



IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ



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.g.

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 APLIECINOŠĀ DOKUMENTĀCIJA

Pārskata numurs Nr.8. par periodu no 01.10.2011.g līdz 31.12.2011.g.

<i>Projekta zinātniskais vadītājs:</i>	Leo Seljāvo, Ph.D. datorzinātnēs.
<i>Pētījuma projekta izpildītāju saraksts:</i>	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.
	Kaspars Ozols, doktorants.
	Andris Gordjušins, maģistrants.
	Zanda Seržāne, Mg. Elektronikā.
	Ivars Driķis, Dr.phys.
	Rinalds Ruskuls, Mg. Elektronikā.
	Reinholds Zviedris, doktorants.
	Georgijs Kanonirs, Mg. Datorzinātnēs.
	Arturs Seljivanovs, Mg. Elektronikā.

ELEKTRONIKAS UN DATORZINĀTŅU INSTITŪTS

Rīga, Latvija

2011.gads

Saturs

Ievads	3
VieSenTIS	3
1 BioSen grupas atskaite	4
1.1 Ievads	4
1.2 Saistītie risinājumi	5
1.3 Risinājums	5
1.4 Eksperimenti un-vai testi	7
1.5 Rezultāti	7
1.6 Kopsavilkums un secinājumi	7
1.7 Nākotnes perspektīvas	7
Literatūra	8
2 CarMote grupas atskaite	9
2.1 Ievads	9
2.1.1 Transporta līdzekļa kustības režīma identificēšana reālajā laikā	9
2.1.2 Akseleratora un bremžu pedāļa vadības sistēmas izveide .	10
2.2 Saistītie risinājumi	10
2.3 Risinājums	11
2.3.1 Transporta līdzekļa kustības režīma identificēšana reālajā laikā	11
2.3.2 Akseleratora un bremžu pedāļa vadības sistēmas izveide .	15
2.4 Rezultāti	17
2.5 Kopsavilkums un secinājumi	17
2.6 Nākotnes perspektīvas	18
Literatūra	18
3 EdiMote grupa	20
3.1 Ievads	21
3.2 Enerģijas mērītāji	22
3.2.1 Enerģijas mērītāju realizācija	22
3.3 Nākotnes perspektīvas	26
3.3.1 Enerģijas mērītāju funkcionalitātes papildināšana	26
3.3.2 Analogo sensoru emulēšana	28
3.3.3 Datu apstrādes un vadības mezglu nomaiņa veikspējas uzlabošanai	28
Literatūra	29

4	MansOS grupas atskaite	31
4.1	Ievads	31
4.2	Saistītie risinājumi	32
4.3	Risinājums	32
4.3.1	SEAL integrētā izstrādes vide	33
4.4	Novērtējums	34
4.5	Kopsavilkums un nākotnes perspektīvas	37
	Literatūra	38
5	SantArray grupas atskaite	39
5.1	Ievads	39
5.2	Saistītie risinājumi	40
5.3	Risinājums	40
5.4	Testu rezultāti	42
5.5	Kopsavilkums un secinājumi	45
5.6	Nākotnes perspektīvas	45
	Literatūra	45
6	SenSigA grupas atskaite	47
6.1	Ievads	47
6.2	Saistītie risinājumi	48
6.3	Risinājums	48
6.4	Modelēšana	49
6.5	Rezultāti	50
6.6	Kopsavilkums un secinājumi	51
6.7	Nākotnes perspektīvas	52
	Literatūra	52

Ievads

Anotācija

”Viedo sensoru un tīklotu iegulto sistēmu pētījumu un attīstības centrs” (VieSenTIS) ir ESF atbalstīts projekts zinātnisko grupu veidošanai. Šis projekts nodarbojas ar bezvadu sensoru un tīklotu iegulto sistēmu pētniecību. Projekta ietvaros ir sekojošas apakšgrupas: BioSen – sensoru sistēmu pielietojumi biometrijā, CarMote – viedās transporta sensoru sistēmas, EdiMote – jaunas arhitektūras bezvadu sensoru aparatūrai, MansOS – operētājsistēma un programmatūras rīki bezvadu sensoru un iegulto sistēmu atbalstam, SAntArray – antenu masīvu pielietojumi tīklotas iegultas sistēmās, un SenSigA – sensoru signālu apstrādes metodes. Šajā dokumentā izklāstītas zinātniskās pētniecības aktivitātes un rezultāti augšminētajās grupās. Pielikumā ir iekļautas šajā periodā iesniegtās un apstiprinātas zinātniskās publikācijas. Projektu atbalsta Eiropas Savienības fondi, līguma Nr. 2009/0219/1DP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/020.

VieSenTIS

VieSenTIS grupas galvenais pētniecības virziens ir tīklotu iegulto sistēmu un viedu sensoru risinājumi un pielietojumi cilvēku dzīves kvalitātes uzlabošanai, industrijā un citās nozarēs. Miniaturas 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, kā arī radīt rikus 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 projektā ir sekojošas apakšgrupas saskaņā ar pētnieku individuālo pieredzi un interesēm:

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

Turpmākajās nodaļās ir apkopoti galvenie sasniegumi minētajos virzienos.

Nodaļa 1

BioSen grupas atskaite

Anotācija

BioSen pētniecības grupa nodarbojas ar biometrijas datu iegūšanu un apstrādi. Grupas mērķis ir izveidot multimodālu biometrijas sistēmu (sadarbībā ar zinātniekiem no cita projekta), kas ir balstīta uz 2D sejas un plaukstu biometrisku parametru kopīgu izmantošanu. Automātiskā sejas atpazīšanas sistēma sastāv no vairākiem algoritmiskiem posmiem: sejas detektēšana, sejas lokalizācija un sejas atpazīšana. Katra bloka precizitāte ietekmē visas sistēmas kopējo veiktspēju / precizitāti. Pēc algoritmu testēšanas uz FERET seju datubāzes tika noteikts, ka sejas detektēšanas bloka precizitāte nav pietiekoši augsta, kas nosaka nepieciešamību to uzlabot.

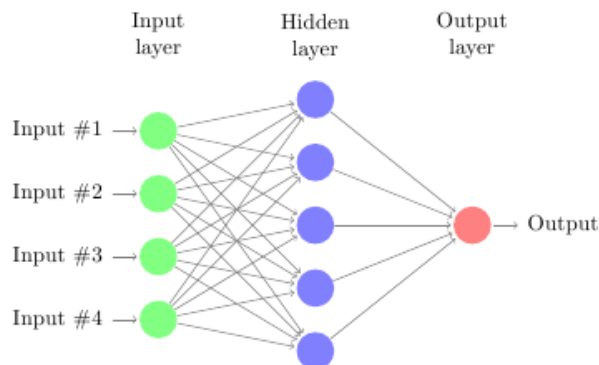
1.1 Ievads

Iepriekšējā atskaites periodā sejas atpazīšanas algoritma etapi tika novērtēti uz FERET seju datubāzes. Testēšanas rezultātā tika noteiktas relatīvas kumulatīvas nobīdes sejas detektēšanas un lokalizācijas blokiem. Turpmāka rezultātu analīze parādīja, ka sejas detektēšanas bloks nav pietiekoši precīzs, kas nosaka bloka uzlabošanas nepieciešamību.

Iepriekšējā sejas detektēšanas pieeja balstījās uz „Nearest Neighbor Classifier” metodikas, kuras pamātā bija sejas modeļa salīdzināšana ar ieejas attēla reģioniem ar mērķi atrast attēlā pozīciju ar vislielāko līdzību sejas modelim. Šī pieeja ir salīdzinoši vienkārša, bet nav pietiekoši precīza, tāpēc tika izveidots sejas attēlu klasifikators, kas balstās uz Neironu Tīkliem.

Tika turpināts darbs ar datubāzēm. Izpētīta sejas datubāžu kvalitāte un pielietojamības iespējas tālākā darba gaitā. Apskatīta acu datubāzes izveides iespējas (manuāla acs atrašana attēlā, automātiska attēla sadalīšana, acu izdalīšana no attēla).

Regulāri tiek sekots līdzi jaunākajiem rakstiem sejas atpazīšanas jomā dažādās interneta saitēs (piemēram, <http://www.face-rec.org>). Viens no rakstiem, ko sīkāk apskatīju bija The INface toolbox for illumination invariant face recognition.



Att. 1.1: Neironu Tīkla vispārināta blokskhēma

1.2 Saistītie risinājumi

Iepriekš tika izveidots sejas detektēšanas algoritms, kas balstās uz „Nearest Neighbor Classifier” principiem un uz „Local Binary Patterns” transformācijas. Pirmais sejas detektēšanas algoritma posms ir ieejas attēla transformācija izmantojot LBT (lokālais binārais tēls) operatoru. Tālāk pārveidotais ieejas attēls tiek skenēts ar mainīga izmēra s logu. Katrā skenēšanas pozīcijā tiek aprēķināts Eiklīda attālums starp logam atbilstošu attēla histogrammu un sejas modeļu histogrammām. Eiklīda attāluma minimuma koordinātes nosaka sejas pozīciju ieejas attēlā. Sejas modeļu noteikšanai tika izmantota **k – means** klasterizācijas metode. Vairāk informācijas par šo metodi var atrast iepriekšējā atskaitē.

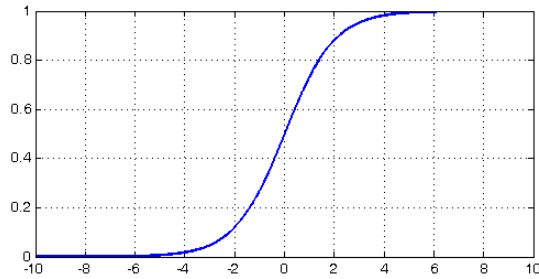
1.3 Risinājums

Viena no jaudīgākajām klasifikācijas metodēm ir Neironu Tīkls, kurš sastāv no atsevišķiem funkcionāliem mezgliem – mākslīgiem neironiem. Neironu Tīkls ir adaptīva sistēma, ko var „apmācīt” ļoti plašam uzdevumu klāstam. Mēs izveidojam kombinēto sejas detektēšanas metodi, kura balstās uz Neironu Tīkla un Local Binary Pattern transformācijas. Vispārināta Neironu Tīklu blokskhēma parādīta 1.1 attēlā.

Neironu Tīkls sastāv no vairākiem slāņiem: ieejas slānis, slēptais slānis un izejas slānis. Vispārīgajā gadījumā slēptais slānis var nebūt vispār, vai arī to daudzums var būt vairāk par 1. Mēs izmantojam neironu tīklu ar vienu slēpto slāni 1.1 attēlā. Katrs elements slēptajā un izejas slāņos ir mākslīgais neirons, kuru raksturo **aktivācijas funkcija**. Mūsu gadījumā aktivācijas funkcija ir sigmoids attēls 1.2:

$$h_{\Theta}(x) = \frac{1}{1 + e^{-\Theta^T x}} \quad (1.1)$$

Neironu tīkls ar vienu neironu izejas slānī ir paredzēts divu klašu klasifikācijai, kas ir mūsu tiešais mērķis: atdalīt sejas attēlus no ne-sejas



Att. 1.2: Neironu aktivācijas funkcija - sigmoids

attēliem. Ja neironu tīkls ieejas attēlu „sapratīs” kā seju, tad $h_{\Theta}(x) \geq 0.5$, pretejā gadījumā $h_{\Theta}(x) < 0.5$. Neironu tīklā ieejas slānim tiek padotas ieejas signāla pazīmes, kuras apzīmēsim ar x_j . Mūsu gadījumā ieejas signāls ir vektors ar garumu $x \in R^{(n+1)}$, kur $n = 256$ - LBP histogrammas garums.

Lai neironu tīklu varētu izmantot klasifikācijas uzdevumam, to ir nepieciešams apmācīt: piemēklēt svara koeficientus $\Theta^{(j)}$ - svaru matrica, kas paredzēta „attēlošanai” starp slāņiem j un $j + 1$. Neirontīkla apmācībai tika izmantots „feed forward back propagation” algoritms, kura būtība šeit netiks aprakstīta. Veiksmīgai apmācībai ir nepieciešama pietiekoši liela datubāze ar piemēriem abām klasēm: sejas klasei un ne-sejas attēlu klasei. Apmācības piemērus apzīmēsim sekojoši: $\{(x^{(1)}, y^{(1)}), \dots, (x^{(m)}, y^{(m)})\}$, kur $x^{(i)}$ - ir apmācības piemērs (LBP histogramma mūsu gadījumā), $y^{(i)}$ - ir vēlamā neirontīkla izejas vērtība (1 - sejas piemēram, 0 - ne-sejas piemēram), m - apmācības kopas lielums.

Kā apmācības kopa tika izmantota sejas datubāze FERET [1] un ne-sejas attēlu datubāze „Background” no Kalifornijas Tehniskās Universitātes, kurā ir 550 attēli ar studentu pilsētiņas skatiem [2].

Apmācības procesa secību īsumā var sadalīt sekojošos posmos:

- Nolasīt datubāzes attēlu: izdalīt sejas reģionu no FERET datubāzes attēliem; sadalīt attēlu vairākos reģionos „Background” datubāzes gadījumā, lai mākslīgi palielinātu ne-sejas attēlu skaitu.
- Aprēķināt LBP transformāciju iegūtajiem attēliem.
- Aprēķināt transformēta attēla histogrammu un nonormalizēt to.
- Apmācīt Neirontīklu izmantojot iegūtās histogrammas kā apmācības kopu.
- Apmācībās procesā izmantot „feed forward back propagation” algoritmu.

Apmācības rezultātā mēs dabūsim $\Theta^{(j)}$ matricas, kas ļauj aprēķināt tīkla reakciju uz jebkuru ieejas attēla LBP histogrammu. Ja reakcija $h_{\Theta}(x) \geq 0.5$, tad attēls tiks klasificēts kā seja un ja $h_{\Theta}(x) < 0.5$, tad attēls ir ne-sejas objekts.

1.4 Eksperimenti un-vai testi

Neirontīkla apmācībai tika izmantotas divas datubāzes: sejas datubāze FERET [1] un ne-sejas attēlu datubāze „Background” no Kalifornijas Tehniskās Universitātes [2]. Sejas paraugu skaits ir 2722 un ne-sejas paraugu skaits ir 1804, kas kopumā veido pietiekoši lielu apmācības kopu. Šīs datubāzes arī tika izmantotas neirontīkla klasifikācijas precizitātes noteikšanai.

1.5 Rezultāti

Izmantojot neirontīklu ar 25 neironiem slēptajā slānī un pielietojot „feed forward back propagation” algoritmu apmācībai (50 apmācības iterācijas, regulējoša parametra vērtība $\lambda = 1$, RANDOM svaru vērtību inicializācija) tika dabūta sekojoša klasificēšanas precizitāte (uz apmācības kopas):

$$P_{classification} = 87\%.$$

1.6 Kopsavilkums un secinājumi

Šajā atskaides periodā tika apskatīta Neironu Tiklu pieeja klasifikācijas problēmas risināšanai. Tika izveidots algoritms, kas balstās uz Neirontīkla un „Local Binary Patern” transformācijas un ir paredzēts sejas attēlu klasifikācijai un detektēšanai attēlos. Algoritms tika notestēts uz FERET un Background datubāzes ar mērķi noteikt klasifikācijas precizitāti.

Tika iepazīts arī INface algoritma darbības princips (attēla histogrammas iegūšanas principa izvērtēšana; fotometrikas virzienu apskats, iepazīšana; dažādu fotoprocesu apskats un analīze). Tika apskatīta INface demo versija (Matlab koda struktūra un aprēķini). Izmainīti datubāzē esošie attēli (attēlu izmēru samazināšana), lai algoritms darbotos. Talāk veikta INface algoritma testēšana (sejas detektēšana un salīdzināšana ar datubāzē esošajām, sejas atpazīšana un kļūdu gadījumu skaits, datubāzes palielināšana un atpazīšanas kļūdas izmaiņas, pareizi un kļūdaini atpazītu gadījumu skaits). Tika izvērtēta, analizēta un izpētīta algoritma precizitāte (paralēli apskatīti precizitātes kritēriji, labākie sasniegumi sejas atpazīšanā).

1.7 Nākotnes perspektīvas

Neirontīkli ir ļoti jaudīgs un daudzsološs rīks dažādu klasifikācijas uzdevumu risināšanai. Tomēr precīza klasifikatora izveidošana ir komplicēts process, kurš prasa turpmāku padziļinātu procesa analīzi. Tiek plānots turpināt darbu pie Neirontīkla struktūras un parametru analīzes, ka arī notestēt algoritma pielietojamību ne tikai klasificēšanas, bet arī objekta detektēšanas uzdevumos. Tiek iecerēts, ka Neirontīkla un LBP transformācijas kombinācija ļaus izveidot precīzu sejas detektoru. Plānots turpināt sīkāk izpētīt INface algoritmu un precīzākus rezultātus aprakstīt nākošā ceturkšņa atskaitē. Regulāri tiks sekots līdzī arī jaunumiem sejas atpazīšanas jomā pasaulē.

Literatūra

- [1] <http://face.nist.gov/colorferet/>.
- [2] <http://www.vision.caltech.edu/html-files/archive.html>.

Nodaļa 2

CarMote grupas atskaite

Anotācija

Līdz ar dažādu transporta veidu attīstību, aizvien lielāka nozīme ir viedajām transporta sistēmām, kuras tiek veidotas, izmantojot aparatūras un programmatūras risinājumus. Šie risinājumi ietver gan transporta plūsmu un apkārtējo vidi raksturojošu datu ieguvu, gan arī to apstrādi un koplietošanu. CarMote grupas darbība ir vērsta uz multimodālu datu ieguves un apstrādes problēmu risināšanu transporta nozarē, izmantojot gan dažādu konvenciālu mobilo datortehniku, gan arī speciāli izstrādātas iegultas iekārtas. Šajā darbā ir aprakstītas aktivitātes, kas ir saistītas ar transporta līdzekļa kustības režīma identificēšanu reālajā laikā, kā arī akseleratora un bremžu pedāļa vadības sistēmas izveidi.

2.1 Ievads

2.1.1 Transporta līdzekļa kustības režīma identificēšana reālajā laikā

Pasažieru un kravu pārvadāšana tiek veikta, izmantojot dažādu tipu transporta līdzekļus. Lai nodrošinātu efektīvu transporta pārvadājumu veikšanu, tiek izmantotas aparatūras un programmatūras sistēmas, kuru uzdevums ir noteiktu raksturlielumu monitorēšana. Kā tipiskus raksturlielumus var minēt izvēlēto maršrutu, transporta līdzekļa ātrumu, degvielas patēriņu, transporta līdzekļa vadītāja darba laiku, pārvadājamās kravas drošību [3] utt.

Minētās sistēmas tiek projektētas un būvētas tā, lai transporta līdzekļa vadītājam būtu minimālas iespējas ietekmēt sistēmas darbību. Viena no paradigmām mērķa sasniegšanai ir sistēmas maksimāla neatkarība no monitorējamā transporta līdzekļa. Piemēram, dati par transporta līdzekļa ātrumu tiek iegūti nevis no paša transporta līdzekļa elektroniskajām sistēmām, bet gan no atsevišķa GNSS uztvērēja ([5], 2.lpp.), kurš ietilpst autonomās monitoringa sistēmas sastāvā. Diemžēl eksistē iespējas apiet vai sabotēt monitoringa sistēmu, piemēram, izmantojot GNSS traucējumsignālu ģeneratorus. Līdz ar to datu ieguves risinājumi papildus jānodrošina pret iespējamajiem apiešanas vai sabotāžas gadījumiem.

Mūsu izstrādātais risinājums, kas paredzēts transporta līdzekļa stāvokļa detektēšanai, ir domāts kā atsevišķs adaptīvs aģents lielākas multiagentu sistēmas sastāvā. Tas ir bāzēts uz adaptīvu algoritmu un kā ieejas datus izmanto tikai paātrinājuma mērījumus no 3-asu akselerometra.

2.1.2 Akseleratora un bremžu pedāļa vadības sistēmas izveide

Veicot darbus, saistītus ar sensoru tīklu veidošanu, jaunu iekārtu izstrādi, koncepciju un algoritmu pārbaudi, bieži tiek sastapta nepieciešamība pārbaudīt teoriju praksē. Priekš projekta CarMote gada ceturtnā kvartālā tika izveidota platforma, ar kuras palīdzību var atvieglot akseleratora un bremžu pedāļa vadības sistēmas izveidi, kā arī citos projektos veidojamo iebūvējamo iekārtu un sensoru sistēmu izstrādi.

Galvenā doma, veidojot šo platformu, bija - izgatavot mezglu, spējīgu veikt datu nolasīšanu un uzkrāšanu no dažādiem sensoru tiem, spējīgu veikt izpildiekārtu vadību un nodrošināt datu apmaiņu ar citām vadības iekārtām, izmantojot vadu un bezvadu datu pārraides protokolus.

2.2 Saistītie risinājumi

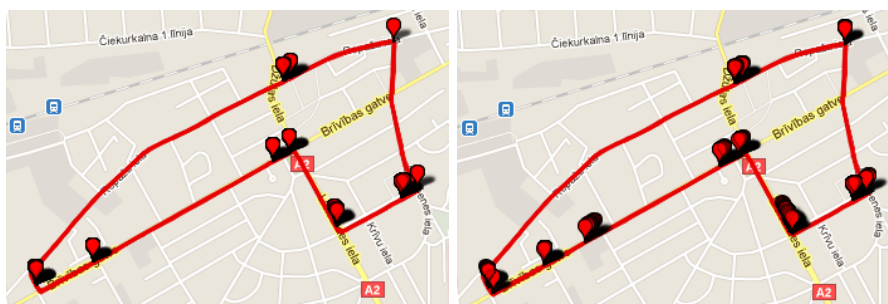
Eksistē dažādi uz akselerometriem bāzēti adaptīvi multiagentu sistēmu risinājumi, kas paredzēti dažādu objektu monitorēšanai, piemēram, vecāku cilvēku monitorēšanai to dzīves vietās [6, 10, 11] un jaudas transformatoru monitorēšanai elektropārvades apakšstacijās [1]. Visās šajās sistēmās tiek izmantota kopēja paradigma - sarežģīts liela apjoma uzdevums tiek sadalīts daudzos mazos vienkāršos apakšuzdevumos, kuru izpilde tiek deleģēta atsevišķiem aģentiem. Noteiktu apakšuzdevumu izpildei aģentiem var būt nepieciešama adaptīva funkcionalitāte.

Eksistē arī atsevišķas uz akselerometriem bāzētas sistēmas, kas paredzētas transporta līdzekļa stāvokļa monitorēšanai. Vienkāršākajā gadījumā šādas sistēmas pamatzdevums ir atšķirt divus transporta līdzekļa pamatstāvokļus - stāvēšanu un braukšanu [2, 12]. Stāvokļa detektēšana tiek veikta, izmantojot iepriekš definētus signālu paraugus un sliekšņu līmeņus, kā arī papildus datu avotus, piemēram, GNSS uztvērējus. Komplicētākas sistēmas ne tikai detektē aktuālo transporta līdzekļa stāvokli, bet arī papildina vai pat īslaicīgi aizstāj klasiskās, uz GNSS uztvērējiem bāzētās transporta līdzekļa pozīcijas noteikšanas sistēmas [13]. Abos gadījumos ir nepieciešama sistēmas kalibrācija konkrētajam transporta līdzeklim. Mūsu piedāvātajā risinājumā ietilpst ne vien transporta līdzekļa stāvokļa detektēšana, bet arī adaptīvā funkcionalitāte, kura ļauj sistēmai pielāgoties dažādu tipu transporta līdzekļu, t.sk. vieglo automašīnu un autobusu, īpatnībām.

2.3 Risinājums

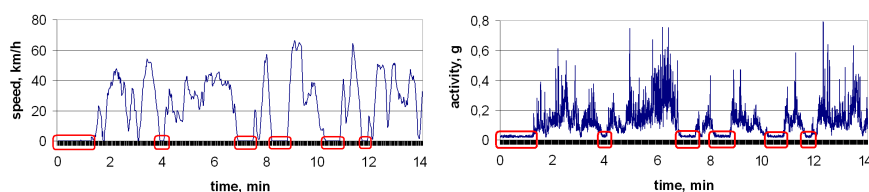
2.3.1 Transporta līdzekļa kustības režīma identificēšana reālajā laikā

Lai pārbaudītu 3-asu akcelerometra piemērotību transporta līdzekļa stāvokļa monitorēšanai, tika veikts lauka eksperiments. Eksperimenta laikā vieglā automašīna BMW 323 Touring 34 minūšu laikā veica 13.5 km garu distanci (attēls 2.1 - pa kreisi, 3 apli pa 4.5 km).



Att. 2.1: Lauka eksperimentā izmantotais 4.5 km garais ceļu tīkla fragments. Pa kreisi - marķētās vietas atbilst koordinātēm, kur GNSS uztvērējs fiksējis transporta līdzekļa ātrumu 0 km/h, pa labi - marķētās vietas atbilst koordinātēm, kur STDEV algoritms fiksējis aktivitātes līmeni mazāku par 0.04 g.

Akselerometra datu ieguve tika veikta 37x sekundē, izmantojot nedaudz modificētu LynxNet kaklasiksnas prototipu, kurš savulaik tika izstrādāts savvaļas dzīvnieku monitorēšanas vajadzībām izmantojot bezvadu sensoru tīklus [14]. Šajā iekārtā ietilpst arī Analog Devices 3-asu akcelerometrs ADXL335. Paralēli akcelerometra datu ieguvei 1x sekundē tika iegūti arī dati par transporta līdzekļa pozīciju un ātrumu (attēls 2.2 - pa kreisi). Šim nolūkam tika izmantots GNSS uztvērējs ar SBAS atbalstu Magellan eXplorist XL.



Att. 2.2: Lauka eksperimenta laikā fiksētie vieglās automašīnas BMW 323 Touring ātruma un aktivitātes profili (fragmenti). Pa kreisi - transporta līdzekļa stāvēšana atbilst koordinātēm, kur GNSS uztvērējs fiksējis transporta līdzekļa ātrumu 0 km/h, pa labi - transporta līdzekļa stāvēšana atbilst koordinātēm, kur STDEV algoritms fiksējis aktivitātes līmeni mazāku par 0.04 g.

Algoritms

Akselerometra datu apstrāde tika veikta, izmantojot nedaudz modificētu STDEV algoritmu, kurš savulaik tika izstrādāts ceļa seguma bojājumu detektēšanai izmantojot Android OS bāzētus viedtālrunus ar iebūvētiem akselerometriem [9]. STDEV algoritma modificētā versija ietver visu trīs akselerometra asu standartnoviržu vērtību summēšanu un iegūto summu sliekšņošanu. Konceptijas pārbaudes eksperimenta laikā tika izmantots slīdošais logs ar izmēru 10 izvērumi, ka arī sliekšņa vērtība 0.04 g. Jāatzīmē, ka aprēķinātās paātrinājuma g vērtības nepieciešams izmantot tikai algoritma izstrādes un optimizācijas laikā. Realizējot algoritmu galīgajā variantā uz konkrētas aparatūras platformas, iespējams izmantot atbilstošās nepārveidotās akselerometra datu vērtības un līdz ar to ietaupīt mikrokontroliera skaitļošanas resursus. Transporta līdzekļa aktivitātes profils, kas izveidots no akselerometra datiem, redzams attēlā 2.2 (pa labi), bet modificētā STDEV algoritma veikspēja transporta līdzekļa stāvokļa detektēšanas kontekstā - tabulā 2.1.

Tabula 2.1: Modificētā STDEV algoritma veikspēja transporta līdzekļa stāvokļa detektēšanas kontekstā

Parametrs	Vērtība
Visas lauka eksperimenta laikā fiksētās transporta līdzekļa pozīcijas	2043
Stāvēšanas pozīcijas, kas fiksētas, izmantojot GNSS uztvērēja datus	514
Stāvēšanas pozīcijas, kas fiksētas, izmantojot akselerometra datus	634
Stāvēšanas pozīcijas, kas fiksētas, izmantojot abu avotu datus	500

Transporta līdzekļa stāvokļa monitorēšana, izmantojot 3-asu akselerometru datu ieguvi un modificētu STDEV algoritmu datu apstrādei, ļauj detektēt 97% no transporta līdzekļa stāvēšanas pozīcijām, kuras fiksētas, izmantojot transporta līdzekļa ātruma datus no GNSS uztvērēja. 92% no pārējām transporta līdzekļa pozīcijām, kuras detektētas, izmantojot minēto metodiku, raksturo transporta līdzekļa ātrums, kas ir mazāks par 25 km/h, kā arī atrašanās tieši tuvumā koordinātēm, kur transporta līdzekļa ātrums, vadoties pēc GNSS uztvērēja datiem, ir bijis 0 km/h (attēls 2.1 - pa labi).

Analizējot izveidoto transporta līdzekļa aktivitātes profilu, tika konstatēts, ka ir nepieciešams mehānisms, kas novērstu transporta līdzekļa stāvokļa detektēšanas nestabilitāti gadījumos, kad transporta līdzekļa aktivitātes profila vērtība mainās nelielā diapazonā tuvu sliekšņa vērtības līmenim. Citi algoritma uzlabojumi ietver akselerometra datu ieguves frekvences palielināšanu no 37x uz 100x sekundē, kā arī slīdošā loga izmēra palielināšanu no 10 izvērumiem / 0.25 sekundēm uz 100 izvērumiem / 1 sekundi. Šīs izmaiņas ir saistītas ar pilnvērtīgu izmantotā akselerometra raksturlielumu izmantošanu.

Nākošo lauka eksperimentu mērķis bija metodikas pārbaude dažādu tipu transporta līdzekļos, piemēram, vieglajās automašīnās un autobusus, uz dažādu tipu ceļiem, piemēram, pilsētu ielām un starppilsētu šosejām, testējot dažādus transporta līdzekļu apstāšanās tipus, piemēram, apstāšanās pie luksofora un autobusa pieturā. Šie eksperimenti tika veikti, izmantojot sekojošu algoritma versiju:

1. 3-asu akselerometra datu ieguve 100x sekundē.

2. Visu pēdējās sekundes laikā iegūto akselerometra datu saglabāšana atbilstošā datu struktūrā:

$$X[] = \{X_{n-99}, \dots, X_n\}; Y[] = \{Y_{n-99}, \dots, Y_n\}; Z[] = \{Z_{n-99}, \dots, Z_n\} \quad (2.1)$$

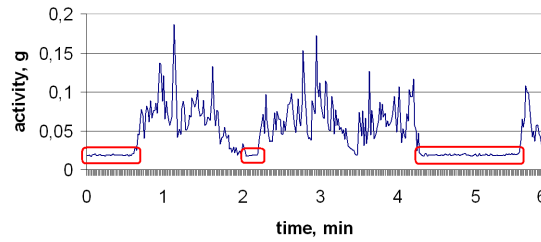
3. Visu 3 asu standartnoviržu vērtību un to summas aprēķināšana:

$$STDEV(X[]) + STDEV(Y[]) + STDEV(Z[]) \quad (2.2)$$

4. Ja visu 3 asu standartnoviržu vērtību summa ir

- (a) $> 0.1g$, tad transporta līdzekļa stāvoklis tiek uzskatīts par braukšanu;
- (b) $< 0.05 g$, tad transporta līdzekļa stāvoklis tiek uzskatīts par stāvēšanu;
- (c) $\geq 0.05 g$ un $\leq 0.1 g$, tad tiek saglabāts pēdējais detektētais transporta līdzekļa stāvoklis.

Analizējot akselerometra datus, kas tika iegūti, izmantojot autobusu Setra S415 HDH, tika konstatēts, ka šāda tipa transporta līdzekļa aktivitātes profilu raksturo relatīvi zemākas g vērtības (attēls 2.3). Šajā gadījumā tipiska vērtība transporta līdzekļa stāvēšanas laikā bija $0.02 g$, līdz ar to vērtības, pie kurām veicama pārslēgšanās uz stāvēšanu un braukšanu, būtu attiecīgi $0.03 g$ un $0.06 g$. Atšķirības transporta līdzekļa aktivitātes profilā varētu tikt skaidrotas ar atšķirīgām transporta līdzekļu masām, kā arī atšķirīgiem attālumiem no datu ieguves aparātūras līdz transporta līdzekļa dzinējam kā būtiskākajam vibrāciju avotam transporta līdzekļa stāvēšanas laikā.



Att. 2.3: Lauka eksperimenta laikā fiksētais autobusa Setra S415 HDH aktivitātes profils (fragments). Transporta līdzekļa stāvēšana atbilst koordinātēm, kur STDEV algoritms fiksējis aktivitātes līmeni mazāku par $0.03 g$.

Nākošie lauka eksperimenti tika veikti, izmantojot atšķirīgu aparātūras platformu POGA v.1b, kura ietver bezvadu sensoru tīklu mezglu Tmote Mini un 3-asu akselerometru ADXL330. Šajā aparātūras platformā ietilpst arī divas LED diodes, kuras tika izmantotas reālajā laikā detektētā transporta līdzekļa stāvokļa vizuālajai indikācijai. Analizējot akselerometra datus, kas tika iegūti trijos dažādos transporta līdzekļos (tabula 2.2), tika izdarīts secinājums par

uzlabotās algoritma versijas piemērotību izmantošanai dažādu tipu transporta līdzekļos, kā arī konstatēta nepieciešamība pēc adaptīvas funkcionalitātes, kura veiktu sistēmas paškalibrēšanu, uzstādot individuālus sliekšņu līmeņus katram konkrētajam transporta līdzeklim.

Tabula 2.2: Transporta līdzekļa stāvokļa detektēšanas algoritma veikspēja dažādu transporta līdzekļu kontekstā izmantojot sliekšņu vērtības 0.05 g un 0.1 g.

	Volvo V70	VW Passat Variant	Setra S415 HDH
Stāvēšana	OK	OK	OK
Braukšana	OK	OK	NOK ^c
Apstāšanās	OK ^a	OK ^a	OK ^d
Uzsākšana	OK ^b	OK ^b	NOK ^e

^a Pārslēgšanās var būt apsteidzoša, ja apstāšanās tiek veikta uz izteikti līdzēnas ceļa virsmas

^b Pārslēgšanās var būt aizkavēta, ja uzsākšana tiek veikta izteikti plūdeni

^c Eksistē tendence pārslēgties uz stāvēšanu, veicot izripināšanos pa izteikti līdzēnu ceļa virsmu

^d Pārslēgšanās var būt izteikti apsteidzoša, ja apstāšanās tiek veikta uz izteikti līdzēnas ceļa virsmas

^e Pārslēgšanās var būt izteikti aizkavēta, ja uzsākšana tiek veikta izteikti plūdeni (tipiski autobusam)

Adaptīvā funkcionalitāte

Balstoties uz datiem, kas tika iegūti veiktajos lauka eksperimentos, tika definēti divi pieņēmumi, uz kuru bāzes veicama transporta līdzekļa stāvokļa detektēšanas algoritma adaptīvās funkcionalitātes izstrāde:

1. Eksistē transporta līdzekļa aktivitātes līmeņi, kuri noteikti pieder vienam no transporta līdzekļa pamatstāvokļiem. Pirmajā tuvinājumā šie līmeņi būtu 0.1 g un vairāk braukšanai, kā arī 0.03 g un mazāk stāvēšanai.
2. Transporta līdzekļa stāvēšana var tikt apstiprināta, ja tiek detektēts vismaz 5 sekunžu ilgs laika periods, kuru raksturo transporta līdzekļa aktivitātes līmeņa izmaiņas šaurā diapazonā.

Iepriekšējā algoritma versija ietvēra transporta līdzekļa aktivitātes līmeņa aprēķina veikšanu 1x sekundē. Šo nosacījumu ir nepieciešams saglabāt arī adaptīvajā algoritma versijā, lai saglabātu iespēju veikt transporta līdzekļa stāvokļa detektēšanu ar granularitāti 1 sekunde. Papildus aprēķinus nepieciešams veikt, lai detektētu neapšaubāmus transporta līdzekļa stāvēšanas periodus un veiktu pamatalgoritma kalibrēšanu:

1. Visu pēdējo piecu sekunžu laikā iegūto transporta līdzekļa aktivitātes līmeņa vērtību saglabāšana atbilstošā datu struktūrā:

$$ACTIVITY[] = \{ACTIVITY_{n-4}, \dots, ACTIVITY_n\} \quad (2.3)$$

2. Transporta līdzekļa aktivitātes līmeņa standartnovirzes vērtības aprēķināšana pēc katras jaunās vērtības pievienošanas:

$$STDEV(ACTIVITY[]) \quad (2.4)$$

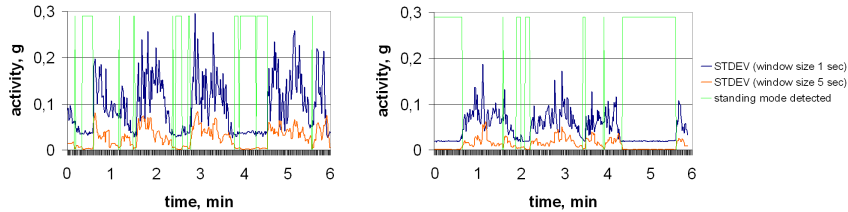
3. Ja aprēķinātā transporta līdzekļa aktivitātes līmeņa standartnovirzes vērtība ir mazāka par noteiktu sliekšņa līmeni (pirmajā tuvinājumā šis līmenis būtu 0.005 g), tiek uzsākta vai turpināta secīgu aprēķinu skaitīšana.
4. Ja secīgu zem noteiktā sliekšņa līmeņa esošu vērtību skaits sasniedz 5 un tiek detektēts transporta līdzekļa stāvēšanas periods, šīm vērtībām tiek aprēķināta vidējā aritmētiskā vērtība (AM - arithmetic mean) un mainītas pamatalgoritma sliekšņu (T - threshold) vērtības:

$$T_{low} = AM\{ACTIVITY[]\} \times 1.25; T_{high} = T_{low} \times 1.5 \quad (2.5)$$

5. Lai novērstu kļūdainu algoritma kalibrāciju, ko var izraisīt transporta līdzekļa stāvēšana ar izslēgtu dzinēju vai braukšana ar konstantu paātrinājumu, nepieciešams izmantot papildus ierobežojumus:

$$T_{low} \neq 0g; T_{high} \leq 0.11g \quad (2.6)$$

Transporta līdzekļa stāvokļa detektēšanas algoritma adaptīvā versija tika testēta, izmantojot vieglo automašīnu Volvo V70 un autobusu Setra S415 HDH. Lauka eksperimentu rezultāti ir redzami attēlā 2.4. Transporta līdzekļu stāvēšana un braukšana tiek detektēta, neskatoties uz atšķirīgiem transporta līdzekļu aktivitātes profiliem.

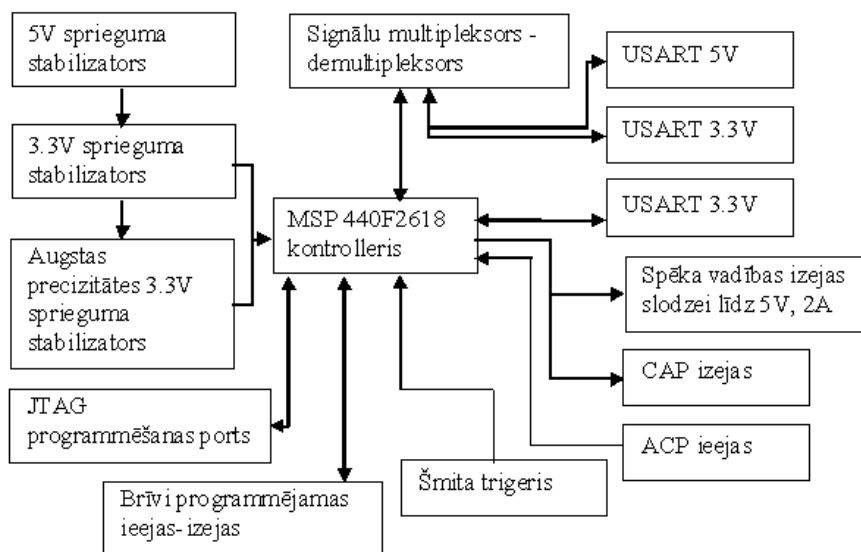


Att. 2.4: Transporta līdzekļu aktivitātes profili - pa kreisi Volvo V70, pa labi - Setra S415 HDH. Transporta līdzekļa stāvēšana atbilst koordinātēm, kur STDEV algoritms fiksējis aktivitātes līmeni mazāku par T_{low} .

2.3.2 Akseleratora un bremžu pedāļa vadības sistēmas izveide

Izveidotās platformas (skat. attēlu 2.5) skaitļošanas mezgls ir MSP430F2618 kontrolieris, kas ir izveidots pēc 16-bit RISC arhitektūras, un spēj darboties frekvencē līdz 16 Mhz. Kontrolieris spēj nodrošināt komunikāciju, izmantojot SPI un I2C protokolus.

Platē ir uzstādīti:



Att. 2.5: Platformas uzbūves blokshēma.

1. Šmita trigeris, kas ļauj nodrošināt stabilu trokšņainā ieejas loģiskā signāla nolasīšanu četriem kanāliem.
2. Signālu multiplexors / demultiplexors, ar kura palīdzību pieejamo USART izvadu skaits tiek palielināts līdz 3. Pie diviem portiem var pieslēgt moduļus, kas nodrošina komunikāciju ar 3V loģiskiem līmeņiem, pie trešā var pieslēgt iekārtu, kas nodrošina 5V lielus vadības signālu līmeņus. Ar to tiek paaugstināta plates savietojamība ar citiem elektroniskiem moduļiem.
3. CNY74-2 optopāris kopā ar lauka tranzistoru moduli, kas ļauj nodrošināt divu augstslodzes elementu vadību, kas patērē strāvu līdz 2A.

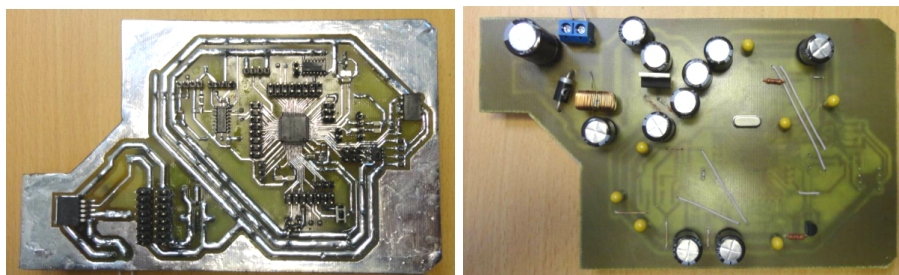
Papildus, visi kontroliera izvadi tika pieslēgti pie ārējiem kontaktiem, kas ļauj lietotājam brīvi paplašināt plates funkcionalitāti atkarībā no uzstādītā uzdevuma. Ar tiem var nodrošināt kā vienkāršu ieejas – izejas portu paplašināšanu, tā arī sarežģītākas funkcijas – I2C vai SPI komunikāciju, ACP vai CAP signālu pārveidošanu, taimeru signālu ārējos izvadus, ārējo notikumu (pārtraukumu) reģistrācijas kontaktus.

Platē tika uzstādīti trīs sprieguma stabilizatori. Pirmais impulsstabilizators LM2596S nodrošina sprieguma stabilizāciju no ieejas sprieguma vērtības līdz 5V. Uzģenerēti 5V tiek padoti uz USART portu, Šmita trigeri, augstslodzes vadības tranzistoriem. Ar 5V, gūtiem no stabilizatora, var barot ārējos sensorus vai izpildierīces, pieslēdzot tos pie tam paredzēta porta. Otrs uzstādītais sprieguma stabilizators pārveido 5V uz 3.3V, ar kuru tiek barots kontrolieris MSP430F2618 un 3.3V USART porti. Trešais uzstādītais stabilizators nodrošina precīzu sprieguma ģenerēšanu kontroliera ACP precīzai darbībai.

Nodrošinot plati ar iespēju veikt bezvadu komunikāciju, vienam USART

portam tiek pievienots iepriekšizveidots un notestēts Bluetooth – virtuālais Com ports.

Šobrīd ar plati (skat. attēlu 2.6) tiek imitēti vadības signāli, kas ir nepieciešami, veicot bremžu pedāļa pozīcijas kontroli un akseleratora pedāļa analogie signāli, nodrošinot automobili ar nepieciešamiem datiem atsevišķos darba režīmos.



Att. 2.6: Platformas skats no augšpuses un apakšpuses.

2.4 Rezultāti

Balstoties uz iepriekšējām aktivitātēm GCDC sacensību auto tehniskā aprīkojuma izstrādē [4], kuras veiktas sadarbībā ar VPP projektu IMIS, sagatavotas un iesniegtas divas zinātniskās publikācijas, no kurām viena ir akceptēta publicēšanai [7]. Viena zinātniskā publikācija sagatavota, iesniegta un akceptēta publicēšanai, balstoties uz aktivitātēm transporta līdzekļa kustības režīma identificēšanā reālajā laikā [8]. Grupas darbības rezultāti ir prezentēti starptautiskās zinātniskās konferences BIR 2011 seminārā UOII 2011 (Rīga, Latvija), kā arī Trešajā Latvijas Viedo sensoru un tīklotu iegulto sistēmu seminārā.

2.5 Kopsavilkums un secinājumi

Mūsu izstrādātais risinājums ir paredzēts adaptīvai transporta līdzekļa stāvokļa monitorēšanai, izmantojot iegultu iekārtu ar 3-asu akselerometru. Risinājums tika novērtēts noteikta uzdevuma veikšanā - transporta līdzekļa stāvēšanas un braukšanas detektēšanā ar granularitāti 1 sekunde. Detektēšana tika veikta, izmantojot akselerometra datu standartnoviržu adaptīvu sliekšņošanu. Tika veikti vairāki lauka eksperimenti, izmantojot dažādu tipu transporta līdzekļus un dažādu tipu ceļus. Lauka eksperimentu rezultāti tika novērtēti, veicot salīdzināšanu ar transporta līdzekļa ātruma datiem, kas tika iegūti, izmantojot GNSS uztvērēju, kā arī reālajā laikā veiktos novērojumus, izmantojot iegultās iekārtas vizuālo saskarni. Rezultāti ļauj secināt, ka mūsus risinājums detektē transporta līdzekļa stāvēšanu ar 97% ticamību, un adaptīvā funkcionalitāte ļauj lietot risinājumu dažādu tipu transporta līdzekļos, kurus raksturo dažādi transporta līdzekļa aktivitātes profili.

2.6 Nākotnes perspektīvas

Nākotnes plāni ietver izstrādātās metodikas testēšanu, izmantojot plašāku transporta līdzekļu kopu, kā arī transporta līdzekļa stāvokļa izmaiņu detektēšanas uzlabošanu, izmantojot aktivitātes paraugus, kas raksturo konkrēto transporta līdzekli un tā vadītāju.

Literatūra

- [1] P. Baker, V. Catterson, and S. McArthur. Integrating an agent-based wireless sensor network within an existing multi-agent condition monitoring system. In *Intelligent System Applications to Power Systems, 2009. ISAP '09. 15th International Conference on*, pages 1–6, nov. 2009.
- [2] M. Chowdhary, Q. Zhang, M. Chansarkar, and G. Zhang. Systems and methods for detecting a vehicle static condition, 07 2011.
- [3] D. T. Fokum, V. S. Frost, D. Depardo, M. Kuehnhausen, A. N. Oguna, L. S. Searl, E. Komp, M. Zeets, D. Deavours, J. B. Evans, and G. J. Minden. Experiences from a transportation security sensor network field trial. Technical report, 2009.
- [4] GCDC organization. *GCDC 2011 Rules & Technology Document Final version*, April 2011.
- [5] S. Gleason and D. Gebre-Egziabher. *GNSS applications and methods*. GNSS Technology and Applications. Artech House, 2009.
- [6] P. Martín, M. Sánchez, L. Álvarez, V. Alonso, and J. Bajo. Multi-agent system for detecting elderly people falls through mobile devices. In P. Novais, D. Preuveneers, and J. Corchado, editors, *Ambient Intelligence - Software and Applications*, volume 92 of *Advances in Intelligent and Soft Computing*, pages 93–99. Springer Berlin / Heidelberg, 2011. 10.1007/978-3-642-19937-0_12.
- [7] A. Mednis. A Multimodal Approach for Determination of Vehicle Position (to appear). In *The First International Workshop on User Oriented Information Integration (UOII 2011), Post-proceedings in Springer LNBP*, 2012.
- [8] A. Mednis, G. Kanonirs, and L. Selavo. Adaptive Vehicle Mode Monitoring using Embedded Devices with Accelerometers (to appear). In *Highlights in Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems. 10th International Conference on Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems*, 2012.
- [9] A. Mednis, G. Strazdins, R. Zviedris, G. Kanonirs, and L. Selavo. Real time pothole detection using android smartphones with accelerometers. In *DCOSS*, pages 1–6. IEEE, 2011.
- [10] A. Rammal, S. Trouilhet, N. Singer, and J.-M. Pécatte. An adaptive system for home monitoring using a multiagent classification of patterns. *Int. J. Telemedicine Appl.*, 2008:3:1–3:8, January 2008.

- [11] M. Sánchez, P. Martín, L. Álvarez, V. Alonso, C. Zato, A. Pedrero, and J. Bajo. A new adaptive algorithm for detecting falls through mobile devices. In J. Corchado, J. Pérez, K. Hallenborg, P. Golinska, and R. Corchuelo, editors, *Trends in Practical Applications of Agents and Multiagent Systems*, volume 90 of *Advances in Intelligent and Soft Computing*, pages 17–24. Springer Berlin / Heidelberg, 2011. 10.1007/978-3-642-19931-8_3.
- [12] R. Schwartz. Vehicle state detection, 08 2010.
- [13] J.-H. Wang and Y. Gao. Multi-sensor data fusion for land vehicle attitude estimation using a fuzzy expert system. *Data Science Journal*, 4:127–139, 2005.
- [14] R. Zviedris, A. Elsts, G. Strazdins, A. Mednis, and L. Selavo. Lynxnet: Wild animal monitoring using sensor networks. In P. J. Marrón, T. Voigt, P. I. Corke, and L. Mottola, editors, *REALWSN*, volume 6511 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 170–173. Springer, 2010.

Nodaļa 3

EdiMote grupa

Anotācija

EdiMotes grupa nodarbojas ar universālas platformas izstrādi, kas būtiski atvieglo iegulto sistēmu aparatūras un programmatūras izstrādes procesu. Šāds rīks ir modulārs un nav piesaistīts pie konkrētiem iegulto sistēmu moduļiem (MCU, radio, sensoru, atmiņu, utt.) kā tas ir vairumā izstrādes rīku [7] [6] [3]. Tas nodrošina iegulto sistēmu izstrādātājam iespēju savstarpēji savienot iekārtas moduļus ar minimālu vai bez iespiedplašu projektēšanas nepieciešamības, izstrādes gaitā, kā arī veikt atsevišķu moduļu un kopējās sistēmas testēšanu. Tiek veidota arī analogo un ciparu signālu atklūdošanas un analīzes iespēja, kā arī atsevišķu moduļu enerģijas mērīšanas funkcija. Platforma tiek vadīta no datora, kā arī analizējamo datu apstrāde, attēlošana un glabāšana notiek datorā.

EdiMote [9] palīdzētu atrisināt tipiskās iegulto sistēmu projektēšanas problēmas, ar ko saskaras gan inženieri, gan pētnieki. Šīs problēmas var iedalīt ar aparatūru saistītās problēmās un ar programmatūru saistītās problēmās:

- aparatūras problēmas:
 - moduļu savstarpējā savienošana;
 - signālu komutēšana;
 - enerģijas patēriņa mērīšana;
- programmatūras problēmas:
 - dažādu mikrokontrolieru programmēšanas atbalsts;
 - ciparu un analogo signālu atklūdošana;
 - programmu veicamo operāciju ietekme uz enerģijas patēriņu.

3.1 Ievads

Iegulto sistēmu izstrāde ir laikietilpīgs un sarežģīts process. To iespējams atvieglot, izmantojot dažādus palīgrikus, kas palīdzētu savienot atsevišķos iegultās sistēmas moduļus, nodrošināt to savstarpējo signālu savietojamību, analogo un ciparu signālu atklūdošanu, kā arī novērtēt atsevišķu moduļu un sistēmas kopumā patērējamo enerģiju konkrētu procesu veikšanas brīdī. Izstrādājot iegultās sistēmas, kas izstrādes sākumā tiek veidotas kā prototipi, jāveic moduļu vai atsevišķu integrālo mikroshēmu savienošana, kam nepieciešama laikietilpīga spiesto plašu izstrāde [4], nepieciešamas specifiskas ierīces procesoru programmēšanai un dažādi mērinstrumenti signālu novērošanai un atklūdošanai. EdiMote [9] ir universāls iegulto sistēmu izstrādes rīks, kas paredzēts visu iepriekšminēto uzdevumu atvieglošanai.

Iegultās sistēmas atšķiras pēc to veikspējas, energopatēriņa, pielietojuma un citiem parametriem. EdiMotes resursi ir piemēroti tieši bezvadu sensoru tīklu, bezvadu sensoru mezglu izstrādē, kur tiek izmantoti mikrokontrolieri, bezvadu pārraides moduļi, dažāda veida sensori, atmiņas moduļi datu uzkrāšanai, ievades un izvades moduļi, indikācijas elementi u.c. Izstrādājot EdiMotes platformu, paralēli tiek veikti testi ar pasaulē pazīstamiem bezvadu sensoru mezgliem kā TeslosB [7], Epic mote [6], MICAz [3], kā arī tiek veidoti jauni bezvadu sensoru mezgli kā LynxNet [8], elektriskā lauka mērīšanas mote [5] u.c.

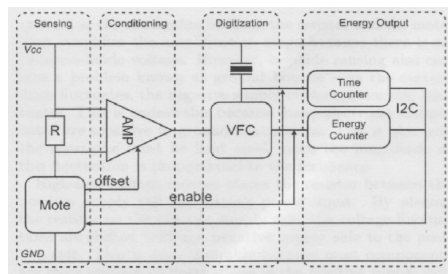
Iepriekšējā laika posmā tika veikta analogo un ciparu signālu komutācijas izveide un konfigurēšana no datora, kā arī tika veikti tās testi. Šajā laika posmā, veiksmīgi izmantojot signālu komutāciju, turpināta enerģijas mērītāju izstrāde un papildināta to funkcionalitāte. Veikti testi ar enerģijas mērītājiem un novērtēta to precizitāte. Iesākts darbs pie īslaicīgu, precīzu enerģijas mērītāju izstrādes, kas paredzēta detalizētai moduļu strāvas patēriņa liknes iegūšanai izmantojot analogos-ciparu pārveidotājus. Datu iegūšanai un glabāšanai papildināta datorvadības programmas daļa.

3.2 Enerģijas mērītāji

3.2.1 Enerģijas mērītāju realizācija

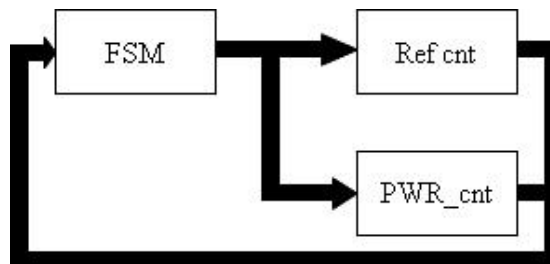
Enerģijas mērīšanai EdiMotes risinājumā tiek izmantota **Scalable Power Observation Tool (SPOT)** [10] arhitektūra, tās blokshēma ir redzama 3.1 attēlā. SPOT arhitektūras mērītāji tiek pielietoti moduļu enerģijas mērīšanai kā arī to ir paredzēts izmantot testa mikrokontroliera programmu optimizēšanai. SPOT arhitektūras pamatā ir sprieguma pārveidošana frekvencē, kas tiek padota uz skaitītājiem. Ir divu veidu skaitītāji:

- references skaitītājs - tiek darbināts ar konstantu (1MHz) frekvenci
- enerģijas mērītāju skaitītāji - tiek darbināti ar frekvenci, kas mainās (robežās no 100 - 900 kHz) atkarībā no moduļu patērētās jaudas



Att. 3.1: SPOT arhitektūras blokshēma

SPOT blokshēma tiek pielāgota EdiMotes specifikācijām, tas ir, skaitītāju un mērītāju kontrole tiek implementēta CPLD [2]. Implementējamie funkcionālie bloki ir redzami 3.2 attēlā.



Att. 3.2

SPOT mēritājus ir paredzēts kontrolēt no datora, šim nolūkam kontroles programmatūra tiek papildināta ar mēritāju kontroles procedūru 3.1 kā arī ar iegūto datu apstrādi.

Listing 3.1: mēritāju kontroles procedūra

```

1 def powerTest(self):
2     Commands.writeData(self, Komandas.wr + b'\x06\xff') #LSB
3     Commands.writeData(self, Komandas.wr + b'\x07\x0F') #MSB
4     for i in range(500):
5         Commands.writeData(self, Komandas.wr + b'\x05\x01') #enable
6         time.sleep(0.004)
7         self.readPWR_1(b'\x0E', 4)
8         Commands.printPower_1Data(self)
9         Commands.writeData(self, Komandas.wr + b'\x05\x02') #disable

```

Algoritms ir sekojošs:

1. rinda procedūras deklarācija;
2. -3. tiek nodotas vērtības, kas nosaka mēritāju skaitīšanas ilgumu;
4. rinda nosaka, cik daudz mērījumu tiks veikti;
5. rinda ieslēdz mēritājus;
6. rindā tiek uzdots laika intervāls, kas jāgaida pirms nolasīt mēritāju rezultātus;
7. - 8. nolasa mēritāju datus un izvada tos Python komandrindā;
9. restartē mēritājus, lai varētu veikt jaunu mērījumu.

Izveidotā programma tika papildināta ar iegūto mērījumu datu konvertēšanu 3.2, kas nodrošina to, ka iegūtie dati tiek reprezentēti miliampēros [mA]

Listing 3.2: Iegūto datu konversija

```

def printPower_1Data(self):
    pwr_1 = (0.07193*((self.__data_readed[1] +...
    ... (self.__data_readed[3]*256))-2048))
    print(pwr_1)

```

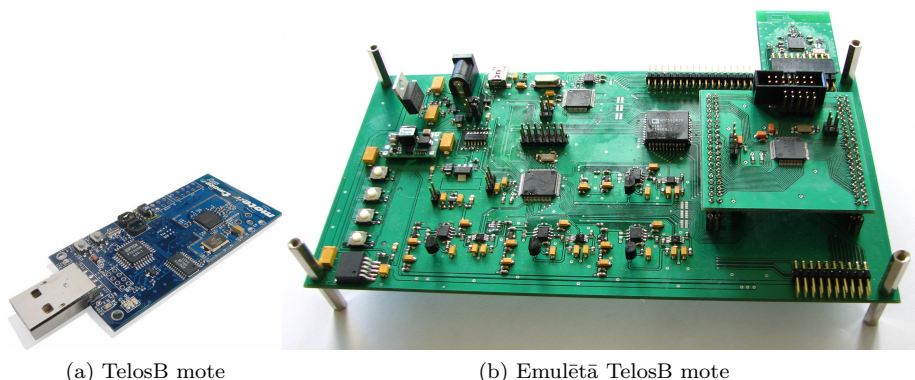
Programma tika modificēta 3.3, lai varētu saglabāt mēritāju nolases *.csv failā

Listing 3.3: Procedūra, kas saglabā mēritāju datus *.csv failā

```

def powerTest(self):
    Commands.writeData(self, Komandas.wr + b'\x06\xff') #LSB
    Commands.writeData(self, Komandas.wr + b'\x07\x0F') #MSB
    pwr = []
    f = open("E://Software//python31//pwr_1.csv", 'w')
    for i in range(50):
        Commands.writeData(self, Komandas.wr + b'\x05\x01') #enable
        time.sleep(0.005)
        self.readPWR_1(b'\x0E', 4)
        pwr_1 = (0.07193*((self.__data_readed[1] +...
        ... (self.__data_readed[3]*256))-2048))
        pwr.append(str(pwr_1))
        print(str(pwr_1))
        f.write(str(pwr_1).replace('.', ',')+ '\n')
        Commands.writeData(self, Komandas.wr + b'\x05\x02') #disable

```



(a) TelosB mote

(b) Emulētā TelosB mote

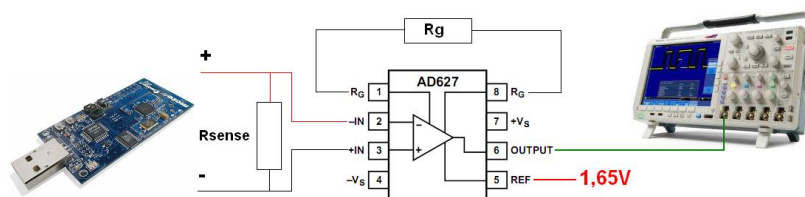
Att. 3.3: Testējamās motes

Programma tika testēta pieliekot pie EdiMotes dažādas pretestības (no 100 omiem līdz 820 omiem). Katrai pretestībai tika nomērīta faktiskā pretestība, tā vērtība ir redzama iekavās, veikti 500 mērījumi un izrēķināta vidējā vērtība.

Slodzes pretestība	iegūtā strāva	aprēķinātā strāva	kļūda (procentos)
100 (98,77) omi	32,85 [mA]	33,41 [mA]	1,68%
200 (200,71) omi	16,34 [mA]	16,44 [mA]	0,61%
430 (427,5) omi	7,7 [mA]	7,72 [mA]	0,26%
620 (629,3) omi	5,24 [mA]	5,24 [mA]	0%
820 (819,7) omi	4,03 [mA]	4,03 [mA]	0%

Tabula 3.1: SPOT mērītāju pārbaude

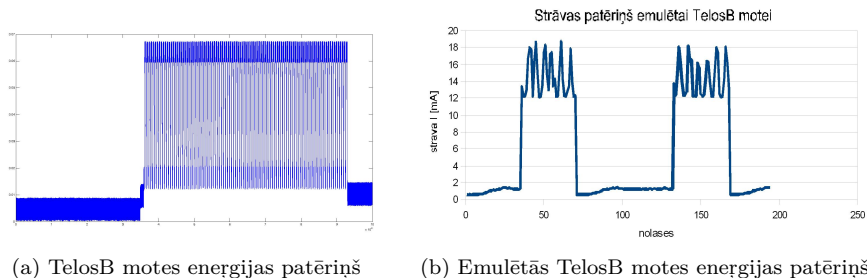
Tests nr. 2. Salīdzināt enerģijas patēriņu īstai (sk. 3.3a att.) un emulētai TelosB motei (sk. 3.3b att.). Abām motēm ir identiskas programmas. Emulētās TelosB motes enerģijas patēriņš tika mērīts ar SPOT mērītājiem [10]. Savukārt TelosB motei izmantojot diferenciālo operacionālo pastiprinātāju AD627 [1] un osciloskopu. Shēma ir redzama 3.4 attēlā.



Att. 3.4: TelosB motes enerģijas mērītāja shēma

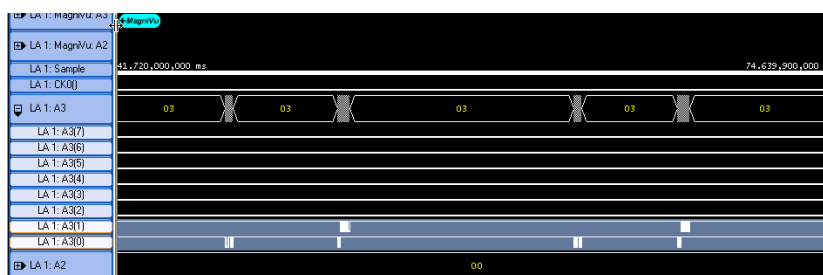
Eksperimentālie dati Nr.1

No TelosB iegūtās jaudas grafika 3.5a ir redzams, ka vienas pakas sūtīšana ir 581 ms. Zinot, ka SPOT mērījumi ir uzstādīti ik pa 4 ms, tad pieņemam, ka, iegūtais grafiks 3.5 reprezentēs nolases ar 4 ms atstarpi. No tā var izrēķināt, cik



(a) TelosB motes enerģijas patēriņš (b) Emulētās TelosB motes enerģijas patēriņš

Att. 3.5: Jaudas patēriņš



Att. 3.6: Procedūras tests

daudz nolasēm jābūt. Veicot aprēķinus iegūto nolašu daudzums bija mazāks, nekā cerēts.

Tika veikts papildus tests, kas noteiktu reālo enerģijas mērījumu biežumu (sk. 3.6 att.). Eksperimenta pamatā ir novērot UART RX un TX signālus procedūrai 3.3.

No rezultātiem tiek secināts, ka katrs jaunais mērījums sākas aptuveni pēc 16 ms, līdz ar to šāds variants neder emulētās TelosB enerģijas patēriņa novērtēšanai, jo iegūtie rezultāti ir kļūdaini.

Tika meklēti iespējamie risinājumi šai problēmai, tie ir:

- palielināt mērīšanas laiku, tas arī vienkāršotu datu apstrādi python programmai.
- izvēlēties citu tehnisku risinājumu, piemēram, ADC

Tika izvēlēts pirmais variants, jo SPOT mērītāji ir paredzēti ilglaicīgai enerģijas mērīšanai kā arī mērīšana ar ADC prasītu būtiskas modifikācijas EdiMotes primajā revīzijā. Tāpēc šī ideja par ADC mērītājiem tiek paturēta implementācijai Edimotes otrajā revīzijā.

Tekošajā revīzijā ar SPOT mērītājiem bija iespējams mērīt 4 ms un iegūt strāvu. To mērīšanas diapazons tika palielināts līdz 71 minūtei. Lai iegūtu enerģijas vērtību uzdotajā laika sprīdī tika vispārināta strāvas aprēķinu formula 3.1 uz 3.2

$$I = (pwr_cnt - (ref_cnt/2)) * C1 \quad (3.1)$$

$$I = C1 * ((pwr_cnt - (ref_cnt/2))/(ref_cnt/4096)) \quad (3.2)$$

- I - strāva [mA];
- pwr_cnt - mainīgais, kura vērtība ir atkarīga no patērētās jaudas;
- ref_cnt - mainīgais, kas norāda cik ilgi tiek veikts mērījums;
- C1 - konstante, kas atkarīga no izvēlētajā pastiprinājuma koeficienta.

SPOT mērītāji tika atkārtoti testēti ar konstantām slodzes pretestībām (100, 200, 430, 620, 820 omiem). Testi tika papildināti ar dažādiem laika mērīšanas intervāliem - 4ms, 581 ms, 16,7s, un salīdzināta mērīšanas kļūda atkārtībā no izvēlētajā mērīšanas laika diapazona.

Slodzes pretestība	Mērījumu intervāls			Aprēķinātā I [mA]
	4 ms	581 ms	16,7 s	
100	32,85 [mA]	32,89 [mA]	32,9 [mA]	33,41 [mA]
200	16,34 [mA]	16,40 [mA]	16,4 [mA]	16,44 [mA]
430	7,7 [mA]	7,75 [mA]	7,76 [mA]	7,72 [mA]
620	5,24 [mA]	5,3 [mA]	5,3 [mA]	5,24 [mA]
820	4,03 [mA]	4,10 [mA]	4,08 [mA]	4,03 [mA]

Iegūtie rezultāti norāda, ka šādu pieeju var izmantot mērot enerģiju ilgā laika posmā. Lai būtu iespējams uzsākt mērījumu izvēlētajā brīdī, tika izveidots triggeris, kuram nostrādājot tiek uzsākts mērījums. Tas ļauj atkārtot enerģijas mērījumus procesiem, kuriem slodze nav konstanta, bet gan mainīga, piemēram, testa mikrokontrolierim un radio moduļim.

3.3 Nākotnes perspektīvas

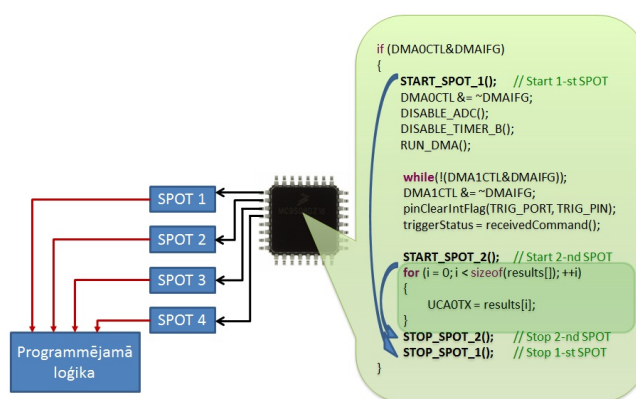
Izmantojot esošo EdiMotes prototipu, realizēta iepriekš plānoto pamatfunkciju darbība, kas pastāvīgi tiek uzlabota un pilnveidota. Iekārtu paredzēts pilnveidot un papildināt ar jaunām iespējām, līdz ar to nepieciešama jaunas arhitektūras izstrāde – EdiMotes otrās revīzija. Arhitektūras papildināšana nodrošinātu ātrāku signālu apstrādi, pārraidī, nodrošinātu augstāku analoģo un ciparu signālu atklūdošanas un enerģijas mērīšanas precizitāti. Tas dotu iespēju palielināt iegulto sistēmu moduļu atbalstu.

3.3.1 Enerģijas mērītāju funkcionalitātes papildināšana

Projektējot bezvadu sensoru mezglu, ir svarīgi samazināt enerģijas patēriņu, palielinot BSM darbības laiku bez uzlādes. Enerģijas patēriņu iespējams samazināt testējot aparatūru, izvēloties energoefektīvus moduļus un optimizējot programmas kodu. Bezvadu sensoru mezglos enerģijas patēriņš jānovērtē gan īslaicīgi, gan ilgā laika posmā, kā arī jānovērtē programmas procesu enerģijas patēriņš.

Šobrīd realizēta SPOT mērītāju [10] funkcionalitāte enerģijas mērīšanai izvēlēta laika posmā no 4 ms līdz 71,6 min. Iespējama 3 atsevišķu moduļu, kā arī kopējās sistēmas enerģijas mērīšana. Šīs arhitektūras trūkumi ir ierobežota laika izšķirtspēja – 4ms, taču šis enerģijas mērīšanas veids ir piemērots ilglaicīgai enerģijas patēriņa mērīšanai, nenoslogojot datu apstrādes mezglu.

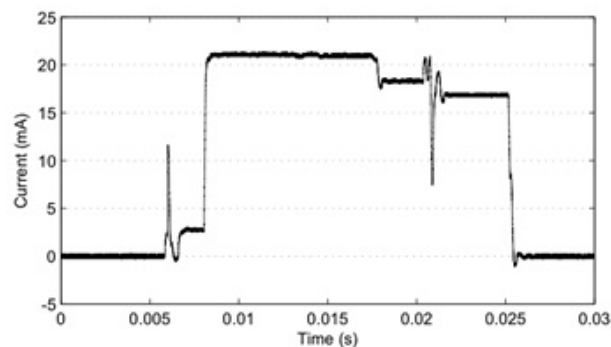
SPOT mērītāju funkcionalitāti paredzēts papildināt ar programmas procesu enerģijas patēriņa mērīšanas iespēju. Tā izmantojama testa mikrokontroliera programmas optimizēšanā atsevišķu procesu enerģijas mērīšanai, mērot konkrēta procesa enerģijas patēriņu. Optimizējot programmas kodu, bieži iespējams samazināt enerģijas patēriņu. Šādai funkcionalitātei papildus jānodrošina aparatūras atbalsts, kā arī testa kontroliera programmatūras atbalsts.



Att. 3.7: Programmas procesu enerģijas patēriņa mērīšana

Programmas procesu enerģijas patēriņa mērīšanai nepieciešams papildināt esošo arhitektūru, savienojot mikrokontroliera izvadus ar SPOT mērītāju palaišanas sistēmu. Papildus jānodrošina arī testa mikrokontroliera programmatūras atbalsts – jāizveido funkcijas, kas palaiž vai apstādina izvēlēto enerģijas mērītāju. Jānodrošina arī EdiMotes vadības mezglu atbalsts datu glabāšanai un nosūtīšanai uz datoru. Programmas procesu enerģijas patēriņa mērīšanas blokshēma attēlota 3.7 attēlā.

Bezvadā sensoru mezglu un to moduļu enerģijas mērīšana var tikt veikta gan ilglaicīgā laika posmā, gan īslaicīgā laika posmā. Ilglaicīga enerģijas mērīšana nepieciešama kvantitatīvai enerģijas patēriņa novērtēšanai jeb patēriņa novērtēšanai pie uzdotiem darba apstākļiem ilgā laika posmā. Lai novērtētu strāvas patēriņu un iegūtu detalizētas strāvas patēriņa līknes, nepieciešams papildināt EdiMoti ar analogo-ciparu pārveidotāju (3.9 attēls). Analogais ciparu pārveidotājs vadāms gan no mikrokontroliera, gan no programmējamās loģikas. Šī tehnoloģija dotu iespēju iegūt detalizētas strāvas patēriņa līknes, pēc kurām iespējams precīzi izšķirt konkrētus moduļa procesus – to enerģijas patēriņu, piemēram, datu pakas nosūtīšanai pa radio (sk. 3.8 attēlu).



Att. 3.8: RF moduļa strāvas patēriņš komunikācijas brīdī

3.3.2 Analogo sensoru emulēšana

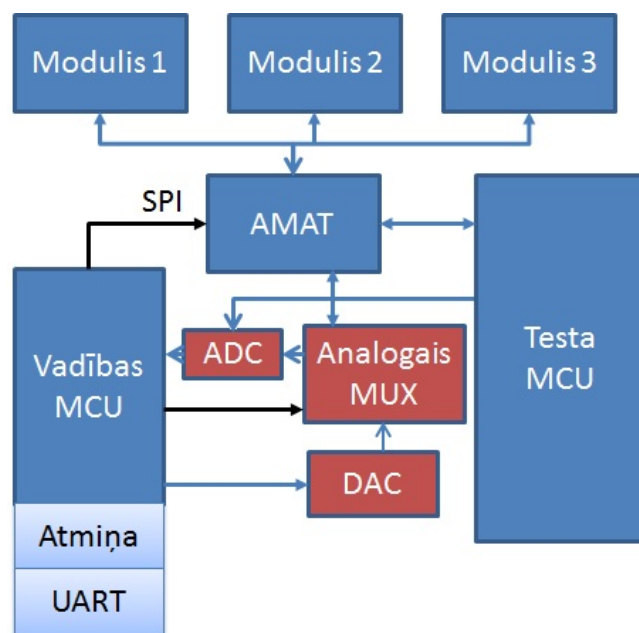
Sensoru tīklu neatņemama sastāvdaļa ir sensori. Tie veic apkārtējās vides fizikālo parametru, piemēram, gaismas, mitruma daudzuma, temperatūras, pārveidošanu elektriskā formā datu apstrādei un glabāšanai. Izšķir divu veidu sensoru tipus: analogie sensori, ciparu sensori. Vieni pārveido signālu analogā veidā (spriegums U , strāva I), otri pārveido ciparu formā (šajā gadījumā dati ir pieejami caur standartizētām kopnēm kā UART, SPI, I2C).

Šobrīd iespējams konfigurēt un atklūdēt analogos signālus, taču nepieciešama arī analogo signālu ģenerēšana un atspēlēšana analogo sensoru datu emulēšanai. Emulējot analogo sensoru datus, bezvadu sensoru mezglu izstrādes gaitā iespējams iztikt bez pašiem sensoriem. Lai ģenerētu un atspēlēt nesen ierakstītos datus no sensoriem, tad parādās nepieciešamība papildināt esošo blokskāmu ar papildus elementiem – papildus atmiņu ģenerēto signālu glabāšanai, ciparu-analogo pārveidotāju analogo signālu iegūšanai un no mikrokontroliera vadāmu analogo slēdzi virzienu maiņai. Reālu sensoru datu iegūšanai paredzēts izmantot ārēju analogo-ciparu pārveidotāju ar lielāko diskretizācijas frekvenci nekā esošajā revīzijā izmantojamam iebūvētajam mikrokontroliera ACP moduļim. Analogo sensoru emulēšanas blokskāma attēlota 3.9 attēlā.

3.3.3 Datu apstrādes un vadības mezglu nomaiņa veikspējas uzlabošanai

Iepriekš minēto papildinājumu realizācijai nepieciešama jaunas arhitektūras izstrāde. EdiMotes prototipu plānots papildināts ar vairākām integrālām mikroshēmām, kā analogais-ciparu pārveidotājs, ciparu-analogais pārveidotājs un analogais slēdzis, kā arī plānots nomainīt vadības mikrokontrolieri un programmējamo loģiku ar augstāku veikspēju un papildus iespējām.

Plānots aizstāt iepriekš izmantoto MSP430 sērijas vadības mikrokontrolieri ar Cortex M3 sērijas mikrokontrolieri ar lielāku veikspēju, ko nodrošina 32 bitu arhitektūra un takts frekvence līdz 150 MHz. Palielināsies iekšējās atmiņas apjoms programmas un pagaidu datu glabāšanai, kā arī tiks nodrošināta SRAM atmiņas adresācija līdz 4 GB. Cortex M3 sērijas mikrokontrolierim pieejamas



Att. 3.9: Analogās daļas blokshēma

izstrādātāja funkciju bibliotēkas, kas nodrošinātu lielāku perifēriju atbalstu.

Programmējamās loģikas CPLD arhitektūras mikroskāmu plānots aizvietot ar FPGA arhitektūras mikroskāmu ar lielāku iekšējo atmiņu un vairāk loģiskiem elementiem kompleksu uzdevumu risināšanai. Šī arhitektūra nodrošina neierobežotu pārprogrammēšanas reižu skaitu, kas ir svarīgi sistēmas testēšanai reālos apstākļos. Nozīmīgs ieguvums ir FPGA arhitektūras signālu atklādošanas iespējas (On-Chip debug), kas paātrina programmas atklādošanu un izstrādi.

Literatūra

- [1] Ad627. <http://www.analog.com/en/specialty-amplifiers/instrumentation-amplifiers/ad627/products/product.html>.
- [2] Altera max ii epml207t144c5n datasheet. http://www.altera.com/literature/hb/max2/max2_mii5v1_01.pdf.
- [3] Micaz. <http://www.cmt-gmbh.de/MICAZ.pdf>.
- [4] Spiestās elektriskās plates. http://en.wikipedia.org/wiki/Printed_circuit_board.
- [5] M. G. L. S. A. Severdaks, G. Supols. Wireless Sensor Network for Distributed Measurement of Electrical Field. In *Electronics and Electrical Engineering*. – Kaunas: Technologija, page 7–10., 2011.
- [6] P. Dutta and D. Culler. Demo: Epic: An Open Mote Platform for Application-Driven Design. In *In Proceedings of the Seventh International*

Conference on Information Processing in Sensor Networks (IPSN'08) Track on Sensor Platforms, Tools, and Design Methods. IPSN, 2008.

- [7] D. C. Joseph Polastre, Robert Szewczyk. Telos: enabling ultra-low power wireless research. In *Proceeding IPSN '05 Proceedings of the 4th international symposium on Information processing in sensor networks*. IPSN, 2005.
- [8] G. S. A. M. R. Zviedris, A. Elsts and L. Selavo. LynxNet: Wild Animal Monitoring Using Sensor Networks. In *Real-World Wireless Sensor Networks 4th International Workshop, REALWSN 2010 Colombo, Sri Lanka, December 2010 Proceedings*, pages 170–173. ACM, 2010.
- [9] R. Ruskuls and S. L. EdiMote: A Flexible Sensor Node Prototyping and Profiling Tool. In *Real-World Wireless Sensor Networks 4th International Workshop, REALWSN 2010 Colombo, Sri Lanka, December 2010 Proceedings*, pages 194–197. ACM, 2010.
- [10] D. C. Xiaofan Jiang, Prabal Dutta and I. Stoica. Micro Power Meter for Energy Monitoring of Wireless Sensor Networks at Scale. In *Proceedings of the 6th International Conference on Information Processing in Sensor Networks, IPSN 2007, Cambridge, Massachusetts, USA, April 25-27, 2007*. IPSN, 2007.

Nodaļa 4

MansOS grupas atskaite

Anotācija

MansOS grupas mērķis ir izstrādāt operētājsistēmu bezvadu sensoru tīkliem (BST), kā arī strādāt pie šīs operētājsistēmas praktiskajiem pielietojumiem. Lai gan jau eksistē vairākas BST specifiskas operētājsistēmas, tām ir tādi trūkumi kā krauja apmācības līkne vai slikta pārnese. MansOS izvairās no šīm problēmām, sekojot savas arhitektūras vadlīnijām – strādāt mērķauditorijai ar UNIX un C programmēšanas pieredzi, būt lietotājdraudzīgiem, un piedāvāt vieglu pārnese uz jaunām aparatūras platformām. Virzoties uz vieglāku šīs BST operētājsistēmas lietojamību, viens no paveiktajiem uzdevumiem šajā ceturksnī bija domēnspecifiskas sensoru tīklu programmēšanas valodas izveide – projektēšana un daļēja implementācija. Valodas SEAL ir deklaratīva valoda ar elementiem stāvokļu automāta definēšanai, kuras abstrakcijas līmenis ir vienlaikus pietiekoši tuvs sensoru tīklu specifiskajiem inženierždevumiem, taču tajā pašā laikā pietiekoši augsts, lai padarītu šīs valodas lietošanu vienkāršu tiem, kuri nav datorzinātnes profesionāļi un BST programmēšanas eksperti.

Kā vēl viens no paveiktajiem darbiem jāmin VMware [5] virtuālā datora instances izveide, kurā iekļauta Linux operētājsistēma ar visu rīku kopumu ātrai MansOS izstrādes uzsākšanai.

4.1 Ievads

MansOS grupā šajā ceturksnī pamatā tika veikts darbs pie jaunas, sensoru tīkliem domēnspecifiskas valodas izstrādes. Šī valoda tika nosaukta par SEAL – saīsinājums no **SE**nsor **A**pplication Development **L**anguage.

Lielākajai daļai potenciālo BST lietotāju nav formālas izglītības datorzinātnē. Lai padarītu BST lietojumprogrammu izstrādi pieejamāku un pievilcīgāku šai mērķauditorijai, tika izveidota SEAL. Tās pamatā ir novērojums, ka, lai gan *zema līmeņa* BST programmēšana ir pārpilna ar komplicētām detaļām, lielākā daļa BST lietojumprogrammu ir *konceptuāli* vienkāršas – tās var tik aprakstītas vai nu kā “izmērīt un sūtīt” *sense-and-send*, vai kā notikumu detektēšana. SEAL ļauj nodalīt zema līmeņa datortīklu detaļas un iegulto sistēmu detaļas no lietojumprogrammas loģikas, tādējādi samazinot to sarežģītības līmeni, kas ir redzams lietotājam.

BST tehnoloģija tika radīta ar vīziju, ka tai vajadzētu kļūt par rīku plaša mēroga uzdevumu veikšanai un plašām mērķauditorijām. Šī vīzija ir saskārusies ar realizācijas grūtībām, saduroties ar BST programmēšanas komplicētajām detaļām. BST programmas apvieno sevī tīklotu programmu kompleksitāti ar iegulto ierīču kompleksitāti, tādējādi padarot to izstrādi un uzturēšanu par smagiem uzdevumiem, kuri nav pa spēkam tiem, kuri nav datorzinātnes profesionāļi. SEAL ir valoda un programmēšanas vide, kas izveidota, lai samazinātu šīs grūtības un padarītu BST lietojumprogrammu izstrādi draudzīgāku programmētājiem iesācējiem un domēna ekspertiem.

Savukārt, lai atvieglotu jauniem MansOS lietotājiem sākotnējo sistēmas uzstādīšanas un apguves ciklu, grupā tika nolemts izveidot VMware virtuālā datora instanci, kas ļautu ātri un vienkārši jebkuru populāru operētājsistēmu lietojošiem lietotājiem uzsākt MansOS praktisku izmantošanu, atbrīvojot viņus no ilgstoša un ne vienmēr viegli saprotama un izpildāma dažādu komponentu uzstādīšanas procesa. MansOS VMware virtuālā datora instance ir balstīta uz Ubuntu Linux distributīva [4], kurā ietvertas visas izstrādei un lietošanai nepieciešamās pakotnes.

4.2 Saistītie risinājumi

Eksistē dažādas BST vaicājumu valodas un tehnoloģijas, tādas kā TinyDB [8] vai SenQ [12]. Tajā pašā laikā, to SQL-veidīgā sintakse var nebūt pati intuitīvākā lietotājiem iesācējiem. Tāpat jāmin, ka, pretēji SEAL, šādas sistēmas nav agnostiskas pret izmantotajiem tīkla protokoliem un citām sistēmas komponentēm, tādējādi tās ir mazāk portējamas un daudz grūtāk realizējamās.

Ir tikušas piedāvātas arī tīri deklaratīvas BST programmēšanas sistēmas, kā, piemēram, [7]. Tomēr atšķirībā no SEAL, to mērķauditorija nav bijusi lietotāji iesācēji. Var pat izdarīt minējumu, ka to Prologam līdzīgā sintakse būtu biedējoša viesiem, izņemot pieredzējušus datorprogrammēšanas profesionāļus.

Kas attiecas uz BST makroprogrammēšanas sistēmām, tādām kā *Regiment* [9] – mēs uzskatām tās par komplementāru, nevis par konfliktējošu risinājumu.

4.3 Risinājums

SEAL ir domēnspecifiska valoda BST lietojumprogrammu aprakstīšanai. Mūsu sākotnējā ideja bija veidot SEAL kā tīri deklaratīvu valodu. Salīdzinot ar imperatīvo pieeju, tādai ir priekšrocība: konceptuālā vienkāršība. Lietotājam ir jānorāda tikai tas, *ko* programmai vajag darīt, ne tas, *kā* to vajag darīt. Tomēr pēc tālākas apdomāšanās mēs nolēmām valodu papildināt ar elementiem galīgu automātu aprakstīšanai. Tīri deklaratīvas pieeja padara grūti aprakstāmus dažu tipisku BST lietojumu scenārijus, tādus kā notikumu detektēšana, kura ņemtu vērā arī sistēmas pagātni; piemēram, kritiskās sensoru lasījumu sliekšņu noteikšana ar histerēzi.

SEAL sintakse iekļauj sevī trīs veidu deskriptīvus izteikumus (sensoriem, aktuatoriem, un datu izvadei), nosacījuma izteikumus, kā arī sintaksi stāvokļa mainīgo aprakstam.

SEAL kompilators strādā, translējot SEAL kodu uz C kodu, kurš tad tiek sakompilēts uz mašīnkodu kādai specifiskai arhitektūrai.

SEAL šobrīd ir pilnība integrēts MansOS un tiek eksperimentāli izvērtēts, izmantojot šo BST operētājsistēmu. Tajā pašā laikā mēs uzskatām, ka šī valodas varētu tikt relatīvi viegli adaptēta TinyOS, Contiki, vai citām BST OS, kuras piedāvā atbalstu SEAL lietotajiem komponentiem, tādiem kā LEDi, programmatiskie taimerī, seriālais ports, radio, ārējā zibatmiņa, ADC kanāli u.c. Tā kā SEAL tiek lietots, lai specificētu tikai lietojumprogrammas lietotāja līmeņa loģiku, tas palaujas uz OS tādās detaļās kā izpildes plānošanas algoritmi vai daudz-lēkumu tīklošana.

SEAL ir dabiskas saites ar MansOS darbības laika pārprogrammēšanas sistēmu, kura ļauj mēs pārprogrammēt daļēji. Ja SEAL skripts tiek modificēts, tad ir jāpārprogrammē tikai binārā koda lietotājā daļa, atstājot sistēmas kodu (kas sastāda lielāko daļu) neizmainītu.

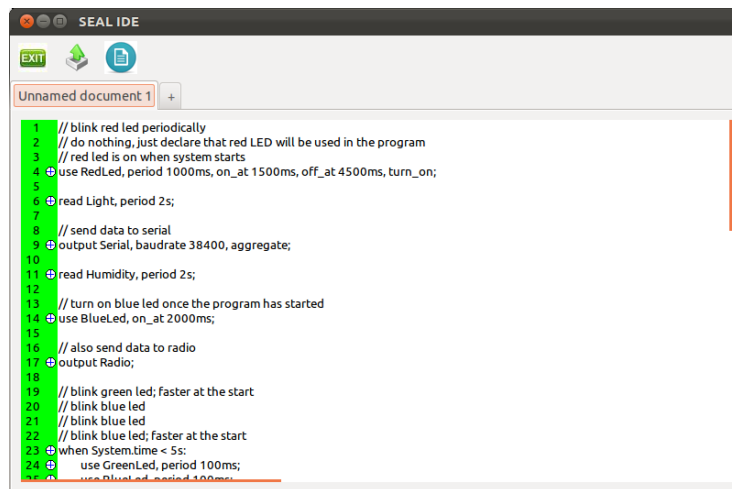
Veidojot SEAL, mēs ņemām vērā lietojamības ekspertu identificētos principus [10], kā arī rekomendācijas iesācēju programmētāju sistēmu izstrādātājiem [11]. Kā piemērus var minēt to, ka šajā valodā ir “cieša atbilstība starp sistēmu un reālo pasauli” (katram fiziski uz mēs esošam sensoram ir atbilstošs identifikators SEAL), “atpazīšana drīzāk nekā atcerēšanās” (lielākā daļa no SEAL koda sastāv no vienkāršas angļu valodas frāzēm), “estētiskums un minimālisms” (salīdzinot ar C vai NesC relatīvo sintaktisko un cita veida pārpilnību).

4.3.1 SEAL integrētā izstrādes vide

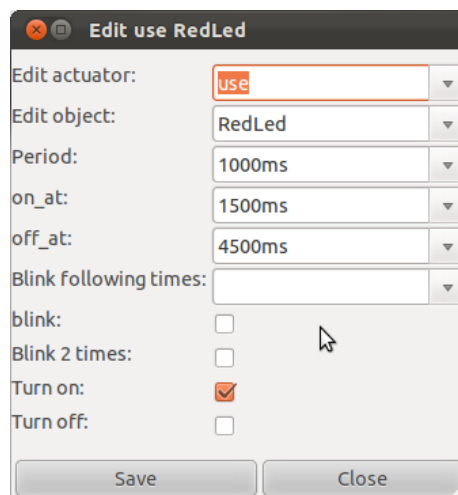
Lai jauniem lietotājiem vēl vairāk atvieglotu bezvadu tīklu sistēmu programmēšanu tika nolemts izveidot grafisko saskarni SEAL integrēto izstrādes vidi (IDE) deklaratīvajai programmēšanas valodai SEAL. SEAL IDE tika uzstādīti mērķi ļaut lietotājiem nepārzinot SEAL sintaksi izveidot vienkāršas programmas SEAL valodā. Tāpēc SEAL IDE būtu jāļauj lietotājam komandas veidot izvēloties to sastāvdaļas no piedāvātajiem variantiem un kombinējot tās kopā. Pieredzējušākiem lietotājiem, kuri pārzina SEAL komandas, būtu jānodrošina iespēja komandas rediģēt arī atklāta teksta(plaintext) veidā. Par noderīgu funkcionalitāti vēl tiek uzskatītas iespējas:

- Kompilēt un augšupielādēt izveidoto programmu uz viena vai vairākiem sensoru mezgliem – ir realizēts;
- Attēlot no sensoru mezgla saņemtos datus – ir realizēts;
- Saglabāt izveidoto programmu datnē un ielasīt programmu no datnes – nav realizēts;
- Nodrošināt koda izcelšanu (highlighting) – nav realizēts.

Realizācija. SEAL IDE tiek izstrādāts Python programmēšanas valodā izmantojot grafisko bibliotēku wxPython, šāds salikums izvēlēts, lai nodrošinātu SEAL IDE darbību uz visām populārākajām platformām (Windows, Linux, Mac). Visa programma pārsvarā ir veidota pārslogojot wxPython StyledTextCtrl klasi un uz tās bāzes izveidojot vienkāršotu teksta redaktoru, kas papildināts ar SEAL IDE nepieciešamo funkcionalitāti (Att. 4.1). Lai nodrošinātu iespēju komandas veidot izvēloties sastāvdaļas no piedāvātajiem variantiem ir izveidota klase, kas satur informāciju par visām iespējamajām



Att. 4.1: SEAL izstrādes vide



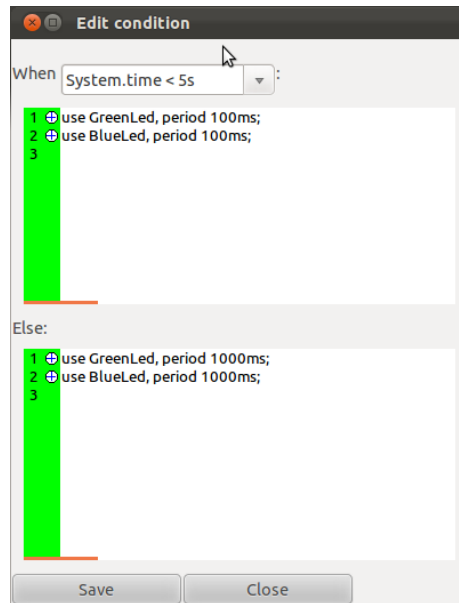
Att. 4.2: Komandas rediģēšanas logs

SEAL valodas konstrukcijām, tādējādi labojot tikai šo klasi ir iespējams labot SEAL IDE atbalstīto komandu kopu. Katru komandu iespējams grafiski rediģēt (Att. 4.2., 4.3.) spiežot uz “+” blakus tai.

Nākotnes plāni. Plānots ir pievienot saglabāšanas un ielasīšanas funkcionalitāti, koda izcelšanas funkcionalitāti, kā arī pievienot iespēju darboties ar MansOS programmām (C kodu).

4.4 Novērtējums

Kā rāda zemāk dotie SEAL koda paraugi, salīdzinot ar programmēšanu tieši priekš MansOS vai TinyOS (tabula 4.1), tiem parasti ir daudz mazāks koda izmērs, tādējādi padarot programmatūras prototipēšanu ātrāku.



Att. 4.3: Nosacījuma rediģēšanas logs

C kods, kuru ģenerē SEAL kompilators, lieto uz notikumiem balstītu izpildes paradigmu, un tādējādi labi strādā kopā ar zemu darba ciklu. Visas šeit tālāk dotās parauga lietojumprogrammas ir ar zemu aktīvās darbības īpatsvaru darba ciklos - 0.037% priekš *Blink*, 0.627% priekš *sense-and-send*, 0.701% priekš notikumu detektēšanas. Darba cikli tika aprēķināti uz Tmote Sky, mikrokontrolierim darbojoties 4MHz frekvencē.

Listing 1 Blink

```
use RedLed, period 1000ms;
```

Listing 2 Sense-and-send

```
read Light, period 2s;
read Humidity, period 6s;
output Radio;
```

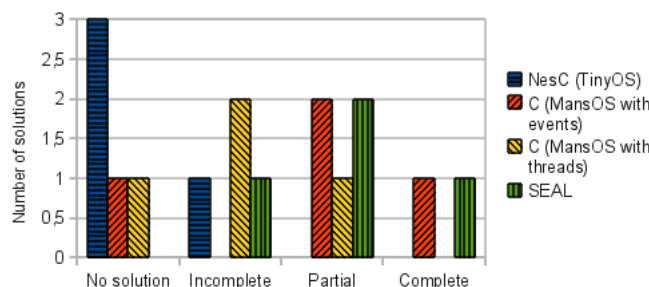
Listing 3 Event detection with hysteresis

```
state temperatureCritical false;
when Sensors.Temperature > 50C:
    set temperatureCritical true;
when Sensors.Temperature < 40C:
    set temperatureCritical false;
when temperatureCritical: // blink red LED
    use RedLed, period 100ms;
```

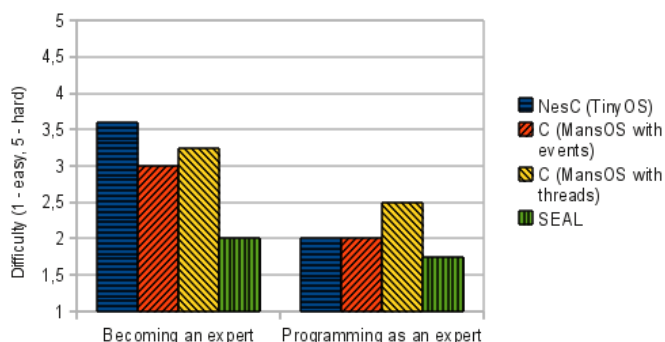
SEAL prototipa versija tika eksperimentāli novērtēta, izmantojot universitātes studentus un auglīkopības zinātnes domēna speciālistus kā testa

Tabula 4.1: Rindiņu skaita salīdzinājums

Program	Lines of code		
	NesC (TinyOS)	C (MansOS)	SEAL
Blink	26	7	1
Sense-and-send	93	38	3
Event detection	42	22	7



Att. 4.4: Studentu risinājumi



Att. 4.5: Grūtības pakāpes novērtējums

subjektus.

Pirmkārt, četri datorzinātnes studenti no Latvijas Universitātes bez BST programmēšanas pieredzes tika lūgti uzrakstīt sensoru lasīšanas un nosūtīšanas programmu SEAL. Uzdevums tika papildināts ar dažām specifiskām īpatnībām – līdz ar sensoru lasījumiem pa radio nosūtītajās paketēs bija jāiekļauj arī divi fiksēti skaitļi, kas atbilda studenta atrašanās vietai klasē (rindas numurs un sēdvietas numurs). Rezultāti (Att. 4.4) tika salīdzināti ar agrāku testu, kurā citām studentu grupām bija izvirzīta prasība noprogammēt šo pašu uzdevumu MansOS un TinyOS [6]. Pēdējā testā trīs no studentiem iesniedza risinājumu, kas bija vai nu pilnīgi pareizs, vai arī tikai ar maziem sintaktiskiem defektiem. Par spīti savai iepriekšējai C programmēšanas pieredzei, citu grupu studenti iesniedza rezultātus, kas bija sliktāki. Tie, kuri programmēja NesC, tika galā ar šo uzdevumu vēl daudz sliktāk. SEAL arī tika novērtēts kā tā paradigma, kuru būtu visvieglāk gan iemācīties, gan lietot eksperta līmenī.

Otrkārt, četri agrozinātnieki no Latvijas Valsts Augļkopības institūta [3]

izmēģināja savas iespējas uzprogrammēt to pašu uzdevumu, lietojot SEAL IDE. Pēc sākotnējās palīdzības ar instalāciju un grafiskās vides programmas palaišanu, visi izrādījās spējīgi paveikt šo uzdevumu vai nu vieni paši, vai arī izmantojot tikai diskusijas ar kolēģiem. Tāds rezultāts būtu bijis neiedomājams, ja viņu būtu bijuši spiesti lietot valodu C, kur viņiem būtu nācies cīnīties ar tādām problēmām kā C norāžu semantika vai atmiņas izlīdzināšana.

4.5 Kopsavilkums un nākotnes perspektīvas

Galvenais panākums MansOS grupā šajā ceturksnī bija valodas un vides SEAL izstrāde, kas noveda pie plakāta iesūtīšanas konferencē European Conference on Wireless Sensor Networks 2012 (EWSN 2012) [2].

SEAL piemīt potenciāls padarīt BST lietojumprogrammu izstrādi pieejamāku relatīvi plašai auditorijai, padarīt BST programmatūras prototipēšanu ātrāku, tajā pašā laikā saglabājot priekšrocības, ko dod zema enerģijas patēriņa darba cikli un daļējā pārprogrammēšana. Šī valoda ir tikusi veiksmīgi izmēģinātā uz mērķauditorijām.

MansOS grupā šajā ceturksnī tika veikta:

- SEAL valodas projektēšana un dokumentēšana;
- SEAL valodas kompilatora prototipa versijas realizācija;
- SEAL valodas grafiskās prototipa versijas realizācija;
- SEAL valodas izmēģinājumi uz mērķauditorijām;
- SEAL valodas prezentācija Latvijas Viedo sensoru un tīklotu iegulto sistēmu seminārā;
- veikta zinātniskā raksta “Poster Abstract: SEAL: An Easy-to-use Sensor Node Application Development System” sagatavošana un iesūtīšana par SEAL valodu EWSN 2012 konferencei;
- portēts uIPv6 tīkla steks (kā ārējā bibliotēka) uz MansOS;
- veikta MansOS arhitektūras reorganizācija un vienkāršošana;
- veikta MansOS koda bāzes pārņemšana uz Google Code;
- MansOS sastāvā esošo saņemto pakešu proporcijas testa (PDR test) pilnveide (uzlabota mērīšanas metodoloģija, RSSI un LQI mērījumi);
- veikts darbs arī pie MansOS lietojamības paaugstināšanas – dokumentācijas un vedņu izstrāde;
- veikts darbs pie lietotāju atbalsta un programmatūras koda uzturēšanas;
- pieņemts un prezentēts raksts “Savvaļas dzīvnieku monitorings, izmantojot bezvadu sensoru tīklus” 3. Pasaules latviešu zinātnieku kongresā [1] LynxNet apakšprojekta kontekstā;
- prezentēts stenda referāts “Interneta protokoli un bezvadu sensoru tīkli” 3. Pasaules latviešu zinātnieku kongresā [1];

- VMware [5] virtuālā datora instances izveide ātrai izstrādes uzsākšanai ar MansOS.

Nākotnes plānos ietilpst attīstīt un pilnveidot SEAL realizāciju, tāpat arī pievērsties jau iepriekš [6] minētajiem mērķiem par izveidoto un MansOS iekļauto tīklošanas risinājumu notestēšanu vismaz vidējā izmēra tīklos. Darbs pie tiem tiks turpināts, t.sk., iepazīstinot ar to citus BST pētniekus, prezentējot MansOS grupas darbību kādā starptautiskā konferencē.

Literatūra

- [1] Apvienotais Pasaules latviešu zinātnieku III kongress un Letonikas IV kongress. <http://www.plzk.lv/>. [Online: accessed 30.12.2011.].
- [2] European Conference on Wireless Sensor Network. <http://www.ewsn.org/>. [Online: accessed 30.12.2011.].
- [3] Latvia State Institute of Fruit-Growing. <http://www.lvai.lv>.
- [4] Lubuntu Linux. <http://lubuntu.net/>. [Online: accessed 30.12.2011.].
- [5] VMware Player. <http://www.vmware.com/products/player/>. [Online: accessed 30.12.2011.].
- [6] Projekta "Viedo sensoru un tīklotu iegulto sistēmu pētījumu un attīstības centrs" pārskats Nr. 3, Oktobris 2011.
- [7] D. Chu, L. Popa, A. Tavakoli, J. Hellerstein, P. Levis, S. Shenker, and I. Stoica. The design and implementation of a declarative sensor network system. In *Proceedings of the 5th international conference on Embedded networked sensor systems*, pages 175–188. ACM, 2007.
- [8] S. Madden, M. Franklin, J. Hellerstein, and W. Hong. Tinydb: an acquisitional query processing system for sensor networks. *ACM Transactions on Database Systems (TODS)*, 30(1):122–173, 2005.
- [9] R. Newton, G. Morrisett, and M. Welsh. The regiment macroprogramming system. In *Proceedings of the 6th international conference on Information processing in sensor networks*, pages 489–498. ACM, 2007.
- [10] J. Nielsen. Ten usability heuristics. *Useit. com*, 2005.
- [11] J. Pane and B. Myers. Usability issues in the design of novice programming systems. 1996.
- [12] A. Wood, L. Selavo, and J. Stankovic. Senq: An embedded query system for streaming data in heterogeneous interactive wireless sensor networks. In S. Nikolettseas, B. Chlebus, D. Johnson, and B. Krishnamachari, editors, *Distributed Computing in Sensor Systems*, volume 5067 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 531–543. Springer Berlin / Heidelberg, 2008.

Nodaļa 5

SAntArray grupas atskaite

Anotācija

SAntArray grupas mērķis ir izveidot vienkāršu antenu ar elektroniski vadāmu virziendarbību. Šajā atskaitē detalizēti apskatīta vienkāršākā ESPAR tipa antena, kas sastāv no aktīvā elementa un tikai viena pasīvā elementa. Doti izgatavotās antenas vienkāršota modeļa skaitlisko aprēķinu rezultāti kā arī tās virziendarbības diagrammu mērījumu rezultāti.

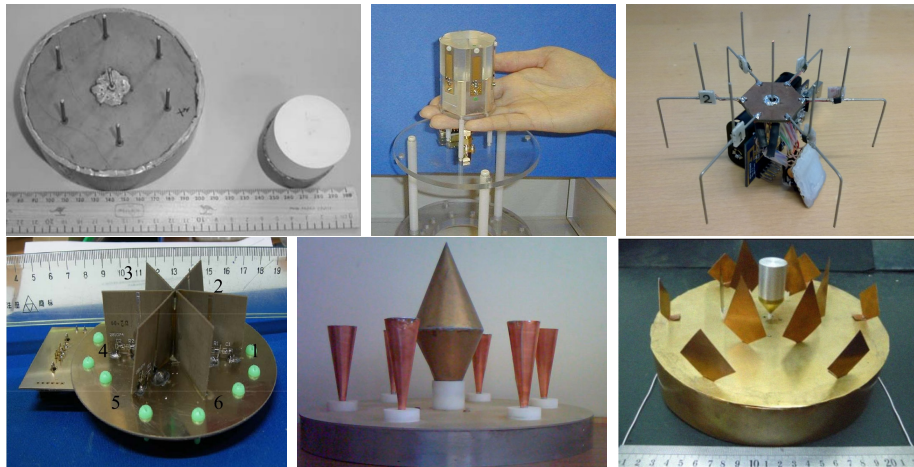
5.1 Ievads

Bezvadu sensoru mezgli šobrīd tiek veidoti izmantojot antenas bez virziendarbības. Elektroniski vadāmas virziendarbības antenu izmantošanai varētu būt virkne priekšrocību:

- Informācijas pārraidei starp diviem sensoru mezgļiem būtu nepieciešams mazāks enerģijas patēriņš;
- Komunikācijas starp sensoru mezgļiem var organizēt tā, ka tie raida tikai tajos laika momentos, kad pret viņiem ir vērsta uztverošā antena;
- Iespējams, ka vairāki sensoru mezglu pāri vienlaikus varētu lietot vienu un to pašu sakaru kanālu.

SAntArray darba grupā apskatām iespēju izmantot sensoru mezglos Elektroniski vadāmo parazitisko (pasīvo) elementu masīva (ESPAR) tipa virziena darbības antenu. Šobrīd eksistē vairāki šāda tipa antenu varianti: sākot no 7 elementu ESPAR antenas ākot no 7 elementu ESPAR antenas [10] līdz pat SPIDA antenai [7]. Tika nolemts apvienot šo abu antenu labākās īpašības:

- ESAPR antenas konstrukciju izmantojot monolītu metāla pamatni;
- Pasīvos elementus vadīt izmantojot elektroniski vadāmu slēdzi kā SPIDA antenai;
- Lai samazinātu antenas izmērus, to ievieto cilindrā, kas izgatavots no dielektriskā materiālā ar lielu ϵ_r .



Att. 5.1: Esošie vadāmas virziendarbības antenas risinājumi. Augšējā rinda: [6, 12, 8], apakšējā rinda: [11, 3, 5].

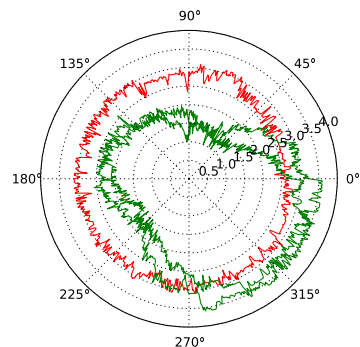
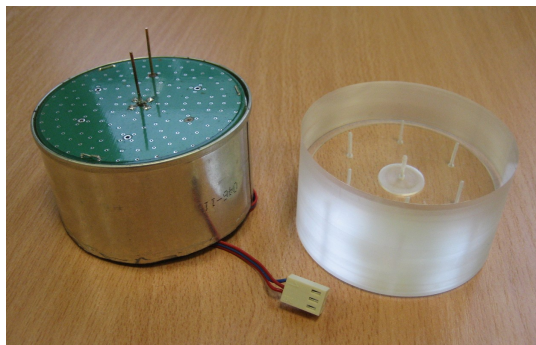
Iepriekšējā atskaitē [2] tika aprakstīta divu elementu ESPAR testantena ar īsslēgtu parazītisko elementu. Šeit aprakstīta pilntiesīga antena, kuru vada komutējot pasīvos elementus izmantojot elektroniski vadāmu slēdzi īsslēgtā vai nepieslēgtā stāvoklī.

5.2 Saistītie risinājumi

Elektroniski vadāmas virziendarbības antenām pēdējā laikā tiek pievērsta liela uzmanība. Interesantākie no esošajiem risinājumiem apkopoti 5.1 zīmējumā. Lai samazinātu klasiskās ESPAR antenas izmērus, to ievieto dielektriskā materiāla cilindrā [6]. Savukārt [12] redzama, bet netiek aprakstīta, vienkārša konstrukcija, kurā pasīvie elementi izvietoti uz sešstūra prizmas malām. Iepriekš minētās antenas vairāk orientētas uz raidītāja virziena noteikšanu (DoA). Asprātīga un vienkārša antena pielietojumam sensoru tīklos aprakstīta [8]. Šīs antenas konstrukcijas zemā mehāniskā noturība manuprāt nopietni ietekmē tās pielietojumu. Tas savukārt ir labots antenā, kurā pasīvie elementi ir izkodināti tekstolīta plāksnē [11]. Iepriekš minētās antenas izgatavotas darbam 2.44 GHz diapazonā. Pēdējā laikā izstrādā platjoslas vai divu diapazonu ESPAR antenas [3, 5] izmantojot sarežģītākas formas aktīvo un pasīvos elementus.

5.3 Risinājums

Antenas izgatavošanai tika izstrādāta spiestā plate atbilstoši shēmai, kas aprakstīta [1]. Sākumā tika izgatavota testantena, kas attēlota 5.2 zīmējumā, izmantojot tikai vienu pasīvo elementu. Veicot virziendarbības diagrammas mērījumus, noskaidrojās, ka izgatavotās spiestās plates montāžās kapacitāte ir pārāk liela. Tā kā elektroniskajam slēdzim nepieciešama līdzsprieguma komponentes atsaitīšana, tad pasīvā elementa īsslēgums tiek panākts izmantojot 100 pF kondensatoru. Savukārt montāžās kapacitāte, ko veido atbilstošo

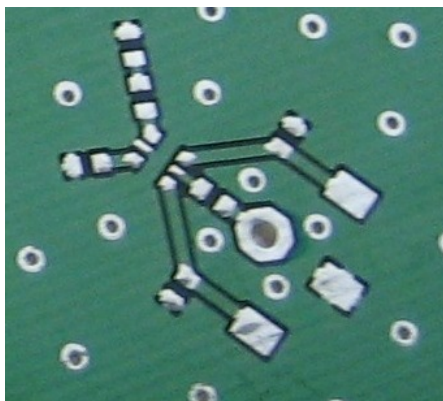


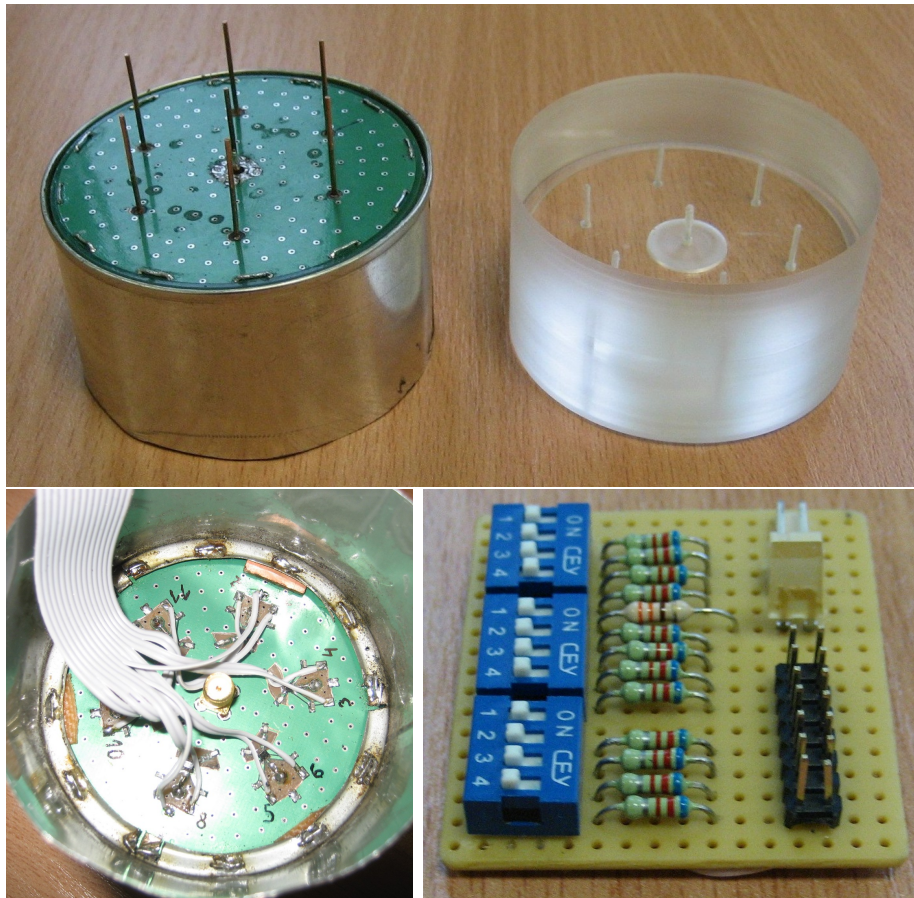
Att. 5.2: Antena testa slēgumā un eksperimentāli noteiktās tās virziendarbības diagrammas divos vadības slēdža stāvokļos.

celiņu perimetri, izrādījās samērojama ar šo lielumu un antena jau pēc montāžas izrādījās praktiski īsslēgta. Lai to samazinātu šo efektu, plate tika nedaudz pārveidota kā tas redzams 5.3 zīmējumā. Rezultātā izdevās panākt, ka testantena strādā. Nomērītajā virziendarbības diagrammā, kas attēlota 5.2 zīmējumā, ar sarkano krāsu atzīmēta virziendarbības diagramma ar atslēgtu pasīvo elementu, bet ar zaļo krāsu - ar īsslēgtu pasīvo elementu.

Izmantojot modificētu spiesto plati, tika izgatavota antena, kas attēlota 5.4 zīmējumā. Tikai izmantots tas pats organiskā stikla cilindrs. Antenas vadības bloks tika izgatavots pēc iespējas vienkāršāks, tāpēc katra parazitiskā elementa komutācijai lieto divus mehāniskos slēdžus. Seši vadības kanāli teorētiski nodrošina $2^6 = 64$ virziendarbības diagrammas. Ņemot vērā antenas simetriju, var noskaidrot, ka dažādas ir tikai 14 no tām. Skaitliskās modelēšanas rezultāti šīm vadības slēdžu kombinācijām attēloti 5.5 zīmējumā. Nav attēlotas triviālās kombinācijas [000000] un [111111], kurām atbilstošā virziendarbības diagramma ir viegli perturbēti riņķi, kā arī kombinācija [110010], kurai

Att. 5.3: Antenas montāžas plates fragments: pasīvā elementa elektroniskais slēdzis. Montāžas parazitiskās kapacitātes novēršana.



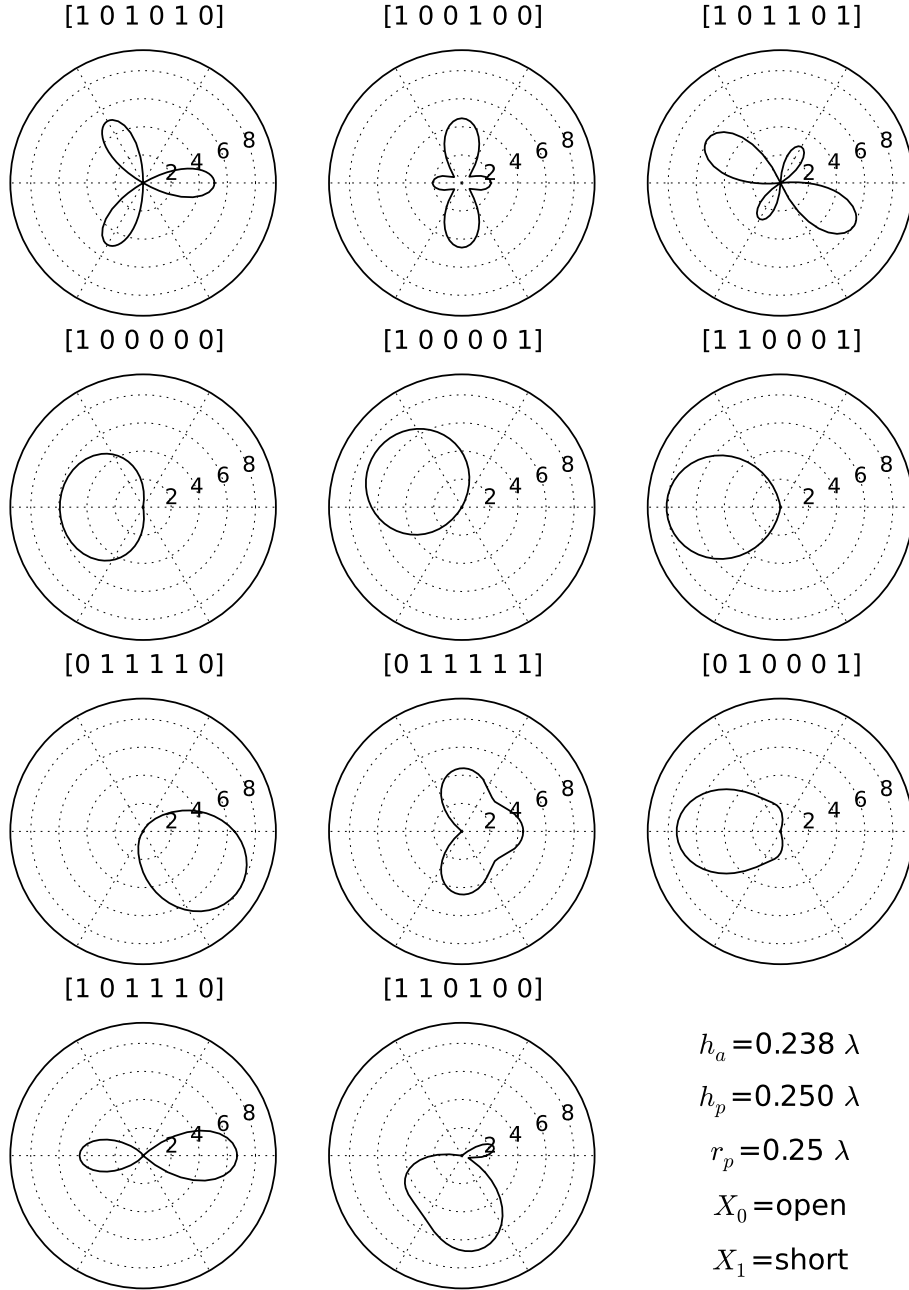


Att. 5.4: Izgatavotā antena un tās vadības bloks.

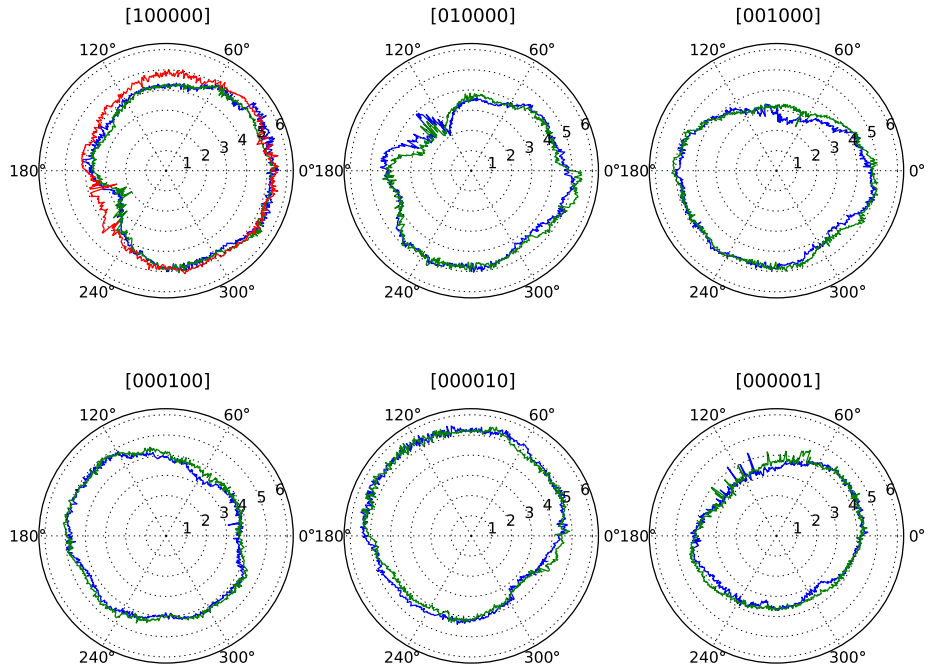
atbilstošā virziendarbības diagramma ir spoguļsimetriska pēdējās kombinācijas [110100] virziendarbības diagrammai. Skaitliskie aprēķini ir veikti ar NEC2 programmatūru [4] vienkāršotam modelim - antenai uz bezgalīgas ideāla vadītāja pusplaknes. Jāpiezīmē, ka iegūtās virziendarbības diagrammas ir ļoti atkarīgas no antenas ģeometriskajiem izmēriem, īpaši no pasīvo elementu garuma h_p un attāluma no aktīvā elementa līdz pasīvajiem elementiem r_p .

5.4 Testu rezultāti

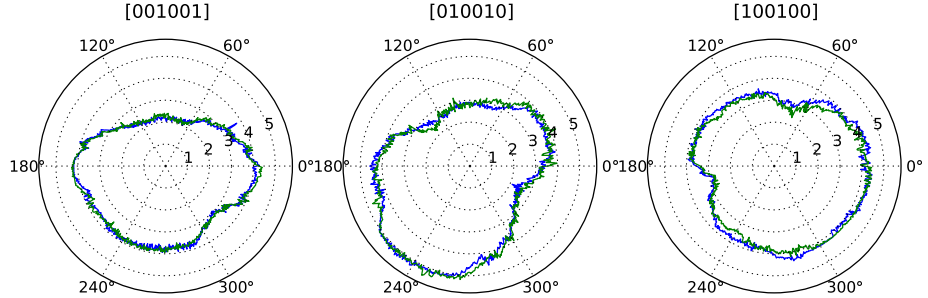
Izgatavotās antenas virziendarbības diagrammas dažādiem vadības slēdžu stāvokļiem tika mērītas izmantojot mērījumu stendu, kura vadību nodrošina izmantojot bezvadu sensoru mezglus [9]. Mērījumu rezultāti attēloti 5.6, 5.7 un 5.8 zīmējumos. Tā kā mērījumi netika veikti serificētā laboratorijā, lai novērtētu trokšņu un neprecizitāšu līmeni, katra no virziendarbības diagrammām tika mērīta divreiz, bet pirmā no 5.6 zīmējumā esošajām virziendarbības diagrammām pat trīs reizes. Pēdējā (sarkanā) mērīta pēc pārējo 5 simetrisko konfigurāciju mērījumu pabeigšanas. Šāda mērījumu tehnika izvēlēta tāpēc, ka



Att. 5.5: Skaitliskās modeļēšanas rezultāti dažādām vadības slēdžu kombinācijām. 1 - atbilst īsslēgtam vadības elementam, bet 0 - nepieslēgtam vadības elementam.



Att. 5.6: Antenas virziendarbības mērījumi, īsslēdzot vienu no pasīvajiem elementiem.

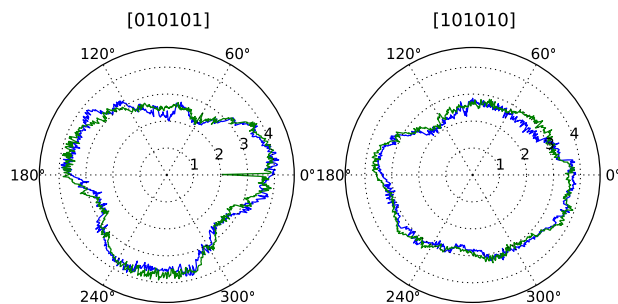


Att. 5.7: Antenas virziendarbības mērījumi, īsslēdzot divus pretējos pasīvos elementus.

tā operatīvi veicama institūta telpās ar rīcībā esošajiem mērlīdzekļiem.

Lai arī simetrisko konfigurāciju starojumu diagrammas ir līdzīgas, var redzēt, ka izgatavotā antena nav pilnībā simetriska. Problēmas varētu būt 6. elementā iespējams arī 4. elementā. Iespējams, ka to garumi ir nedaudz atšķirīgi no pārējiem.

Salīdzinot aprēķinātās un nomērītās virziendarbības diagrammas, var konstatēt, ka lai arī tendences sakrīt, detaļās tās atšķirās. Tam ir vairāki iemesli. Vispirms jau cilindra organiskā stikla ϵ_r nav precīzi zināms, tapēc antenas elementu izmēri viļņa garumos precīzi neatbilst aprēķinos lietotajiem. Paši aprēķini ir veikti ar NEC2 programmatūru [4], kas atļauj strādāt tikai ar ar idealizētu antenas modeli: antenas pamatne aizvietota ar bezgalīgu ideāli



Att. 5.8: Antenas virziendarbības mērījumi, īsslēdzot katru otro pasīvo elementu.

vadošu plakni, kā arī dielektriskā materiāla cilindrs arī ir bezgalīgi liels.

5.5 Kopsavilkums un secinājumi

- Eksperimenti ar divelementu testantenu parāda, ka antenas virziendarbību aprakstītajā veidā var vadīt;
- Plates parazitiskajām kapacitātēm ietekme izrādījās lielāka nekā tika prognozēts, tāpēc antenas spieto plati nācās modificēt;

5.6 Nākotnes perspektīvas

- Lai pilnībā realizētu aprakstītās antenas potenciālu, nepieciešams to salāgot ar 50 Ω radiofrekvenču signāla pārvades līnijām un spraudņiem.
- No iepriekš apskatītajiem antenas virziendarbības vadības metodēm [1] mūsuprāt perspektīva ir kombinācija īsslēgts vai ar induktivitāti šuntēts pasīvais elements. Šādi var nodrošināt gan viļņa atstarošanos no pasīvā elementa gan arī viņa novirzīšanu pasīvā elementa virzienā. Tāpēc nepieciešams izgatavot, nomērīt un salāgot šādu antenu.

Literatūra

- [1] Projekta "Viedo sensoru un tīklotu iegulto sistēmu pētījumu un attīstības centrs" pārskats Nr. 2, Jūnijs 2011.
- [2] Projekta "Viedo sensoru un tīklotu iegulto sistēmu pētījumu un attīstības centrs" pārskats Nr. 3, Oktobris 2011.
- [3] B. Alshami, H. Aboulmour, and M. Dib. Design of a broadband espar antenna. In *Microwave Symposium (MMS), 2009 Mediterranean*, pages 1–6, nov. 2009.

- [4] G. J. Burke and A. J. Poggio. Numerical Electromagnetic Code (NEC) - Method of Moments. Technical report, Lawrence Livermore Laboratory, 1981.
- [5] W. Huang, B. Sun, Y. Wang, F. Zhang, and K. He. A high-gain dual-band espar antenna with simple on/off controlling. In *Antennas Propagation and EM Theory (ISAPE), 2010 9th International Symposium on*, pages 315–318, dec. 2010.
- [6] J. Lu, D. Ireland, and R. Schlub. Dielectric embedded ESPAR (DE-ESPAR) antenna array for wireless communications. *IEEE Trans. Antennas Propag.*, 53:2437–2443, 2005.
- [7] M. Nilsson. Directional antennas for wireless sensor networks. In *Proceedings of 9th Scandinavian Workshop on Wireless Adhoc Networks (Adhoc'09)*, page 4, Uppsala, Sweden, 2009.
- [8] E. Oström, L. Mottola, and T. Voigt. Evaluation of an electronically switched directional antenna for real-world low-power wireless networks. In *Real-World Wireless Sensor Networks: 4th International Workshop*, pages 113–125, Colombo, Sri Lanka, 2010.
- [9] K. Prieditis, I. Drikis, and L. Selavo. Passive elements array antenna for wireless sensor networks. In *ACM SenSys 2010*, Zurich, 2010.
- [10] R. Schlub, J. Lu, and T. Ohira. Seven-element ground skirt monopole espar antenna design from a genetic algorithm and the finite element method. *IEEE Trans. Antennas Propag.*, 51:3033–3039, 2003.
- [11] J. Sun, W. Chen, and Z. Feng. A novel dielectric-supported switched parasitic antenna array. In *Antennas and Propagation Society International Symposium 2006, IEEE*, pages 2325–2328, july 2006.
- [12] M. Taromaru and T. Ohira. Electronically steerable parasitic array radiator antenna- principle, control theory and its applications. In *Proc. Int. Union of Radio Science General Assembly*, New Dehli, India, 2005.

Nodaļa 6

SenSigA grupas atskaite

Anotācija

Biomedicīnisko signālu apstrāde ir saistīta ar liela apjoma datu ieguvu un uzglabāšanu. Iegūstamo datu apjoma samazināšanai tiek piedāvāta modificēta, pilnveidota, notikumu vadīta analogs-ciparu pārveidošanas metode, kas izmanto līmeņu-šķērsojuma (LC) principu nevienmērīgam kvantēšanas līmeņu sadalījumam. Nodaļā aprakstīta datu ieguve kvantēšanas līmeņu nevienmērīgam sadalījumam, izmantojot uzlabotu LC metodi, kas ļauj samazināt nolasāmo datu apjomu. Mainot izmantojamo kvantēšanas līmeņu skaitu var panākt kompromisu starp iegūto nolašu apjomu un signāla atjaunošanas precizitāti.

6.1 Ievads

Biomedicīnisko signālu ievērojamais datu apjoms ir saistīts ar lielo informācijas kanālu skaitu (no 24 līdz 120 kanāliem vienam cilvēkam) un nepieciešamību nolasīt datus nepārtraukti. Lai gan nolašu frekvences nav augstas, piem., elektroencefalogrammu nolašu frekvence ir tikai 256 Hz, tomēr 100 kanālu 1 diennakts kopīgais informācijas apjoms var sasniegt pat 2,4 GB.

Biomedicīnisko signālu apstrādei tiek pielietotas vairākas signālu pārveides metodes, kas izmanto LC principu kopā ar kvantēšanas līmeņu nevienmērīgu sadalījumu. Esošās metodes izmanto vai nu paralelu pārveidošanas struktūru [2], kas ir aparatūras redundanta, vai balstās uz iepriekšzināmu statistisko signāla īpašību pielietošanu [4]. Minētās metodes nedod risinājumu gadījumam, ja ir kvantēšanas līmeņu nevienmērīgs sadalījums un pielieto nelielu kvantēšanas līmeņu skaitu.

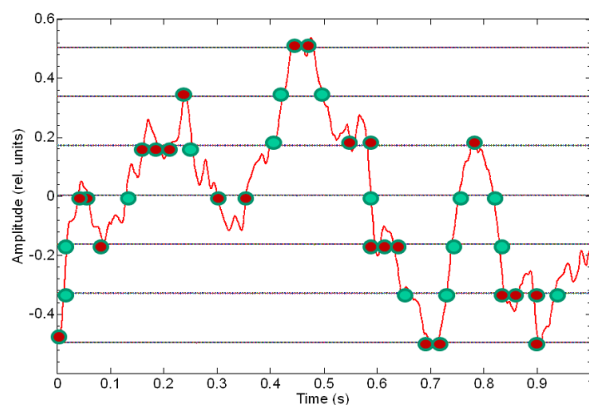
Iegūstamo datu apjoma samazināšanai tiek piedāvāta modificēta notikumu vadīta analogs-ciparu (A/C) pārveidošanas metode, kas izmanto līmeņu-šķērsojuma (LC) principu, pielietojot kvantēšanas līmeņu nevienmērīgu sadalījumu un nelielu (7-15) kvantēšanas līmeņu skaitu.

6.2 Saistītie risinājumi

A/C pārveidotājs, kas izmanto LC principu, tiek piedāvāts [1]. Tam piemīt optimāla aparātūras realizācija, kas spēj nodrošināt nepieciešamo pārveidošanas precizitāti, bet tā neparedz iespēju izmantot kvantēšanas līmeņu nevienmērīgu sadalījumu.

Būtisks datu apjoma samazinājums, pielietojot kombinēto nolašu metodi, ar iespēju izmantot kvantēšanas līmeņu nevienmērīgu sadalījumu, ir panākts [3]. Tomēr darbā [3] iespējams pielietot tikai vienkāršotu signāla atjaunošanas metodi, kas atjaunotajam signālam rada ievērojamu vidējo kvadrātisko novirzi no sākotnējā signāla vērtībām.

6.3 Risinājums



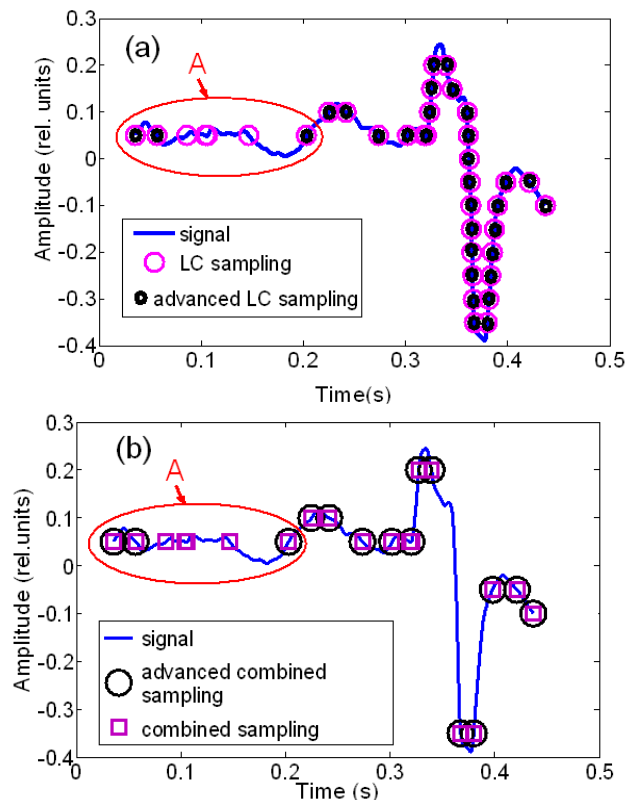
Att. 6.1: LC un kombinētās nolašu metodes vienmērīgam kvantēšanas līmeņa sadalījumam

Iegūstamo biomedicīnisko datu apjoma samazināšana tiek panākta, vienlaikus izmantojot nelielu (7-15) kvantēšanas līmeņu skaitu un pilnveidojot zināmo LC un kombinēto metožu algoritmus. Neliels (7-15) kvantēšanas līmeņu skaits samazina nolasāmo datu apjomu, bet algoritmu pilnveidošana ļauj vēl vairāk samazināt nolasāmo datu apjomu un pilnīgāk izmantot kvantēšanas līmeņu nevienmērīgā sadalījuma priekšrocības.

Tiek piedāvāti darbos [1] un [3] minēto metožu uzlabojumi. Pirmā metode izmanto standarta LC nolašu pieeju, kas apskatīta publikācijā [1]. Otrā metode balstās uz kombinēto nolašu metodi. Abas metodes attēlotas 6.1 zīmējumā, kurā parādītas signālu nolasas, tām šķērsojot uzdotos kvantēšanas līmeņus. Sarkanās krāsas nolasas attiecas uz kombinēto nolašu metodi, bet visu krāsu nolasas pieder LC nolašu metodei.

Mūsu izmantoto pilnveidoto risinājumu detalizētāks attēlojums ir parādīts 6.2 zīmējumā, kur (a) un (b) zīmējumu apvilktajā A apgabālā attēlota pilnveidotās metodes būtība. Ilustrācijai ir izmantots 0,5 s garš elektroencefalogrammas (EEG) fragments. Abas pilnveidotās metodes neveic liekas datu nolasas, ja nolasītā signāla vērtība nemainās, bet vairākkārt

Att. 6.2: Parasto un pilnveidoto nolašu metožu salīdzinājums



atkārtojas. Praktiski to realizē, uzkrājot vairākas secīgas nolases. Tās analizē un anulē tās vērtības, kas atkārtojas. Lai gan piemērā anulējamo nolašu skaits ir neliels, garākiem EEG signāliem tas var būt ievērojams.

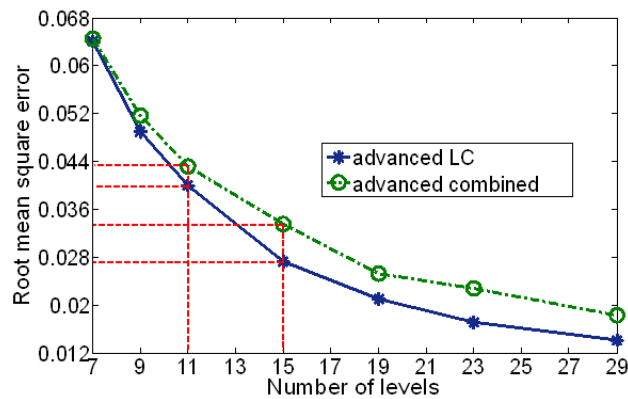
6.4 Modelēšana

Modelēšana tika veikta izmantojot MatLab vidē izstrādātas programmas un datubāzē pieejamos EEG signālus (<https://epilepsy.uni-freiburg.de/freiburg-seizure-prediction-project/eeg-database>). Salīdzināšanai tika izmantoti 10 min gari EEG signālu fragmenti.

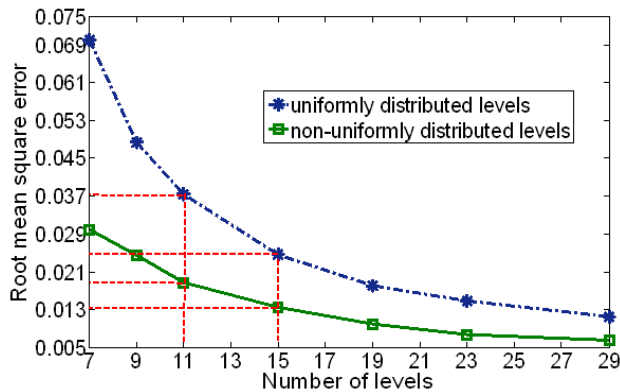
Tika pētīta tādu parametru, kā savstarpējās korelācijas koeficienta, vidējās kvadrātiskās novirzes un datu kompresijas pakāpes atkarība no izmantoto kvantēšanas līmeņu skaita izmaiņām. Pilnīgas ainas iegūšanai kvantēšanas līmeņu skaits tika mainīts robežās no 7 līdz 29 ar soli 2 līmeņi.

Sākotnējā un atjaunotā signāla salīdzināšanai izmantoto parametru, savstarpējās korelācijas koeficienta, vidējās kvadrātiskās novirzes un datu kompresijas pakāpes, izvēli noteica nepieciešamība pilnīgāk izvērtēt atjaunotā signāla atbilstību sākotnējam signālam.

Modelēšana parādīja, kā redzams 6.3 zīmējumā, ka pilnveidotā LC metode



Att. 6.3: Vidējā kvadrātiskā novirze pilnveidoto LC un kombinētās nolašu metožu kvantēšanas līmeņu vienmērīgam sadalījumam

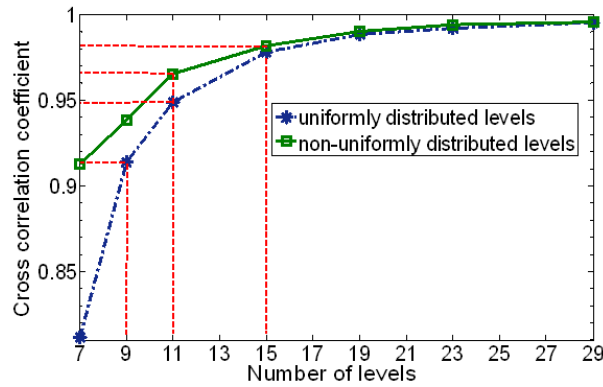


Att. 6.4: Vidējā kvadrātiskā novirze kvantēšanas līmeņu vienmērīgam un nevienmērīgam sadalījumam

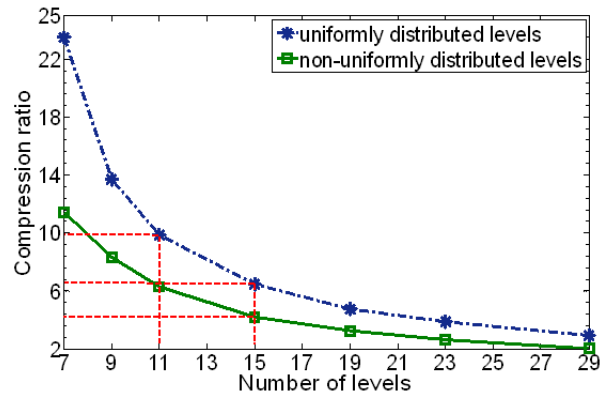
pārspēj pilnveidoto kombinēto metodi neatkarīgi līmeņu skaita. Tāpēc pētījumā galvenā uzmanība tika veltīta pilnveidotās LC metodes analīzei pie kvantēšanas līmeņu vienmērīga un nevienmērīga sadalījuma, novērtējot izmantoto parametru izmaiņu atkarību no kvantēšanas līmeņu skaita, kas attēlota zīmējumos 6.4, 6.5 un 6.6.

6.5 Rezultāti

Interessants ir rezultāts, kas attēlots 6.3 zīmējumā. Tas parāda, ka pilnveidotā LC metode ir pārāka par pilnveidoto kombinēto metodi. Tas ir spēkā ne tikai vidējai kvadrātiskajai novirzei, bet arī savstarpējās korelācijas koeficientam un datu kompresijas pakāpei, kuru vērtības nav šeit attēlotas. Tas šķiet pretrunā ar redzamo 6.2 zīmējumā, kur kombinētai metodei ir daudz mazāks nolasīto datu apjoms. Cēlonis pārākumam ir kombinētās metodes nespēja savākt



Att. 6.5: Savstarpējās korelācijas koeficients kvantēšanas līmeņu vienmērīgam un nevienmērīgam sadalījumam



Att. 6.6: Kompresijas pakāpe kvantēšanas līmeņu vienmērīgam un nevienmērīgam sadalījumam

pietiekoši detalizētas signāla nolases, jo tā nolasa tikai signāla ekstrēmām tuvas vērtības. Tāpēc arī pilnveidotā kombinētā metode nedod nekādu uzlabojumu salīdzinājumā ar uzlaboto LC metodi.

Iegūtie rezultāti, kas parādīti zīmējumos 6.4, 6.5 un 6.6, parāda, ka salīdzinātie rezultāti pie līmeņu skaita 7, 11, 15, to vienmērīgam un nevienmērīgam sadalījumam atšķiras ievērojami. Savstarpējās korelācijas koeficients ir izņēmums, jo jau pie līmeņu skaita 15 korelācijas atkarība no izmantotā līmeņu sadalījuma ir nenozīmīga, kas nav novērojams citiem parametriem.

6.6 Kopsavilkums un secinājumi

Pielietotās pilnveidotās LC metodes nolašu atšķirības kvantēšanas līmeņu vienmērīgam un nevienmērīgam sadalījumiem ir ļoti izteiktas visiem

salīdzināšanā izmantotajiem parametriem, bet it sevišķi vidējai kvadrātiskajai novirzei. Atšķirību var izskaidrot ar to, ka līmeņu nevienmērīgs sadalījums, kas mūsu gadījuma bija logaritmisks, nodrošina pietiekošu izšķiršanas spēju mazām signāla vērtībām, atšķirībā no līmeņu vienmērīgā sadalījuma, kur tas nav iespējams.

Jau tikai 7 nevienmērīgi sadalītu kvantēšanas līmeņu pielietošana ļauj iegūt atjaunotu signālu ar pieņemamu kļūdu un kompresijas pakāpi.

6.7 Nākotnes perspektīvas

Nepieciešams veikt pilnveidotās LC metodes modelēšanu pie dažādiem līmeņu sadalījumiem. Piedāvātās metodes pilnīgai izvērtēšanai ir nepieciešama eksperimentāla pārbaude.

Literatūra

- [1] E.Allier, G.Sicard, L.Fesquet, and M.Renaudin. A new class of asynchronous a/d converters based on time quantization. In *Proceedings of the 9th International Symposium on Asynchronous Circuits and Systems*, pages 196–205, 2003.
- [2] K. Guan, S.S.Kozat, and A.C.Singer. Adaptive reference levels in a level-crossing analog-to-digital converter. In *Eurasip Journal on Advances in Signal Processing*, 2008.
- [3] M.Greitans, R.Shavelis, L.Fesquet, and T.Beyrouthy. Combined peak and level-crossing sampling scheme. In *9th International Conference on Sampling Theory and Applications SampTA 2011*, 2011.
- [4] N.Nagesha and G.H.Kumar. Signal resampling technique combining level crossing and auditory features. In *Proceedings of the 2nd international conference on Pattern recognition and machine intelligence*, pages 447–454, 2007.