DiLab) telpās.

Test Bed sastāv no servera un tam pieslēgtiem USB centrmezgliem, kuriem pievienoti septiņi Tmote Sky sensoru mezgli. Tā ir attālināti pieejama no ārpasaules, izmantojot SSH tunelēšanu uz DiLab vārtejas datoru, kurš jālieto kā proxy serveri, lai piekļūtu DiLab iekšējiem datiem, tai skaitā DiLab Test Bed serveriem.

Apakšuzdevumi:

- USB centrmezglu un USB pagarinātāju uzstādīšana
- attālinātās SSH pieejas konfigurēšana uz Test Bed servera
- attālinātās pieejas realizācija Test Bed mezglu programmēšanai:

Python pieejas skriptu konfigurēšana. Tika uzprogrammēts skripts, kurš atkarībā no tā palaišanas parametriem var darboties kā TCP protokola klients, proxy serveris, vai vienkārši serveris, un instalēts uz DiLab vārtejas datora (proxy režīmā) un uz Test Bed servera (servera režīmā). Servera režīmā darbojoties, skripts māk uzprogrammēt jaunas, pa tīklu no klienta saņemtas lietojumprogrammas uz Test Bed pieslēgtajiem sensoru mezgliem.

- attālināta pieejas realizācija Test Bed datiem:

Python tīmekļa servera programmēšana un uzstādīšana. Tīmekļa serveris māk nolasīt datus no Test Bed pieslēgtajiem sensoru mezgliem un nosūtīt tos pa tīklu HTTP formātā.

- SQUID proxy servera uzstādīšana uz Test Bed vārtejas datora;
- pieejas testēšana ar Firefox Web pārlūku.
- pieejas mehānisma dokumentēšana.

Citi darbi un rezultāti

No citiem darbiem var minēt “mspsim” mērķa arhitektūras pievienošanu MansOS būvēšanas sistēmai. “mspsim” ir MSP procesora simulators, kurš var tikt lietots, lai atrastu un fiksētu MSP arhitektūrai specifiskas kļūdas. MSP arhitektūra ir pamātā “telosb” platformai (Tmote Sky sensoru mezgli), kā arī citām iespējamām MansOS nākotnes platformām.

Plānotie nākotnes darbi

- Atrast pavedienu (threads) kļūdas

- Pabeigt MSP430 platformu
- Izstrādāt AVR platformu
- Izstrādāt parametrizējamas platformas karkasu
- Izstrādāt Arduino kā parametrizējamu AVR platformu
- Ieviest tīkla konfigurāciju PC platformai

SenSigA

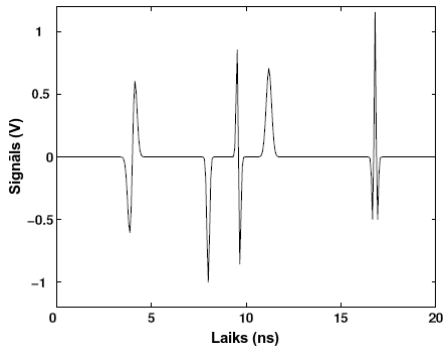
Ultraplatjoslas impulsa radio signālu apstrāde

Izstrādāta ultraplatjoslas (UWB) impulsa radio signālu apstrādes pieeja, kas ļauj atjaunot sākotnējā signāla formu pēc tam, kad ir veikta tā filtrācija ar zemfrekvenču vai joslas filtru.

UWB signālu spektrs aizņem plašu frekvenču joslu ($\Delta f \geq 500$ MHz), tāpēc to diskretizācijai saskaņā ar nolašu teorēmu būtu nepieciešama liela diskretizācijas frekvence $2 \cdot \Delta f$. Lai to novērstu, izmanto sekojošu signālapstrādes pieeju. Sākumā ultraplatjoslas signāls tiek filtrēts ar zemfrekvenču vai joslas filtru, tādējādi ierobežojot signāla spektra platumu. Tālāk tas tiek diskretizēts saskaņā ar nolašu teorēmu un iegūtās nolases tiek izmantotas sākotnējā signāla (pirms filtrācijas) atjaunošanai, kam pamatā ir filtrētā signāla spektra ekstrapolācija, izmantojot iteratīvu algoritmu. Tādā veidā iespējama UWB signāla, kas sastāv no dažāda veida impulsiem, atjaunošana, ja signāla spektra autokorelācijas funkcija ir pietiekami gara. Iegūtie rezultāti sagatavoti un iesniegti publicēšanai (M. Greitans, R. Shavelis *"Reconstruction of sequences of arbitrary-shaped pulses from its low-pass or band-pass approximations using spectrum extrapolation"*) starptautiskā konferencē EUSIPCO 2010 (Aalborg, Denmark).

Piemērs

Dots ultraplatjoslas signāls $x(t)$(1. attēls), kurš sastāv no pieciem dažādas formas, bet vienādas enerģijas impulsiem. Pirmā un ceturtā impulsa platumi ir aptuveni 0.8 ns, bet pārējo – 0.4 ns.



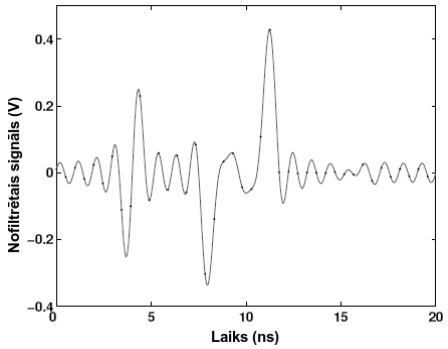
1. att. UWB signāls

Ja šo signālu varētu diskretizēt ar 15 GHz frekvenci, tiktu iegūtas $N = 301$signāla nolases $\mathrm{x} = [x(0), x(1), \dots, x(N-1)]$un katrs impulss tiktu attēlots ar vismaz 6 nolasēm. Pielietojot diskrēto Furjē transformāciju (DFT) tiktu atrasti signāla spektra koeficienti

$$\mathrm{X}(1 \times N): X(k) = \mathrm{x}\mathrm{W}^k, \qquad (1)$$

kur $\mathrm{W}^k = [e^{-j2\pi k0/N}, e^{-j2\pi k1/N}, \dots, e^{-j2\pi k(N-1)/N}]^T$un $k = 0,1, \dots, N-1$, frekvenču joslā līdz 7.5 GHz. Pielietojot inverso DFT no spektra koeficientiem Xatrod sākotnējo signālu x.

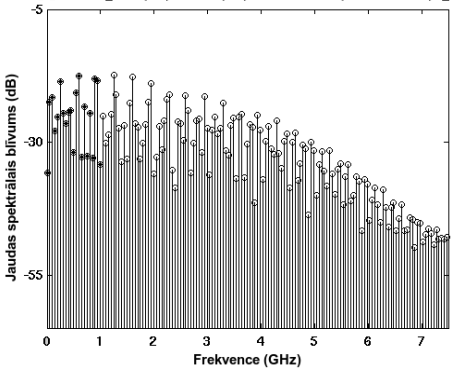
Praksē 15 GHz diskretizāciju ir grūti realizēt, tāpēc pēc signāla $x(t)$uztveršanas tas sākumā tiek filtrēts ar zemfrekvenču filtru līdz 1 GHz (2. attēls).



2. att. Ar zemfrekvenču filtru nofiltrēts UWB signāls

Filtrēto signālu diskretizē ar 2 GHz frekvenci un iegūst 41 nolasi. Pielietojot DFT atrod $M = 21$spektra koeficientus X_M, kas sakrīt ar vektora Xpirmajiem Mkoeficientiem (3. attēls)

$$\mathrm{X}_M = [X(0), X(1), \dots, X(M-1)] \tag{2}$$



3. att. UWB signāla jaudas spektrālais blīvums pirms filtrācijas (aplīši) un pēc filtrācijas (zvaigznītes)

Lai atjaunotu sākotnējo UWB signālu, kas bija pirms filtrācijas, no spektra koeficientiem $\mathrm{X}_M$atrod vektora Xkoeficientus, izmantojot sekojošu iteratīvu algoritmu

$$\mathrm{R}_i(M \times M): R(m,l) = \hat{\mathrm{P}}_{i-1}\mathrm{W}^{l-m}, \tag{3}$$

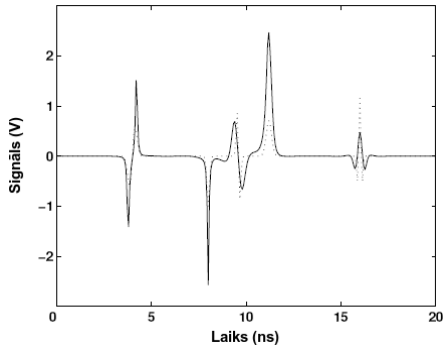
$$\hat{\mathrm{x}}_i(1 \times N): \hat{x}_i(n) = \frac{\mathrm{X}_M \mathrm{R}_i^{-1} \mathrm{W}_M^{-n}}{(\mathrm{W}_M^n)^T \mathrm{R}_i^{-1} \mathrm{W}_M^{-n}}, \tag{4}$$

$$\hat{\mathrm{P}}_i(1 \times N): \hat{P}_i(n) = |\hat{x}_i(n)^2|, \tag{5}$$

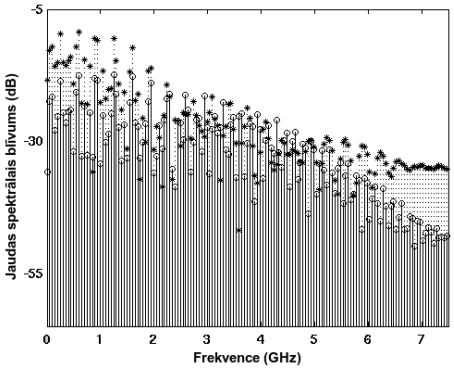
kur autokorelācijas matricas $\mathrm{R}_i$elementus rēķina no signāla jaudas $\hat{\mathrm{P}}_{i-1}$, $\hat{\mathrm{x}}_i$ ir atjaunotais signāls pēc *i*-tās iterācijas un $\mathrm{W}_M^n = [e^{-j2\pi k0/N}, e^{-j2\pi k1/N}, \dots, e^{-j2\pi k(M-1)/N}]^T$. Aprēķinātais sākotnējais signāls $\hat{x}_i(n)$tiek uzskatīts par atrastu, ja jauda $\hat{P}_i(n)$no iterācijas uz iterāciju nemainās vai izmaiņas ir mazas salīdzinot ar noteiktu sliekšņa vērtību. Sākuma nosacījums, ja nav dota *a priori* informācija, tiek atrasts no inversās DFT izteiksmes

$$\hat{P_0}(n) = \left|\frac{1}{M}\mathrm{X}_M \mathrm{W}_M^{-n}\right|^2 \tag{6}$$

Rezultāti pēc 15 iterācijām parādīti 4. un 5. attēlā.



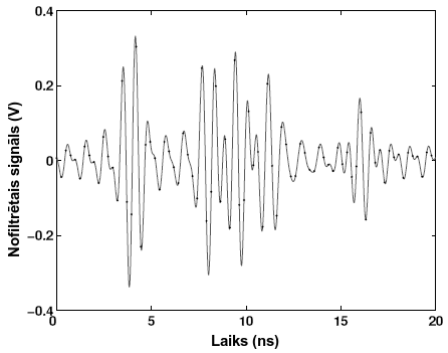
4. att. Sākotnējā (punktota līnija) un atjaunotā (nepārtraukta līnija) signāla salīdzinājums



5. att. Sākotnējā (aplīši) un atjaunotā (zvaigznītes) signāla jaudas spektrālie blīvumi

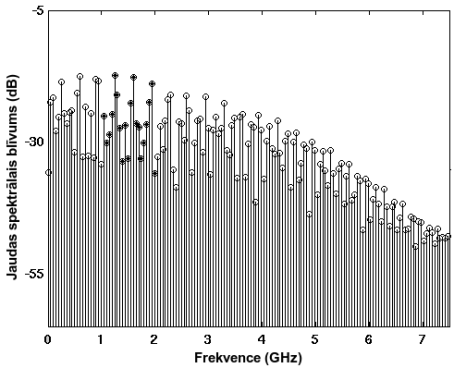
Lai uzlabotu atjaunošanas precizitāti, zemfrekvenču filtra vietā UWB signāla filtrācijai var izmantot joslu filtru, kura caurlaides joslā signāla enerģija ir vislielākā. No filtrētā signāla nolasēm atrod spektra koeficientus $\mathrm{X}_M = [X(r), X(r+1), \ldots, X(r+M-1)]$(zemfrekvenču filtra gadījumā $r = 0$), kurus liek algoritmā (3), (4) un (5), lai noteiktu vektora Xelementu vērtības un tādējādi atjaunotu sākotnējo signālu.

Filtrējot ar joslu filtru 1. attēlā parādīto signālu robežās no 1 līdz 2 GHz, iegūst 6. attēlā redzamo signālu.



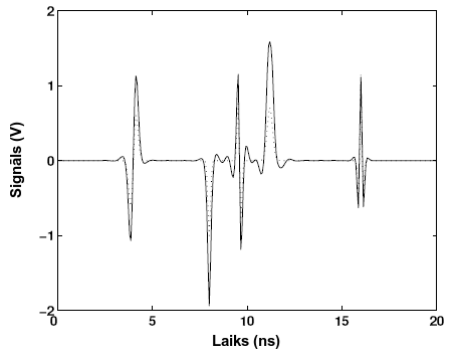
6. att. Ar joslu filtru nofiltrēts UWB signāls

Filtrētā signāla maksimālā frekvence ir 2 GHz, tāpēc to diskretizē ar 4 GHz frekvenci un iegūst 81 nolasi, no kurām savukārt atrod $M = 21$spektra koeficientus $\mathrm{X}_M$frekvencēm no 1 līdz 2 GHz (7. attēls).

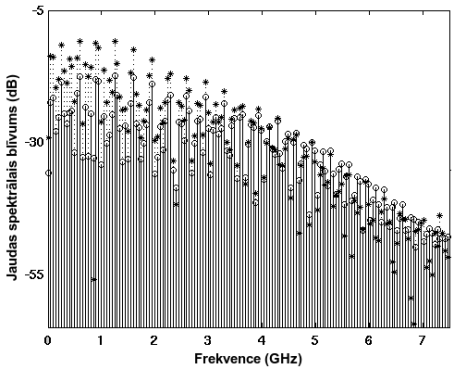


7. att. UWB signāla jaudas spektrālais blīvums pirms filtrācijas (aplīši) un pēc filtrācijas (zvaigznītes)

Ar algoritmu iegūtie atjaunošanas rezultāti pēc 15 iterācijām parādīti 8. un 9. attēlā.



8. att. Sākotnējā (punktota līnija) un atjaunotā (nepārtraukta līnija) signāla salīdzinājums



9. att. Sākotnējā (aplīši) un atjaunotā (zvaigznītes) signāla jaudas spektrālie blīvumi

Turpmākie pētījumi

Lai gan atjaunošanas rezultāts ir uzlabojies, tas prasījis 2 reizes lielāku diskretizācijas frekvenci nekā zemfrekvenču filtra gadījumā. Lai to novērstu, filtra izejas signālu var diskretizēt nevienmērīgi frekvenču uzklāšanās efekta vājināšanai ar samazinātu vidējo diskretizācijas frekvenci.

Pielietojums

Pielietojums ir UWB sistēmās, kurās informācijas pārraidei tiek izmantoti dažādas formas impulsi. Ņemot vērā, ka UWB ir zema enerģijas patēriņa datu pārraide, to var efektīvi pielietot bezvadu sensoru tīklos, kuros izmanto signālatkarīgus datu ieguves paņēmienus.

BioSen

BioSen ir projekta „Viedo sensoru un tīklotu iegulto sistēmu pētījumu un attīstības centrs" izpildītāju apakšgrupa, kura ir atbildīga par sensoru pielietojumu biometrijas jomā. Biometrija ir zinātnes virziens, kurš aptver cilvēku atpazīšanas metodes, kuras balstās uz vienas vai vairākām cilvēka fiziskajām (pirkstu nospiedumi, sejas atpazīšana, DNS, rokas un plauksta ģeometrija, atpazīšana pēc varavīksnes un citi) vai uzvedības (drukāšanas īpašības, gaita, balss un citi) īpašībām. Biometrija ir ļoti aktuāls pētījumu virziens visa pasaulē, jo pieprasījums pēc arvien droškām cilvēku identificēšanas sistēmām nepārtraukti aug. Biometriskas identificēšanas procesu var sadalīt vairākās fāzēs:

- biometriskā parametra reģistrēšana – šajā posma pielieto dažādus sensorus, piemēram: attēlu iegūšanas sensors, 3D skenerus, mikrofonus,
- no sensora iegūtas informācijas priekšapstrāde ar mērķi uzlabot iegūto datu kvalitāti,
- biometriskās informācijas salīdzināšana ar datu bāzi ar mērķi identificēt cilvēku un secinājumu nodošana izpildierīcei.

BioSen apakšgrupas zinātnisko pētījumu virzieni fokusējas uz attēlu iegūšanas sensoriem un attēlu apstrādes algoritmiem ar nolūku tos pielietot cilvēku identificēšanai pēc sejas, plauksta ģeometrijas un plauksta asinsvadu izvietojuma. Cilvēka atpazīšana pēc plauksta parametriem ir nākotnes pētījumu virziens. Uz doto bridi apakšgrupas pētnieki nodarbojas ar cilvēka atpazīšanu pēc sejas attēla. Sejas atpazīšanas virzienus var sadalīt divās lielās grupas:

- cilvēka atpazīšana pēc 2D sejas attēliem,
- cilvēka atpazīšana pēc 3D sejas attēliem.

Atpazīšanai pēc 2D sejas attēla izmanto biometriskās sistēmas ar vienu attēla iegūšanas sensoru. Tādām sistēmām ir savi trūkumi un priekšrocības, par trūkumiem var minēt sistēmas relatīvi vieglu falsificēšanu un neprecizitāti, par priekšrocībām var minēt sistēmas salīdzinoši zemu cenu un ātrdarbību.

3D sejas atpazīšanas sistēmām ir raksturīga ievērojami komplicētāka attēlu iegūšanas daļa. Šādas sistēmas ļauj uzlabot atpazīšanas precizitāti, bet sistēmas cena ievērojami pieaug, ka arī samazinās ātrdarbība komplicēto apstrādes algoritmu un palielinātā ieejas datu apjoma dēļ. 3D attēla iegūšanai izmanto sekojošas sistēmas:

- sistēmas ar vismaz diviem attēlu sensoriem,
- sistēmas ar vienu attēla sensoru un vienu aktīvu elementu (piemēram, projektors),
- sistēmas ar 3D skeneri.

BioSen grupas zinātnieki paralēli attīsta gan 2D gan 3D sejas atpazīšanas virzienus, tāpēc padarīta darba apskatu sadalīsim divas grupas: 1) cilvēka identificēšana pēc 2D sejas attēla; 2) cilvēka identificēšana pēc 3D sejas attēla.

Cilvēka identificēšana pēc 2D sejas attēla

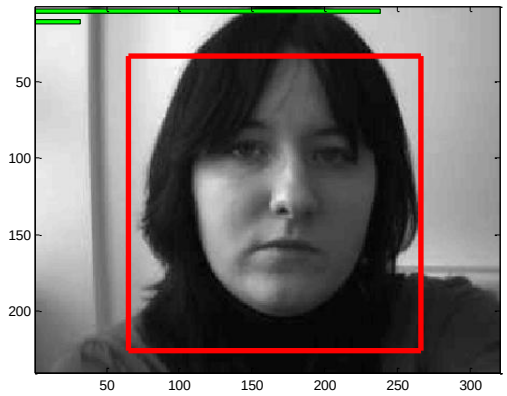
Darba mērķis ir izveidot datorneatkarīgu sejas atpazīšanas sistēmas maketu. Šīs uzdevums ir inovatīvs, jo eksistējošas sejas atpazīšanas sistēmas parasti tiek realizēti uz datoriem, kas neļauj izveidot kompaktu, lētu un energoefektīvu sistēmu ar plašu pielietojuma lauku.

Šī uzdevuma ietvaros tika paveikti sekojoši posmi:

- daļēji apskatīta atbilstošā literatūra un publikācijas. Publikāciju galvenās tēmas: attēlu apstrāde, sejas detektēšanas un atpazīšanas algoritmi.
- Uz doto brīdi Matlab programmēšanas vidē tiek realizēts viens sejas detektēšanas un viens sejas atpazīšanas algoritms.
- Tiek izveidota darbinieku seju datu bāze ar nolūku notestēt sejas detektēšanas un atpazīšanas algoritmu darbību un novērtēt to precizitāti.
- Tiek izveidots virtuālais instruments LabWindows, kurš ļauj uzņemt sejas attēlus reālajā laika un saglabāt tos datora atmiņā.

No sasniegto rezultātu apkopošanas var secināt sekojošus faktus par izveidotiem algoritmiem:

- Sejas detektēšanas algoritms spēj ļoti efektīvi detektēt sejas reģionu uzņemtajā attēlā. Algoritma ieejas signāls ir krāsaina vai melnbalta bilde ar vienu vai vairākiem (N) sejas attēliem. Algoritma darbības rezultātā tiek iegūtas un saglabātas datorā atmiņa N sejas bildes. Šis algoritms tika izmantots darbinieku seju datu bāzes izveidošanai un tiek izmantots kā pirmais posms sejas atpazīšanas procesā.



Algoritma darbības rezultāta piemērs (1.att.)



No visas bildes, tiek izgriezts attēls, kurš ir atpazīts kā seja (2.att.)

- Sejas atpazīšanas algoritma (klasiskais „Eigenface" algoritms) testēšanas rezultāta tiek konstatēta algoritma nepietiekamā precizitāte (FAR and FRR kļūdas ir lielākas par 10%). Šīs fakts nosāka nepieciešamību attīstīt jaunus, precīzākus algoritmus uzstādītā mērķa sasniegšanai.

Cilvēka identificēšana pēc 3D sejas attēla

BioSen grupas mērķis ir izveidot vienkāršu un ērti lietojamu 3D sejas iegūšanas un atpazīšanas sistēmu, kas ievērojami paaugstinās cilvēka identificēšanās precizitāti un samazinās falsificēšanas iespējas. Identificēšana pēc 3D sejas attēla ir relatīvi jauns biometriskās atpazīšanas virziens, ko galvenokārt nosaka sarežģītības saistība ar 3D attēla iegūšanas procesu. Pastāv trīs metodes telpiskās informācijas iegūšanai par objektu:

- 3D skenēšana. Šīs metodes realizācija izmanto speciālus skenerus, kuri ir diezgan precīzi, bet ir dārgi un nav ātrdarbīgi. Nepietiekama ātrdarbība (viena attēla uzņemšanai nepieciešamas vismaz vairāki sekunžu desmiti) ir galvenais trūkums, kad runa iet par cilvēka 3D bildes iegūšanu, jo visu šo laiku objektam ir jābūt statiskam.
- 3D bildes iegūšana ar stereoskopisku metodi izmantojot pasīvu (fotokamera) un aktīvu (projektors) elementus. Šīs paņēmiens ļauj uzņemt 3D informāciju par objektu diezgan īsa laika intervālā, bet sistēmas izmantošana sejas bildes uzņemšanai ir saistīta ir lietotāja diskomfortu, jo ir nepieciešamība apgaismot cilvēka seju ar diezgan spilgtu gaismu.
- 3D bildes iegūšana ar stereoskopisku metodi izmantojot vismaz divus pasīvus (fotokameras) elementus. Šī metode ļauj reālajā laikā uzņemt lietotāja bildes bez spilgtu gaismas avotu izmantošanas, bet par galveno metodes trūkumu var minēt nepieciešamību izmantot komplicētus algoritmus telpiskās informācijas iegūšanai no vairākām 2D bildēm. Šī metode tika ņemta par pamatu BioSen grupas uzstādītā mērķa sasniegšanai, jo ir saistīta ar vislielāko lietotāja komfortu.

Šī uzdevuma ietvaros tika paveikti sekojoši posmi:

- daļēji apskatīta atbilstošā literatūra un publikācijas. Publikāciju galvenās tēmas: 3D attēlu iegūšanas paņēmieni, kameru kalibrēšana, 3D sejas atpazīšanas algoritmi.

- detalizēti tiek apskatīta un realizēta Matlab vidē telpiskas informācijas iegūšanas metode. Šī metode balstās uz triangulācijas principiem un ļauj dabūt 3D bildi no divām 2D objekta bildēm.
- tiek izveidota sistēma 3D sejas bildes iegūšanai. Sistēma sastāv no divām kamerām, kuras tiek pieslēgtas pie datora. LabWindows vidē tiek realizēta speciāla programma, kura ļauj vienlaicīgi uzņemt bildes no abām kamerām un saglabāt tos datora atmiņa.
- tiek uzrakstīts 3D sejas rekonstrukcijas algoritms, kura darbības princips balstās uz signālu (bildes no divām kamerām) savstarpēju korelāciju. Algoritma testēšanas rezultātā tiek konstatēts, ka rekonstruētais 3D sejas attēls ir ļoti izkropļots (attēla punkti ir stipri izkliedēti), tomēr arī tāds rezultāts ļauj izdarīt svarīgus secinājumus.

Pēc sasniegto rezultātu apkopošanas var secināt, ka 3D sejas rekonstruēšanai no divām vienlaicīgi uzņemtām 2D bildēm ir nepieciešams paveikt sistēmas konstruktīvus uzlabojumus, ka arī nokalibrēt kameras. BioSen grupas pētnieki patlaban aktīvi strādā pie kameru kalibrēšanas uzdevuma, jo tas ļaus paaugstināt rekonstruēšanas sistēmas precizitāti, kas ir svarīgs posms uzstādītā mērķa sasniegšanai.

SAntArray

Enerģijas patēriņa samazināšana un savstarpējas kvalitatīvas bezvadu komunikācijas nodrošināšana ir aktuālas problēmas bezvadu sensoru tīklos (BST). Darba grupas ietvaros tiek risinātas šīs problēmas ar elektroniski vadāmu parazītisko (ESPAR) un aktīvo elementu antenu palīdzību. ESPAR tipa antenas pašlaik vairāk sastopamas kā prototipi un pētījumi šajā jomā vairāk ir vērsti uz vispārīgo šo antenu elektromagnētisko īpašību izpēti. Šajā darbā uzmanība tiek vērsta uz antenas pielietojumu reālā vidē risinot energoefektivitātes un antenas vadības uzdevumus bezvadu sensoru tīklos.

Problēmu un risinājumu apskats

Lai nodrošinātu bezvadu sensora darbību tam nepieciešams enerģijas avots. Bieži bezvadu sensoru pielietojumos nepieciešams ilgs datu ievākšanas laiks – sekojoši arī ilga bezvadu sensora darbība. Tāpat bieži sensoru tīklu pielietojumos sastopamas situācijas, kad dati jāievāc tālu no to apstrādes vietas – augļu dārzos, mežos, kalnos un citās attālinātās vai grūti pieejamās vietās, kur ir apgrūtināta vai neiespējama barošanas elementu nomaiņa. Tādējādi var teikt, ka enerģijas taupīšana un racionāla izlietošana ir svarīgs uzdevums sensoru mezgla ilgas darbības nodrošināšanai.

Pastāv vairākas iespējas enerģijas taupīšanai BST, darba grupā apskatīsim iespēju ietaupīt enerģiju samazinot raidīšanas jaudu izmantojot ESPAR (Elektroniski vadāma parazītisko (pasīvo) elementu masīva antena) tipa virziena darbības antenu tā, lai tas negatīvi neietekmētu vai pat uzlabotu citus sensoru mezgla darbības rādītājus. Raidīšanas jaudas samazināšana tika izvēlēta tāpēc, ka tai ir ļoti liels svars kopējā motes enerģijas patēriņa bilancē.

Lai nodrošinātu informācijas pārsūtīšanu motes izmanto raidītājus, kas vairumā gadījumu strādā publiskajās (nekontrolētājās) frekvencēs, t.i., 433 Mhz, 900 Mhz un 2,4 Ghz diapazonos. Šajos diapazonos ir novērojams liels frekvenču piesārņojums, jo tur darbojas daudz dažādu iekārtu. Līdz ar to lietojot “Omni directional” (360 apraides) tipa antenas motes gan vairāk piesārņo ēteru, gan arī pašas uztver vairāk nevajadzīgu radiosignālu. Šīs problēmas risināšanai SAntArray grupa lietos ESPAR tipa virziena darbības antena bezvadu sensoru mezgliem.

Lai risinātu augstāk minētās problēmas tiek piedāvāts bezvadu sensoru komunikācijā lietos ESPAR tipa elektroniski vadāmas antenas. Šādās antenās nav detaļu, kas pakļautas mehāniskai kustībai ar mērķi nodrošināt antenas darbību, tāpēc tām nav nepieciešama mehāniska regulēšana, tām nav nodiluma, un nepastāv risks, ka mehāniskās detaļas varētu sabojāties. Tās ir spējīgas mainīt raidīšanas un uztveršanas virzienu mainot padoto spriegumu uz pasīvajiem izstarotājiem. Lietojot šāda tipa antenas varētu nodrošināt gan vienlaicīgu saziņu ar motēm 360 apkārtnē, gan iegūt tālāku raidīšanas attālumu vai arī samazināt raidīšanas jaudu un patērēto enerģiju pēc nepieciešamības. Bez tam lietojot šādas antenas motes saglabātu augstākminētos ieguvumus arī lietojumos, kad datus nepieciešams iegūt motei atrodoties kustībā. Lietojot virziena darbības ESPAR tipa antenas sensoru mezglu komunikācijas nodrošināšanai tiktu arī būtisku uzlabota šādas komunikācijas noturība pret ētera trokšņiem, kurus rada cita aparatūra vai citas motes un palielinātos datu pārraides ātrums.

Literatūras apskats

Pasīvos izstarotājus pirmoreiz antenās pielietoja japāņu inženieris Hidetsugu Yagi. Lai gan pasīvo izstarotāju darbības principi bija zināmi jau sen par elektroniski vadāmām pasīvo izstarotāju antenām sāk runāt 20 gadsimta 80-to gadu beigās.

Elektroniski vadāmu parazītisko (pasīvo) elementu antenu priekšrocības ir acīmredzamas, tomēr ir salīdzinoši nedaudz informācijas un pētījumu šajā jomā. Par elektroniski vadāmu parazītisko elementu antenu pielietojumiem bezvadu sensoru tīklos informācijas ir vēl mazāk. Minētā tipa antenu pielietojuma iespējamība bezvadu sensoru tīkliem apskatīta Martina Nilsona rakstā [1]. Lai gan rakstā [1] apskatīti iespējamie ieguvumi no šāda tipa antenu pielietojuma BST, tajā nav reālu testu rezultātu. Rakstā [1] apskatītais antenas modelis virziena darbību panāk ar parazītiskā elementa atslēgšanu vai pieslēgšanu zemes plaknei, kas jau no antenas uzbūves viedokļa pieļauj virziena korekciju ar soli, ne mazāku, kā 60. Rakstā [1] arī nav apskatīts pats antenas virziena regulēšanas process un algoritmi virziena izvēlei. SAntArray grupas darbā tiek izveidota elektroniski vadāmu parazītisko elementu antena. Tiks veikti reāli testi, realizēta iespēja vadīt antenu ar pēc patikas mazu soli un apskatīts virziena regulēšanas process.

Makoto Toromaru un Takashi Ohira savā rakstā [2] ir apskatījuši ESPAR antenas, to un to uzbūvi īpašu uzmanību pievēršot uztveramā signāla jaudas pastiprinājumam un tā regulēšanai. Darba rezultātā radītais prototips uzrāda signāla avota atrašanās leņķi. Rakstā [2] dots izsmeļošs teorētiskais materiāls uztveramā signāla virziena noteikšanai.

Rober Sclub, Juanwei Lu un Takashi Ohira savā rakstā [3] ir apskatījuši 7 elementu ESPAR tipa antenas dizainu un raidīšanas virziena regulēšanas principus, izveidojuši un testējuši augstākminētā dizaina prototipu, veikuši teorētiskus virziena darbības aprēķinus un simulācijas un salīdzinājuši iegūtos rezultātus ar prototipa testu rezultātiem. Lai izveidotu antenas ģeometrisko modeli autori ir pielietojuši ģenētiskos algoritmus, tādējādi nevar apgalvot, ka izvēlētā struktūra ir labākā iespējamā, jo ģenētiskie algoritmi var iekļūt lokālos ekstrēmuma punktos. Tāpat lietoto ģenētisko algoritmu dēļ nevar novērtēt izvēlētā dizaina labumu vai sliktumu. Rakstā nav apskatītas citas ESPAR konfigurācijas ar citu pasīvo elementu skaitu un nav arī pamatota tieši 6 pasīvo elementu izvēle. Rakstā [3] apskatītais prototips ir savā ziņā statiska virziena darbības antena, jo prototipā virziena veidošanai izmantotas nemaināmas induktivitātes un kapacitātes.

Juanwei Lu, David Ireland un Robert Schlub savā rakstā [4] ir apskatījuši 7 elementu ESPAR tipa antenu kā galvenās risinot virziena vadības un antenas izmēru problēmas. Rakstā [4] dots konkrēts vaids kā vadīt antenas raidīšanas virzienu ar maināmu kapacitāšu palīdzību. Tāpat rakstā apskatīts, kā samazināt antenas izmērus iegremdējot antenas raidošo daļu dielektriķī. Veikti teorētiskie aprēķini un salīdzināti ar reāli praksē iegūtajiem, skaidrotas atšķirības iegūtajos rezultātos. Nav aprakstīts mehānisms, ka regulēt antenu uztverošajā režīmā.

A. Kumar savā rakstā [5] apskata dažādu konfigurāciju ESPAR tipa antenas. Uzsvars šajā rakstā likts uz pasīvo elementu skaitu un izvietojumu un tā ietekmi uz antenas virziena darbību. Bez tam rakstā [5] autors pasīvo elementu vadībai piedāvā izmantot PIN diodes.



Att. 1: Uzbūvētā Septiņu elementu ESPAR antena

ESPAR antenas prototips

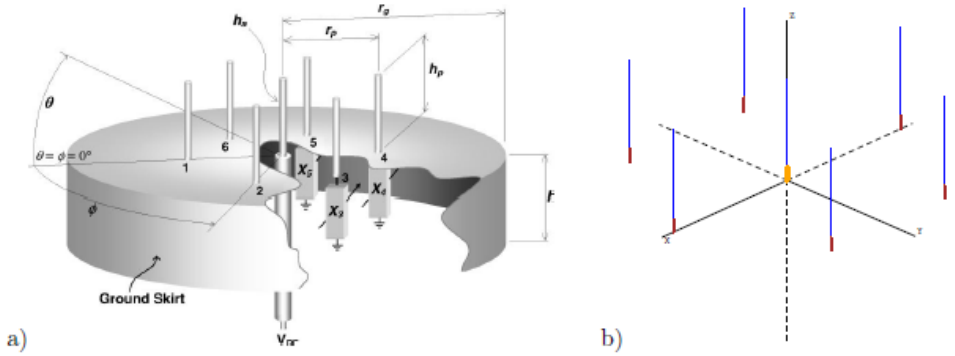
Piedāvātā sešu parazītisko elementu ESPAR antena tika veidota darbībai 2,4 Ghz publiskajā frekvenču joslā bezvadu sensoru tīklos. Antena ir veidota no sešiem parazītiskajiem elementiem, kas simetriski izkārtoti uz riņķa līnijas, kuras centrā atrodas aktīvais izstarotājs, 1. zīmējums. Antenas aktīvā daļa un pats bezvadu sensors ir novietoti zem dzelzs kupola lai neradītu traucējumus uztveramajam un pārraidāmajam signāliem. Šīs pats kupols kalpo arī par zemes plakni izstarojošajam un parazītiskajiem monopolu elementiem.

Prototipa mehāniskā daļa - galvenā nesošā konstrukcija tika izvirpota no tērauda. Izstarojošie elementi izgatavoti no vara. Izstarojošie elementi no nesošā elementa, kas pilda arī zemes plaknes funkciju, ir atdalīti ar ftoroplasta izolatoriem. Nesošā elementa iekšpusē ir izvietota montāžas plate un paredzēta vieta, kur izvietot arī raidošo elementu (mūsu gadījumā moti). Uz montāžas plates ir izvietoti elementi - rezistori, kondensatori varikapi, signāla pārvades līnijas, induktivitātes, kas atkarībā no regulējuma veic signāla fāzes nobīdi. Par induktivitātēm kalpo signāla pārvades līniju konfigurācija. Lai panāktu konkrētu induktivitāti signāla pārvades līnija tika izveidota tāda lai tās viļņa garums būtu 1/4, bet induktivitāte salāgota ar maināmo kapacitāti. Respektīvi, ar līnijas garumu tika regulēta pārvades līnijas garuma parametrs, bet ar līnijas platumu kompensēts garums un regulēta induktivitāte. Montāžas plate izgatavota no FR-4 laminētā tekstolīta ar dielektriskā caurlaidība " = 4:6. Montāžas plates principiālā shēma, detaļu izvietojums un savienojumi tika izgatavoti ar DipTrace programmatūras palīdzību.

ESPAR antenas skaitliskā modelēšana

Skaitliskajai modelēšanai tiek izmantota momentu metode [6], konkrēti NEC2 koda realizācija C++ valodā [7], kas papildināta ar Python paplašinājuma moduli, kuru savukārt ir izstrādājis Emmanuel Quemener. Programmatūras izvēli noteica virkne apsvērumu. Vispirms, momentu metode kā robežintegralvienādojumu tipa algoritms [6] ir ievērojami mazāk prasīga pēc skaitļošanas resursiem sarežģītu ģeometriju gadījumā salīdzinājumā ar plaši lieto galīgo elementu metodi. Momentu metodes plašāku pielietojumu ierobežo tas, ka tā veiksmīgi var tikt pielietota tikai no stieņveida elementiem sastāvošu antenu aprēķinos. No momentu metodes [6] dažādām realizācijām NEC2++ ir izvēlēts tā ātrdarbības dēļ, jo izmanto automātiski optimizētas lineārās algebras operāciju bibliotēku. Savukārt Python paplašinājuma modulis kopā ar Scientific Python bibliotēkā [8] realizētajiem optimizācijas

algoritmiem ļauj veikt antenas parametru automātisku optimizāciju pēc vēlamā kritērija. Jāpiebilst, ka visa minētā programmatūra ir atvērtā pirmkoda programmatūra un var tikt brīvi lietota un modificēta.

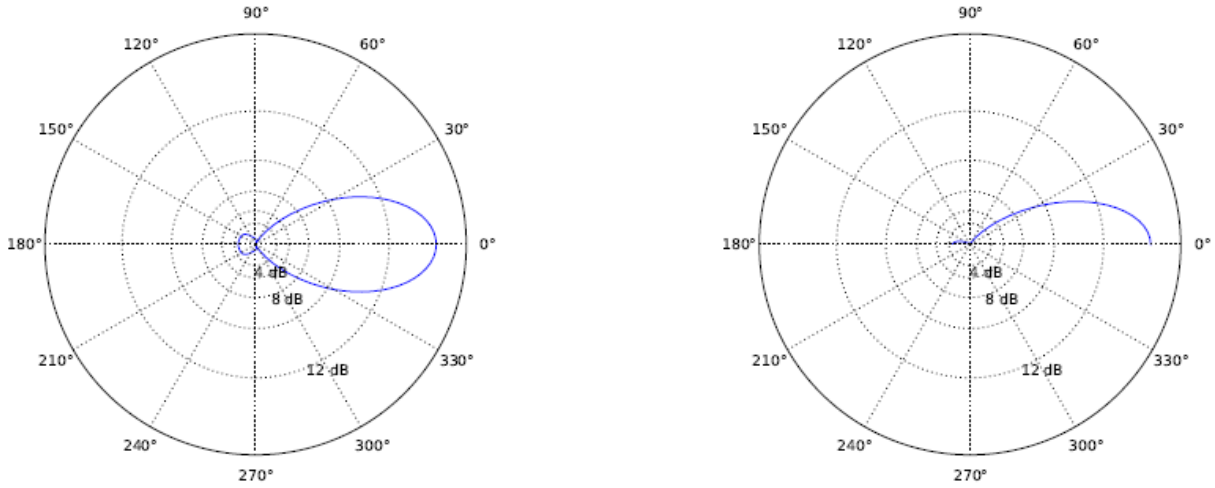


Att. 2: Septiņu elementu ESPAR antenas modelis [3] (a) un atbilstošā NEC2 elementu struktūra (b).

Septiņu elementu ESPAR antenas [3] aprēķinu modelis ir attēlots 2 zīmējumā. Centrālais aktīvais un perimetriālie pasīvie antenas elementi tiek modelēti kā stieņi, antenas ekranējošā pamatne (Ground Skirt) ir aizstāta ar bezgalīgu ideāli vadošu 0XY plakni (zīmējumā nav redzama). Pasīvo antenas elementu apakšējiem aprēķinu elementiem uzlikta kompleksas slodzes pretestības, kas reprezentē signāla pārvades līnijas, kas atkarībā no regulējuma veic signāla fāzes nobīdi. Aprēķināto antenas starojuma virziendarbības diagrammu piemērs dots 3 zīmējumā.

Rezultāti

Izveidots ESPAR antenas un vadības moduļa prototips darbībai bezvadu sensoru tīklos. Izveidota sākotnējā antenas testa vide un programmatūra. Veikti pirmie virziena darbības testi. Izveidota programmatūra ESPAR antenas parametru optimizācijai un veikti pirmie optimizācijas mēģinājumi. Aprēķinātas antenas virziendarbības diagrammas.



Att. 3: Septiņu elementu ESPAR antenas aprēķinātās starojuma virziendarbības diagrammas horizontālajā un vertikālajā plaknēs.

Nākotnes perspektīvas

Turpmāk plānots izgatavot fizisko testu platformu un veikt reālus antenas testus. Veikt dažādas simulācijas meklējot labākas ģeometrijas un pārbaudīt tās praksē. Novērtēt dažādu algoritmu darbību ar parastām un ESPAR tipa antenām salīdzinot pārraides ātruma izmaiņās atkarībā no raidīšanas jaudas, kļūdu skaitu datu pārraides laikā un citus parametrus. Novērtēt raidīšanas virziena izmaiņas ātrumu.

Literatūras saraksts

[1] Martin Nilsson. Directional antennas for wireless sensor networks. In Proceedings of 9th Scandinavian Workshop on Wireless Adhoc Networks (Adhoc'09), page 4, Uppsala, Sweden, 2009.

[2] M Taromaru and T. Ohira. Electronically steerable parasitic array radiator antennaprinciple, control theory and its applications. In Proc. Int. Union of Radio Science General Assembly, New Dehli, India, 2005.

[3] Ohira T. Schlub R., Lu J. Seven-element ground skirt monopole espar antenna design from a genetic algorithm and the finite element method. IEEE Trans. Antennas Propag., 51:3033, 2003.

[4] Schlub R. Lu J., Ireland D. Dielectric embedded ESPAR (DE-ESPAR) antenna array for wireless communications. IEEE Trans. Antennas Propag., 53:2437, 2005.

[5] A. Kumar. Electronically steerable antenna cuts low profile. Microwaves & RF, January 2007.

[6] G. J. Burke and A. J. Poggio. Numerical Electromagnetic Code (NEC) - Method of Moments. Technical report, Lawrence Livermore Laboratory, 1981.

[7] Tim Molteno. NEC2++: Numerical Electromagnetics Code, August 2007.

[8] Scipy Reference Guide, February 2010.

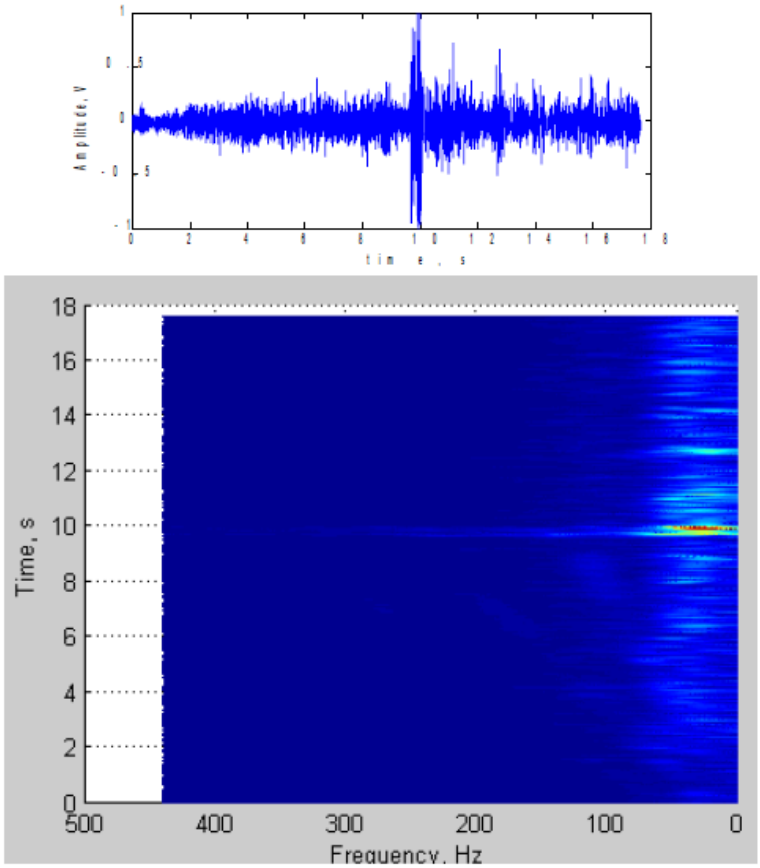
CarMote

Ceļa nelīdzenumu detektēšana, izmantojot mikrofonus

Lai analizētu ceļa segumu, šajā risinājumā audio signāls tiek ierakstīts, izmantojot kapacitatīvo mikrofonu un portatīvā datora mikrofona ieeju. Kā programmnodrošinājums tiek izmantots Matlab (skaņas signāla apstrādei un ierakstam) un Audacity (skaņas signāla ierakstam). Eksperimentos tiek konstatēts, ka ceļa nelīdzenumu radītās svārstības ir zemo frekvenču diapazonā (<200 Hz), pie tam svārstību frekvence nedaudz (daži Hz) ir atkarīga no automašīnas masas (lielāka masa zemāka frekvence, mazāka masa, augstāka frekvence). Tiek pārbaudīta datora skaņas kartes jūtība uz zemām frekvencēm: no signāla ģeneratora tiek padots monoharmonisks signāls uz datora mikrofona ieeju kur, izmantojot Audacity programmnodrošinājumu, tas tiek vizuāli novērtēts. Tiek konstatēts, ka konkrētā datora (FS amilo 7645) zemo frekvenču robeža ir 4 Hz. Pie zemākām frekvencēm monoharmoniskajam signālam sāk uzklāties augstfrekvences trokšņi (izmantojot ZF filtru trokšņus iespējams nofiltrēt), kurus varētu radīt skaņas kartes ieejas kaskāde. Datora skaņas kartes darbība pie augstām frekvencēm netiek testēta, kas arī, izejot no konkrētā uzdevuma, nav nepieciešams.

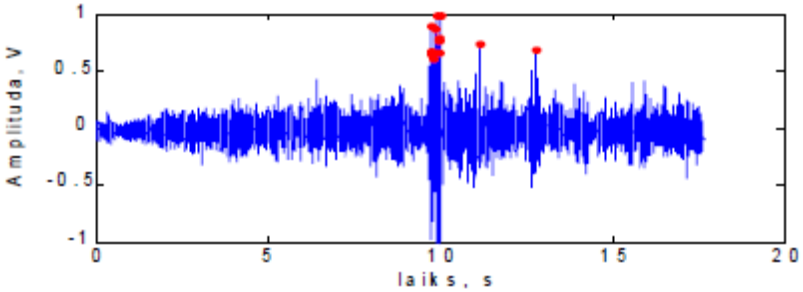
Tiek veikta skaņas signāla analīze (FFT). Frekvenču analīze nedod vēlamo informāciju par signālu, jo, izmantojot FFT, signāla spektrs tiek iegūts visā apskatītajā laika diapazonā summējot vienādo frekvenču monoharmonikas dažādos laika momentos (neizdala atsevišķus lokālus laika momentus, kad ir konstatēts nelīdzenums uz ceļa virsmas). Lai iegūtu signāla spektrālo novērtējumu laikā, nepieciešams izmantot STFT (vai jebkuru citu transformāciju laika frekvenču analīzes iegūšanai). Tiek apskatītas Matlab iebūvētās funkcijas STFT analīzei. Veicot STFT aprēķinus, tiek secināts, ka Matlab iebūvētās funkcijas neder konkrētajam gadījuma, jo analizējamais signāls ir salīdzinoši garš (>1min) un satur daudz nolases (Fs=44100Hz, taču ņemot vērā, ka interesējošais diapazons ir zemā frekvenču joslā, iespējama pārdiskretizācija uz zemāku Fs). Lai izmantotu iebūvētās funkcijas, nepieciešami ievērojami lielāki datora resursi. Tiek izveidota funkcija STFT analīzei, kur iespējams mainīt loga garumu, loga pārvietošanas soli, kā arī laika un frekvenču soļus. 1. att. redzams pētāmais signāls un viņa laika frekvenču analīzes rezultāts. Signāla 10. sekunde auto iebrauc bedrē (ātrums 30 km/h), citu bedru analizējamā signāla nav. Vienkāršākais solis bedres detektēšanai ir signāla analīzi pēc uzdotā līmeņa. Izmantojot Matlab, šāda signāla analīzes programma tiek izveidota. Izmantojot signāla laika apgabala līmeņu noteikšanu (2. att.) pie sliekšņa vērtības 0.5V tiek uzrādītas 3 bedres (2. att.).

Signāla trokšņu mazināšanai tiek izveidota programma Matlab vidē, kura, izmantojot veivletu analīzi, nofiltrē spektra komponentes ar noteiktu, iepriekš uzdotu, sliekšņa vērtību.



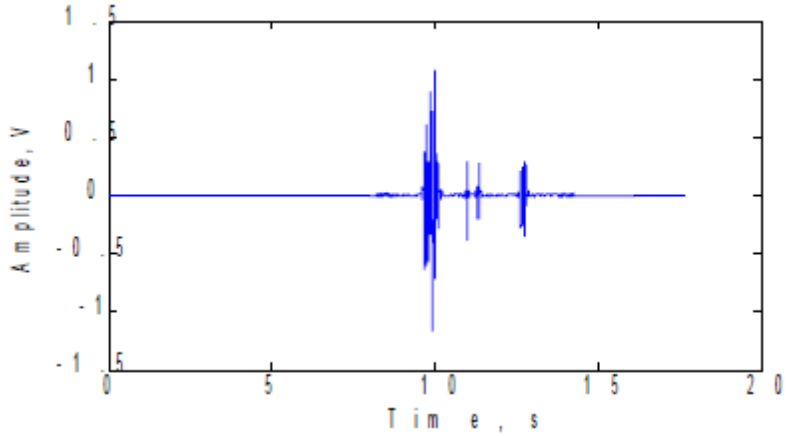
1. att. Analizējamais skaņas signāls un STFT analīze

Attēlā ar sarkanajiem punktiem ir attēloti maksimumi lokālās svārstības robežās. Ņemot vērā, ka automašīnas kustības ātrums konkrētajā piemērā ir neliels, ceļa nelīdzenuma ietekme signālā ir redzama gan uz priekšējiem, gan aizmugurējiem riteņiem. Izmantojot laika frekvenču analīzi (1. att), skaidri redzams, ka apskatītajā ceļa posmā bedre ir tikai viena 10. sekundē, kad spektra komponentes aizņem plašāku diapazonu. Tātad bedru detektēšana izmantojot skaņu ir ticamāka veicot skaņas signāla laika frekvenču analīzi, nevis laika analīzi.

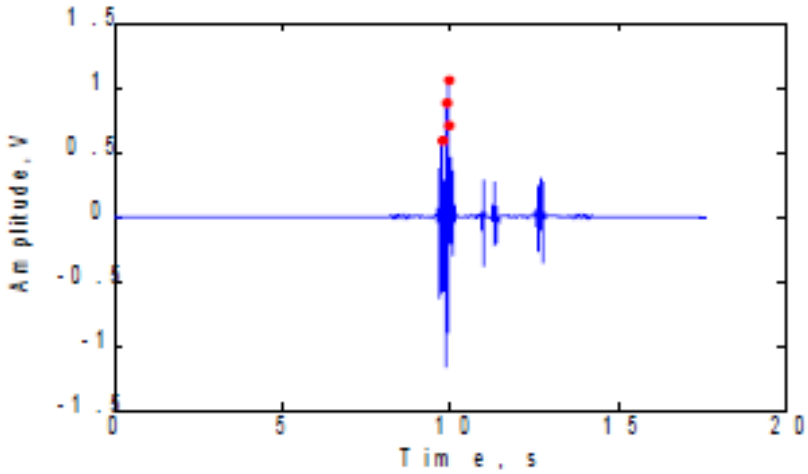


2. att. Līmeņu noteikšana bedru detektēšanā

No filtrētajiem spektra koeficientiem atjaunotais signāls redzams 3. attēlā. Filtrētajam signālam uzdodot sliekšņa vērtību pēc amplitūdas 0,5V (sliekšņa vērtība tādi pati kā iepriekšējā gadījumā bedru detektēšanai pēc amplitūdas), tiek detektēta viena bedre (4. att.)



3. att. Skaņas signāla apstrāde ar veivletu analīzi



4. att. Signāla sliekšņošanas rezultāts pēc veivletu filtrēšanas.



5.att. Analizētā bedre

Secinājumi

Ceļa nelīdzenumu un bedru detektēšana, izmantojot mikrofonu, ir iespējama. Jārēķinās, ka katrai automašīnai slieksnis, pie kuras tiek noteikta bedre ir nedaudz atšķirīgs, tādēļ nepieciešama iepriekšēja kalibrācija. Bedrei raksturīgas signāla svārstības dod ari auto iedarbināšana ar starteri, atvērts automašīnas logs, specifiskas darbības ar sajūgu. Nepieciešami vienas bedres ierakstīšanas izmēģinājumi uz vairākām automašīnām.

Paveiktie darbi

Literatūras studijas par sekojošām tēmām:

- eksistējošā situācija un risinājumi ceļu meteoroloģijas jomā
- bezvadu sensoru izmantošana meteoroloģisko mērījumu veikšanai
- NMEA datu pārraides protokols
- publisko WiFi pieejas punktu izmantošana datu pārraidei
- mobilo sensoru pielietojums ceļu seguma defektu detektēšanā
- skaņas sensoru datu saglabāšana, eksistējošie skaņas datu failu formāti, kā arī iespējas veikt datu ieguves procesu programmatoriski vadāmā režīmā

CarMote aparatūras un programmatūras platformas izstrāde:

- potenciāli izmantojamo aparatūras vienumu (t. sk. sensoru) izpēte un atlase
- operētājsistēmas izvēle un instalēšana
- programmatūras izstrādes vides izvēle un instalēšana
- datu bāzu programmatūras izvēle un instalēšana
- datu simulācijas palīgprogrammatūras izvēle un instalēšana
- pirmo datu apstrādes programmatūras vienumu projektēšana, izstrāde un testēšana

Praktiski eksperimenti ar aparatūru un programmatūru:

- simulētu GPS datu nolasīšana un saglabāšana
- reālu GPS datu nolasīšana un saglabāšana
- reālu skaņas sensoru datu nolasīšana un saglabāšana
- datu nolasīšanas un saglabāšanas metodikas pilnveidošana, balstoties uz iegūto reālo testa datu kopu

Sabiedrības informēšana par pētījumu rezultātiem:

- ar zinātniskā darba tēmu saistīto konferenču saraksta izveide un papildināšana. Šīs konferences ir potenciāli mērķi publikāciju iesniegšanai.
- piedalīšanās CarMote grupas pirmās zinātniskās publikācijas izstrādē un tas iesūtīšana NDT 2010 konferencei.

MotiMote

Motivācija

Kopā ar bezvadu sensoru attīstīšanu parādījās iespējas cilvēka ķermeņa daļu vai citu objektu kustību izsekošanai un trajektoriju noteikšanai ar miniatūriem bezvadu sensoru moduļiem. Tas savukārt dara par iespējamu iegūto datu sasaisti ar citām sistēmām, piemēram, pārslēdzot sistēmas režīmus ar žestiem, vai veicot ķermeņa dinamikas analīzi.

Darba autors paralēli taisa maģistra darba ietvaros kustību-vadāmo sistēmu priekš interaktīvas digitālās audio apstrādes un efektu sintēzes. Emocijas ļoti bieži tiek atspoguļotas ar kustību un žestu palīdzību. Mūzikas instrumenti, kas reaģē uz tiem, piedāvā mūziķim jaunu un aizraujošu pieeju mūzikas izpausmēm.

Problēmas definīcija un uzdevumi

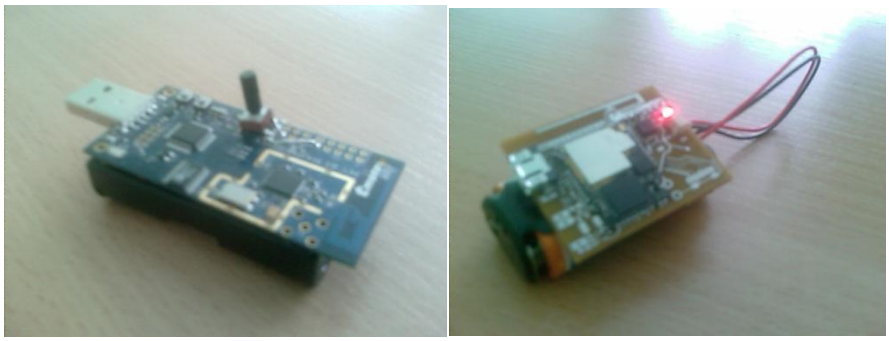
Darba mērķis ir izpētīt kustību izsekošanas tēmu un apskatīt tāda veida sistēmu realizācijas iespējas ar miniatūriem bezvadu sensoru moduļiem, kā arī izveidot kustību izsekošanas sistēmas prototipu. Risināšanai tiek izvirzīti sekojoši uzdevumi:

- Bāzes aplikācijas izveide, kas piedāvā sekojošo funkcionalitāti:
    - Ķermeņa bezvadu sensoru moduļu programmatūra mēra datus, izmantojot pieejamus sensorus, un sūta tos pa radio
    - Pie datora pievienota bezvadu moduļa programmatūra saņem datus pa radio un sūta tos uz datora seriālo portu
    - Datora aplikācija saņem datus no seriāla porta, veic pirmsapstrādi (trokšņu filtrācija, kļūdu korekcija, objekta orientācijas leņķu rēķināšana) un piedāvā apstrādes rezultātu iekšējam MotiMote aplikācijām, kā arī ārējam aplikācijām
- Vizualizācijas programmas izveide, kas atspoguļo cilvēka kustības virtuālā 3D pasaulē
- Integrācija ar citam sistēmām un citu kustību-vadāmo sistēmu izveide

Konfigurācija

Sistēmas izveidē tiek izmantoti sekojoši bezvadu sensoru mezgli:

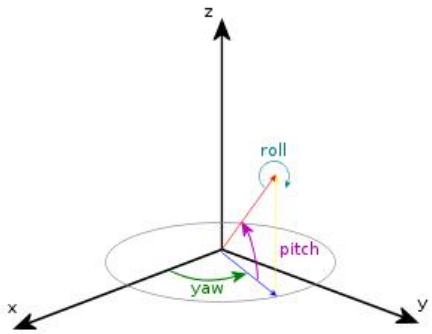
- **Tmote Sky** (sk. att. 1) ir ārkārtīgi mazjaudīgs modulis, kas spēj pārraidīt datus pietiekami ātri (≈ 250 kbps) un tālu (telpā ≈ 50 m, ārā ≈ 125 m). Šis modulis tiek pievienots datoram. Tas saņem datus no bezvadu sensoru moduļiem, kas atrodas uz cilvēka ķermeņa vai cita objekta, kuru kustības ir nepieciešams izsekot, un pārsūta tos datoram.
- **Tmote Mini** (sk. Att. 1) ir uzlabota Tmote Sky versija. Moduļi atrodas uz cilvēka ķermeņa vai cita objekta, kuru kustības ir nepieciešams izsekot, mēra datus ar pieejamo sensoru palīdzību un sūta tos pa radio. Pašlaik modulis ir aprīkots tikai ar 3-ass akselerometru, tomēr nākotnē tiek plānots pievienot modulim papildus 3-ass žiroskopu un 3-ass magnetometru, kas dos iespēju sasniegt daudz labāku rezultātu, izmantojot datu saplūdi no vairākiem sensoriem.



Att. 1. Bezvadu sensoru moduļi: Tmote Sky (pa kreisi), Tmote Mini (pa labi)

Objektu orientācija

Augstums (pitch), rotācija (roll), novirze (yaw) ir zināmi ar nosaukumu Tait-Bryan leņķi (autori – Peter Guthrie Tait un George Bryan) – specifisks Eulera leņķu tips, kas tiek izmantots objektu orientācijas noteikšanā attiecībā pret atskaites koordinātu sistēmu (sk. Att. 2).



Att. 2. Objektu orientācija: augstums (pitch), rotācija (roll), novirze (yaw)

Izmantotā pieeja

Augstuma un rotācijas leņķus var izrēķināt, izmantojot akselerometru [1, 5], ņemot vērā to faktu, ka gravitācijas spēks piešķir objektam brīva kritiena paātrinājumu. Paātrinājums Θ, ko mēra akselerometrs sastāv no divām daļām – brīva kritiena paātrinājuma Θ_g, kuru izraisa gravitācijas spēks, un kustību paātrinājuma Θ_a:

$$\Theta = \Theta_g + \Theta_a$$

Pieņemsim, ka $\Theta_g \gg \Theta_a$ un tātad $\Theta \approx \Theta_g$. Apzīmēsim rotācijas leņķi ar α un augstuma leņķi – ar β. Sensora mezgla koordinātu transformācija var būt aprakstīta sekojoši:

$$G_{\alpha,\beta} \equiv R_{x,\alpha} \cdot R_{x,\beta}$$

$$G_{\alpha,\beta} = \begin{pmatrix} \cos\alpha & -\sin\alpha & 0 \\ \sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\beta & -\sin\beta \\ 0 & \sin\beta & \cos\beta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\alpha & -\sin\alpha\cdot\cos\beta & \sin\alpha\cdot\sin\beta \\ \sin\alpha & \cos\alpha\cdot\cos\beta & -\cos\alpha\cdot\sin\beta \\ 0 & \sin\beta & \cos\beta \end{pmatrix} \equiv \begin{matrix} G_x & G_y & G_z \end{matrix}$$

Ņemot vērā, kā brīva kritiena paātrinājuma virziena ass ir paralēls y ass, var nodefinēt saiti starp akselerometra datiem un koordinātēm:

$$G_x \cdot (g) = \sin\alpha = \Theta_x$$

$$G_y \cdot (g) = \cos\alpha \cdot \cos\beta = \Theta_y$$

$$G_z \cdot (g) = -\cos\alpha \cdot \sin\beta = \Theta_z$$

No šiem formulām var izvest α un β aprēķināšanas formulas:

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{\Theta_x \cdot \cos\beta}{\Theta_y}\right)$$

$$\beta = \tan^{-1}\left(-\frac{\Theta_z}{\Theta_y}\right)$$

Vispārīgā gadījumā nosacījums $\Theta_g \approx \Theta_a$ var arī nebūt spēkā un tāpēc ir vajadzīga pieeja, kas palīdzētu tikt galā arī ar šo situāciju.

Divkārši integrējot paātrinājumu, var iegūt attālumu un tātad ideālā gadījumā var izrēķināt arī nobīdes leņķi, tomēr reāli ar to ir problēmas. Ja akselerometram ir sliecības kļūda, piemēram, 1 milli-g, izejas pozīcijas rezultāts būs novirzīts no pareizās pozīcijas ar paātrinājumu vienādu ar 0.0098 m/s^2. Pēc 30 sekundēm izrēķināts rezultāts būs novirzīts uz 4.5 metriem, kas nav pieļaujams. Tāpēc nākotnes plānos ir pamēģināt uzlikt pārvietošanas ierobežojumus ar ģeometriskiem modeļiem.

Tomēr vislabāko rezultātu varētu panākt, orientējoties uz tāda tipa kustību izsekošanas sistēmu veidošanas pēdējiem pētījumiem [2, 3, 4, 5, 6]. Tāpēc nākotnes plānos ir pamēģināt sensoru datu saplūdi no 3-ass žiroskopa, 3-ass akselerometra un 3-ass magnetometra. Žiroskops varētu kalpot par primāro sensoru datu avotu, bet dati no akselerometra un magnetometra varētu būt izmantoti, lai tos koriģētu, izmantojot, piemēram, Kalmana filtru.

Kļūdu labošana

Saņemti dati no akselerometra ir diezgan trokšņaini, tāpēc pirms rēķināt orientācijas leņķus, tie tiek apstrādāti, izmantojot otras kārtas zemo frekvenču filtru (sk. Att. 3, Att. 4), kuru var aprakstīt ar sekojošo vienādojumu:

$$y[n] = b_0 \cdot x[n] + b_1 \cdot x[n-1] + b_2 \cdot x[n-2] - a_1 \cdot y[n-1] - a_2 \cdot y[n-2], \text{ kur}$$

$$b_0 = \frac{1}{1 + 2\zeta C + C^2},$$

$$b_1 = 2 \cdot b_0,$$

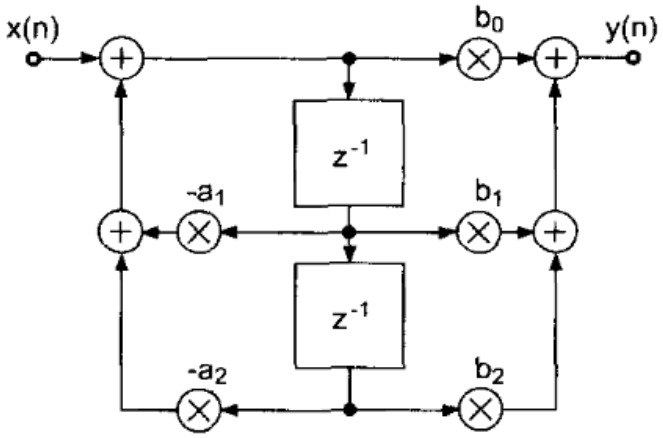
$$b_2 = b_0 \ ,$$

$$a_1 = 2 \cdot b_0 \cdot \left(-C^2\right),$$

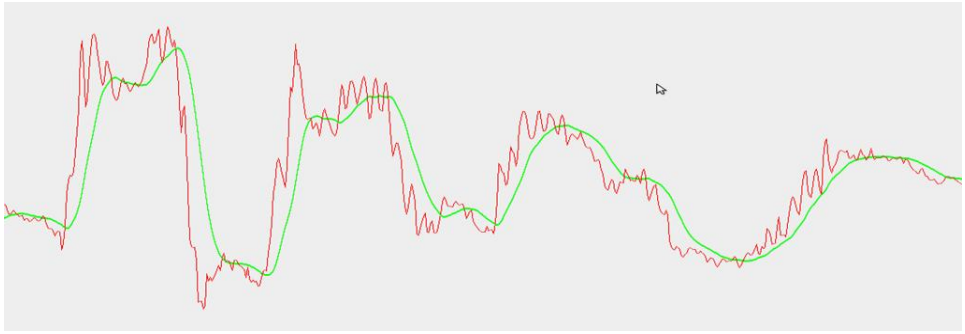
$$a_2 = b_0 \cdot \left(-2\zeta C + C^2\right)$$

f_c – griešanas frekvence, ζ – slāpēšanas faktors, f_s – paraugu ņemšanas frekvence

$$C = \frac{1}{\tan\left(\pi \cdot f_c / f_s\right)}$$



Att. 3. Otras kārtas zemo frekvenču filtrs



Att. 4. Sensora datu filtrācija: sarkans – pirms apstrādes, zaļš – pēc apstrādes (zemo frekvenču filtra parametri: ζ=1.0, f_c/f_s=0.03)

Papildus ir nepieciešama arī rūpīga kalibrācija, jo sensoru mezgli tomēr nebūs novietoti uz ķermeņa ideāli, kas savukārt var izraisīt kļūdainus rezultātus.

Sensoru programmatūra

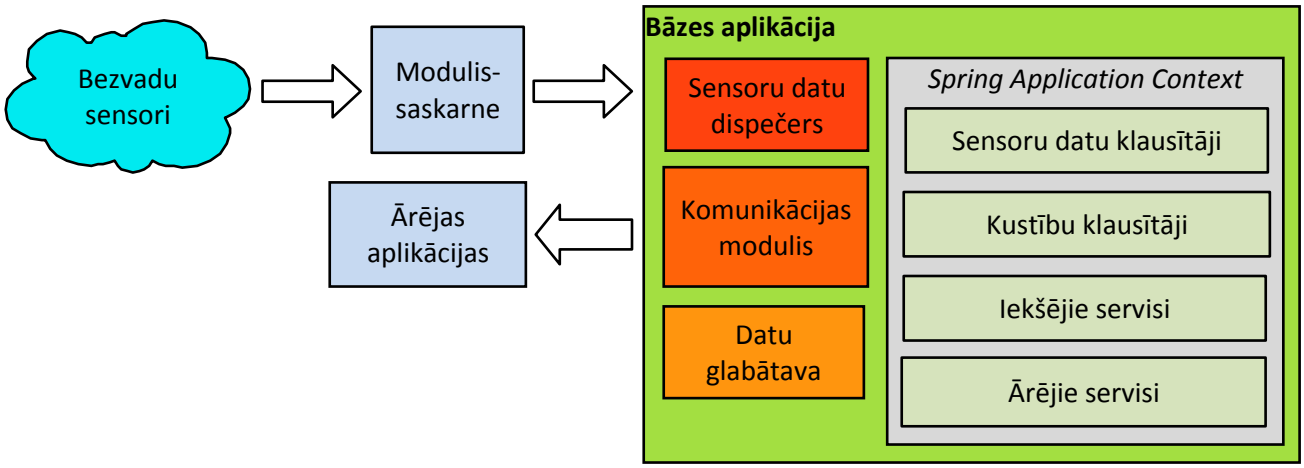
Ir divu veidu bezvadu sensoru moduļi – ķermeņu kustības sensoru moduļi un bezvadu modulis, kas ir pievienots datoram. Abos gadījumos pašlaik ir izmantota TinyOS operētājsistēma un pašas programmas

ir uzrakstītas nesC programmēšanas valodā. Ķermeņu kustību sensoru moduļos notiek datu nolasīšana no sensoriem (tagad tikai no 3-ass akselerometra) un to sūtīšana pa radio. Datoram pievienota modulī notiek datu saņemšana un to pārsūtīšana uz datora seriālo portu.

Bāzes aplikācija

Programmatūra (sk. Att. 5) ir uzrakstīta Java programmēšanas valoda un tai pamatā ir *Spring framework* ietvars. Sistēma sastāv no sekojošam pamat komponentēm:

- Bāzes modulis – bāzes funkcionalitāte (datu saņemšana, pirms apstrāde un saglabāšana) un pamat struktūras, klases, interfeisi u.c.
- Iekšējie servisi – piedāvā kustību izsekošanas informāciju iekšējiem MotiMote aplikācijām
- Ārējie servisi – piedāvā kustību izsekošanas informāciju ārējiem aplikācijām
- MotiMote aplikācijas – datu vizualizācija, analīze u.t.t.
- Komunikācijas modulis – realizē datu pieejamību ārējam aplikācijām



Att. 5. Sistēmas arhitektūra

Datu plūsma

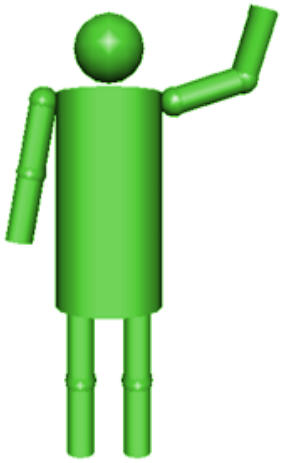
1. Bezvadu sensori (uz ķermeņa): dati tiek nomērīti un sūtīti pa radio
2. Modulis-saskarne (pievienots pie datora): saņem datus un pārsūta tos uz datora seriālo portu
3. Sensoru datu dispečers: saņem datus, veic pirmsapstrādi (trokšņu filtrācija, kļūdu korekcija, objekta orientācijas leņķu rēķināšana) un publicē notikumu par sensoru datu pieejamību Spring framework aplikācijas kontekstā.
4. Kontekstā ir sensoru datu pieejamības notikumu klausītāji, kuri izmanto datus paši vai atpazīst kustības un publicē notikumu par kustību Spring framework aplikācijas kontekstā.
5. Kontekstā ir kustību notikumu klausītāji, kuri reaģē uz kustībām.

6. (Gan sensoru datu, gan kustību klausītāji var izmantot iekšējos/ārējos servisus, lai sagatavot datus sūtīšanai iekšējam/ārējam aplikācijām)
7. Dati var būt saglabāti datu glabātavā vai sūtīti aplikācijai (iekšējai aplikācijai – pa taisno, bet ārējai aplikācijas – caur komunikācijas moduli)

Lai arī sastādīta, sistēmas arhitektūra vēl nav implementēta pilnīgi.

Vizualizācija

Izstrādāta vizualizācijas programma apkopo datus par ķermeņa daļu orientācijas leņķiem un attēlo cilvēka kustības virtuālā 3D pasaulē, izmantojot Java 3D tehnoloģiju (sk. att. 6).



att. 6. Cilvēka kustību attēlošana virtuālā 3D pasaulē

Integrācija ar citam sistēmām un citu kustību-vadāmo sistēmu izveide

Nākotnē tiek plānotas:

1. Sadarbība ar **MansOS** projektu.
   Sensoru programmatūra būs pārrakstīta, izmantojot MansOS operētājsistēmu un papildus arī datu pirmsapstrāde (datu korekcija un orientācijas leņķu rēķināšana) būs izpildīta sensoru mezglos.
2. Sadarbība ar **CarMote** projektu.
   a. Aktivitāte ikdienas transportlīdzekļa vadīšanā
   b. Sensori ir novietoti uz vadītāja ķermeņa. Kustības sākumā tiek vienkārši ierakstītas, lai pēc tam izmantot iegūtos datus, analizējot citu braucienu. Tas varētu dot iespēju noteikt nobīdes no regulāra ritma, piemēram, lai atpazīt vadītāja stāvokli, kad viņš aizmiga.
   c. Autovadītāju apmācība.

d. Sensori ir pievienoti pie stūres rata, pedāļiem u.t.t. Autovadītājam var būt paziņots reālā laikā var pēc brauciena par brauciena kvalitāti, piemēram, par aso spiedienu uz gāzi vai bremzi, asiem pagriezieniem u.t.t.

3. Kustību dinamikas analīze.

Literatūra

[1] Jihong Lee, Insoo Ha. *Real-Time Motion Capture for a Human Body using Accelerometers.* Cambridge University Press, Robotica volume 19, pp. 601-610, 2001.

[2] Daniel Roetenberg, Henk Luinge, Per Slycke. *Xsens MVN: Full 6DOF Human Motion Tracking Using Miniature Inertial Sensors*. Xsens Technologies, 2009.

[3] Daniele Giansanti, Giovanni Maccioni. *Comparison of three different kinematic sensor assemblies for locomotion study.* Physiological Measurement, vol. 26, no. 5, 2005.

[4] Daniele Giansanti, Giovanni Maccioni, Velio Macellari. *The Development and Test of a Device for the Reconstruction of 3-D Position and Orientation by Means of a Kinematic Sensor Assembly With Rate Gyroscopes and Accelerometers*. IEEE Transactions on biomedical engineering, vol. 52, no. 7, July 2005.

[5] Ronit Slyper, Jessica K. Hodgins. *Action Capture with Accelerometers.* ACM SIGGRAPH Symposium on Computer Animation, 2008.

[6] Greg Welch, Eric Foxlin. *Motion Tracking: No Silver Bullet, but a Respectable Arsenal*. IEEE Computer Graphics and Applications, november/december 2002.

Kopsavilkums

Jaunizveidota pētniecības grupa VieSenTIS ir veiksmīgi uzsākusi pētniecisko darbību vairākās apakšgrupās. Ir iesniegtas divas publikācijas. Uzsākta aparatūras modelēšanas testa platformas izstrāde. Veikts pētījums par automatizētu ceļa seguma kvalitātes – bedru noteikšanu ar automobiļiem kas aprīkoti ar mikrofona sensoriem. Izstrādāta jauna UWB impulsa radio signāla apstrādes pieeja. Aizsākts projektēt testa platformu jaunas iegultās aparatūras konfigurēšanai un testēšanai. Veikti darbi pie bezvadu sensoru atbalsta ar operētājsistēmu MansOS. Izveidota sejas attēlu datubāze atpazīšanas algoritmu testēšanai un uzsākts veidot prototipu 3D sejas uzņemšanas kamerai. Izveidots ESPAR antenu masīva prototips un izvēlēta un konfigurēta programmatūra antenu masīvu simulācijai un to optimālo parametru noteikšanai. Izstrādāta prototipa programmatūra kas no paātrinājuma sensoriem nosaka ķermeņa ekstremitāšu atrašanās vietu.

MansOS operētājsistēmas sasniegumi un pārskats par mobilām viedam transporta sistēmām prezentēti kā referāti Latvijas Universitātes 68. konferencē.

Turpmāk paredzēts turpināt pētniecisko un pētniecībai nepieciešamo aparatūras un programmatūras rīku izstrādi, kā arī informēt par mūsu sasniegumiem pasauli piedaloties ar referātiem un publikācijām konferencēs un semināros.