



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.11. par periodu no 01.07.2012.g līdz 30.09.2012.g.

<i>Projekta zinātniskais vadītājs:</i>	Leo Seļāvo, Ph.D. datorzinātnēs.
<i>Pētījuma projekta izpildītāju saraksts:</i>	Modris Greitāns, Dr.sc.comp.
	Uldis Grunde, topošais zinātnieks, Mg.Fizikā.
	Atis Elsts, doktorants.
	Rolands Šāvelis, doktorants.
	Oļegs Ņikišins, doktorants.
	Gatis Šūpols, Mg. Elektronikā.
	Kaspars Ozols, doktorants.
	Andris Gordjušins, Mg. Elektronikā.
	Zanda Seržāne, Mg. Elektronikā.
	Ivars Driķis, Dr.phys.
	Rinalds Ruskuls, Mg. Elektronikā.
	Reinholds Zviedris, doktorants.
	Georgijs Kanonirs, Mg. Datorzinātnēs.
	Arturs Seļivanovs, Mg. Elektronikā.

Saturs

Ievads	3
VieSenTIS	3
1 BioSen grupas atskaite	4
1.1 Ievads	4
1.2 Saistītie risinājumi	4
1.3 Risinājums	5
1.4 Eksperimenti un-vai testi	6
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
2.2 Saistītie risinājumi	9
2.3 Risinājums	10
2.3.1 Navigācijas sistēma	10
2.4 Rezultāti un secinājumi	13
2.5 Nākotnes perspektīvas	14
Literatūra	14
3 EdiMote grupas atskaite	15
3.1 Ievads	16
3.2 Risinājums	16
3.3 Komunikāciju modulis	16
3.3.1 Implementācija	17
3.4 Barošanas sprieguma modulis	19
3.4.1 Implementācija	19
3.5 Turpmākie darbi	21
Literatūra	21
4 MansOS grupas atskaite	22
4.1 Ievads	22
4.2 Metodika	22
4.3 SEAL vienkāršības novērtējums	23
4.4 SEAL efektivitātes novērtējums	25
4.5 SEAL lietojamības apgabala novērtējums	26

4.6	Kopsavilkums un nākotnes perspektīvas	26
	Literatūra	27
5	SAntArray grupas atskaite	29
5.1	Ievads	29
5.2	Esošie risinājumi	30
5.3	Cits risinājums	30
5.4	Aprēķinu metodika	31
5.5	Aprēķinu rezultāti	31
5.6	Kopsavilkums un nākotnes perspektīvas	35
	Literatūra	36
6	SenSigA grupas atskaite	38
6.1	Ievads	38
6.2	EEG datu ieguves sistēma	40
6.3	EEG datu ieguve un vizualizācija reālā laikā	41
6.4	Eksperimentālie rezultāti	43
6.5	Kopsavilkums un secinājumi	45
6.6	Nākotnes perspektīvas	45
	Literatūra	45

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 rīkus jaunas aparatūras un programmatūras izstrādei. Bez tam, bezvadu sensoriem rodami pielietojumi arvien jaunas dzīves sfērās, kas prasa gan specifisku signāla apstrādi gan pielietojuma metožu pētniecību.

VieSenTIS 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 grupas ietvaros tika izveidots precīzs sejas detektēšanas algoritms, kas balstās uz LBP un Neironu tīkliem. Tika izveidoti vairāki optimizācijas paņēmieni LBP operatora parametru izvēlei. Algoritma pozitīvais aspekts ir salīdzinoši neliela parametru telpa un vienkāršs neironu tīkls, kas ļauj paātrināt sejas detektēšanas procesu. Tika arī izveidots efektīvs skenējošais logs, kas paredzēts telpiski bagātināto histogrammu aprēķināšanai katrā loga pozīcijā. Sejas detektēšanas algoritms tika notestēts uz **color FERET** [1] datubāzes.

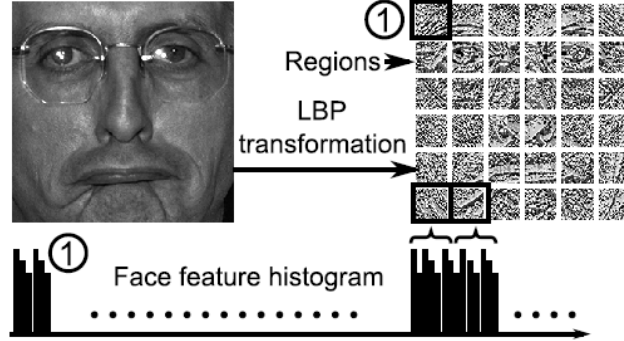
1.1 Ievads

Precīza sejas detektēšana ir ļoti svarīgs uzdevums daudzās jomās, piemēram, sejas atpazīšanā. Sejas atpazīšanas algoritma precizitāte bieži vien ir atkarīga no sejas detektēšanas stadijas [5]. Piedāvātais algoritms balstās uz tekstūras operatora (Local Binary Patterns - LBP) kombinācijām ar Neironu tīkliem. LBP histogrammas salīdzinoši maz ietekmē cilvēka ādas krāsa un apgaismojuma apstākļi [6], kas mazina šo negatīvo faktoru ietekmi uz sejas detektēšanas algoritma precizitāti.

Galvenās algoritma priekšrocības ir efektīva klasifikatora izvēle un salīdzinoši neliela LBP parametru telpa. LBP histogrammu garums, kas tika izmantots sejas un ne-sejas objektu aprakstīšanai, ir neatkarīgs no ieejas attēla izšķirtspējas, kas padara šo algoritmu par efektīvu sejas detektoru augstas izšķirtspējas attēlos.

1.2 Saistītie risinājumi

Ideja izmantot LBP operatoru objektu detektēšanai attēlos nav jauna. Pirmais sejas detektēšanas algoritms, kas balstījās uz LBP uz SVM tika izveidots 2004. gadā [2]. Vēlāk pētnieki šo ideju attīstīja arī citu objektu detektēšanai, aizvietojošot SVM klasifikatoru ar ātrākiem klasifikācijas paņēmieniem. Tomēr piedāvātajiem algoritmiem ir viens liels trūkums: dažāda izmēra objektu



Att. 1.1: LBP sejas histogrammas aprēķināšanas princips, reģionu skaits ir 6×6 .

detektēšanai tiek veikta ieejas attēla samazināšana, kas rezultātā noved pie informācijas zudumiem un pasliktina detektora precizitāti.

1.3 Risinājums

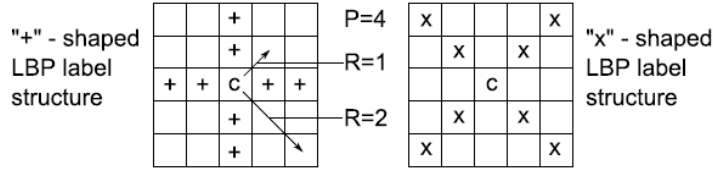
Piedāvātais sejas detektēšanas algoritms balstās uz skenējošā loga principiem. Pirmā algoritma stadija ir ieejas attēla LBP transformācija. Tālāk LBP attēls tiek skenēts ar logu, kur katrā loga pozīcijā tiek rēķināta telpiski bagātināta LBP histogramma. LBP histogramma tālāk tiek klasificēta ar iepriekš apmācīto Neironu Tīklu lai noteiktu histogrammas klasi: sejas vai ne-sejas. Detektora izejā tiek noteikta loga pozīcija kurā ar vislielāko varbūtību varētu atrasties seja. Šajā algoritma realizācijā seju skaits attēlā ir viens, bet algoritmu var salīdzinoši vienkārši paplašināt ar mērķi detektēt vairākas sejas ieejas attēlos. Galvenās problēmas kuras vajag atrisināt ir LBP parametru telpas samazināšana un efektīva klasifikatora izveide, jo šie aspekti ietekmē algoritma ātrdarbību.

Telpiski bagātinātas LBP histogrammas efektīvi reprezentē gan lokālās gan globālās objekta īpašības. Intuitīvais LBP histogrammu aprēķināšanas princips parādīts 1.1 attēlā, kur reģionu skaits sejas attēlā ir vienāds $K = 6 \cdot 6 = 36$. LBP transformāciju parasti raksturo ar diviem parametriem P - pikseļu skaits kas tika izmantotas LBP transformācijas aprēķināšanai un R - rādiuss, uz kura šie pikseļi atrodas. Biežāk pētnieki sejas detektēšanas uzdevumā izmanto $P = 8$ [3, 2, 6, 5]. Telpiski bagātinātas LBP histogrammas garums ir vienāds $N = 2^P \cdot K^2$, tātad pielietojot klasisko P vērtību, LBP parametru vektora garums ir $N = 256 \cdot K^2$. Pirmais optimizācijas solis, kas tiek paveikts ir P samazināšana līdz $P = 4$, kas ļauj ievērojami samazināt parametrisko telpu: $N = 16 \cdot K^2$. P nav vienīgais LBP transformācijas parametrs, ir nepieciešams izvēlēties arī LBP struktūru (tika apskatītas divas struktūras: "x"-formas un "+"-formas) un rādiusa R vērtību, Attēls 1.2.

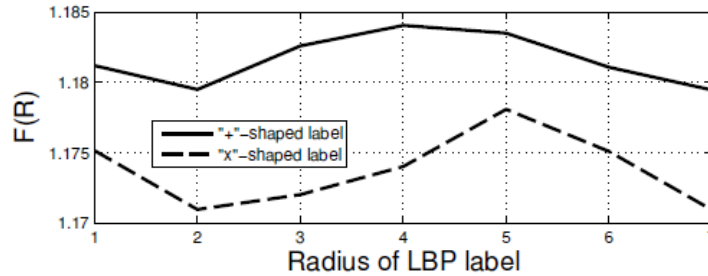
R vērtība un LBP struktūra tiek izvēlēta balstoties uz sekojošā vienādojuma:

$$F(R) = \frac{(m-1)/m \sum_i \sum_j d(H_i^f, H_j^{nf})}{\sum_i \sum_j d(H_i^f, H_j^f) + \sum_i \sum_j d(H_i^{nf}, H_j^{nf})} \quad (1.1)$$

kur apzīmējums $d(H_i^f, H_j^{nf})$ reprezentē Eiklīda attālumu starp sejas



Att. 1.2: "+"-formas un "x"-formas LBP operatora struktūras.



Att. 1.3: Līknes LBP operatora struktūras un rādiusa R izvēlei.

histogrammu H_i^f un ne-sejas histogrammu H_j^{nf} un m ir sejas/ne-sejas apmācības piemēru daudzums. Šī vienādojuma intuitīvā ideja ir izvēlēties tādus LBP operatora parametrus, kas ļauj maksimizēt attiecību starp vidējiem "inter-class" and "intra-class" Eiklīda attālumiem.

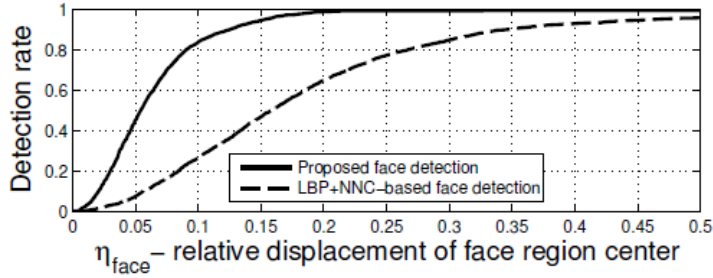
Kad LBP operatora parametri ir noskaidroti ir nepieciešams izvēlēties optimālo K vērtību. Šī stadija tiek izpildīta kopā ar klasifikatora analīzi, jo šie aspekti ir cieši saistīti. Maza K vērtība un vienkāršs Neironu tīkls izraisīs "High Bias" problēmu, bet pretējs apgalvojums var izraisīt "High Variance", kā arī samazināt algoritma ātrdarbību. Mērķis ir atrast kompromisu starp šiem parametriem. Klasifikators mūsu gadījumā ir Neironu Tīkls ar vienu slēpto slāni.

1.4 Eksperimenti un-vai testi

Algoritmi tika testēti uz color FERET datubāzes. Modificētie attēli no šīs datubāzes tika izmantoti Neironu Tīkla apmācībai un optimizācijai.

Pirmais aspekts, kas tika izanalizēts ir LBP operatora parametri balstoties uz vienādojuma 1.1. Šim nolūkam tika izvēlēti sejas attēli no color FERET datubāzes kā arī reģioni, kas nesatur sejas no šīs pašas datubāzes. Rezultējošās līknes parādītas 1.3 attēlā. Funkcijām 1.3 attēlā ir izteikts maksimums pie $R = 4$ un "+" - formas struktūras. Šīs vērtības ir izvēlētas par LBP operatora parametriem.

Pēc Neironu tīkla analīzes tika noteikts arī K parametrs, kuram minimālā vērtība ir $K = 3$. Rezultējošās parametriskās telpas izmērs ir $N = 144$. LBP histogrammas ar garumu N kombinācijā ar Neironu tīklu, kas sastāv no pieciem



Att. 1.4: Līknes LBP operatora struktūras un rādiusa R izvēlei.

neironiem slēptajā slānī, nodrošina salīdzinoši augstu detektēšanas precizitāti.

1.5 Rezultāti

Lai noteiktu sejas detektēšanas algoritma precizitāti tika izveidots sekojošs kritērijs:

$$\eta_{face} = \delta_{face} / (2d_{eye}),$$

kur η_{face} ir relatīva sejas reģiona nobīde, δ_{face} ir absolūta sejas reģiona nobīde un d_{eye} ir attālums starp acīm.

Algoritms tika notestēts uz color FERET datubāzes un η_{face} vērtības tika reprezentētas ECDF (Empirical Cumulative Distribution Function) formātā, attēls 1.4.

Kritiskā η_{face} vērtība ir 0.25, jo šī ir minimālā prasība, lai acu reģioni atrastos sejas attēlā. Pie $\eta_{face} = 0.25$ detektēšanas precizitāte ir 99.1%.

1.6 Kopsavilkums un secinājumi

Piedāvātais sejas detektēšanas algoritms balstās uz LBP un ANN kombinācijas, kas ļauj sejas detektēšanai izmantot parametrisko telpu ar salīdzinoši mazu izmēru $N = 144$ un nelielu Neironu Tīklu, kurā ir tikai 5 neironi slēptajā slānī. Detektēšanas precizitāte pie šiem parametriem testējot uz color FERET datubāzes ir 99.1%, kas ir ievērojami labāk nekā LBP un NNC kombinācija [5]. Vairāk detaļu par algoritmu ir iespējam izlasīt sekojošā publikācijā [4].

1.7 Nākotnes perspektīvas

Viens no būtiskākajiem algoritma trūkumiem ir tā nepietiekoši lielā ātrdarbība. Lielāko laiku patērē telpiski bagātināto LBP histogrammu aprēķināšana katrā skenējošā loga pozīcijā. Šo soli ir iespējams optimizēt un paātrināt, kas tiek plānots nākotnē. Tiek arī plānots apdomāt algoritma paralēlo izpildi ar mērķi to pārnest uz daudzkodolu sistēmas.

Literatūra

- [1] <http://face.nist.gov/colorferet/>.
- [2] A. Hadid, M. Pietikäinen, and T. Ahonen. A discriminative feature space for detecting and recognizing faces. In *CVPR (2)*, pages 797–804, 2004.
- [3] I. Kim, J. H. Shim, and J. Yang. Face detection. Technical report, Stanford University, 2003. EE368 Final Project Report.
- [4] O. Nikisins and M. Greitans. Local binary patterns and neural network based technique for robust face detection and localization. *Proceedings of the Special Interest Group on Biometrics and Electronic Signatures (BIOSIG 2012)*, pages 100–111, September 2012.
- [5] O. Nikisins and M. Greitans. Reduced complexity automatic face recognition algorithm based on local binary patterns. *Proceedings of 19th International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP 2012)*, pages 447–450, 2012.
- [6] Y. Rodriguez. *Face Detection and Verification using Local Binary Patterns*. PhD thesis, Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, 2006.

Nodaļa 2

CarMote grupas atskaite

Anotācija

Līdz ar dažādu transporta veidu attīstību, aizvien lielāka nozīme ir viedajām transporta sistēmām, kuras tiek veidotas, izmantojot aparātūras un programmatūras risinājumus. Šie risinājumi ietver gan transporta plūsmu un apkārtējo vidi raksturojošu datu iegūvi, gan arī to apstrādi un koplietošanu. CarMote grupa nodarbojas ar 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 navigācijas sistēmas izstrādi.

2.1 Ievads

CarMote grupas mērķis ir kooperatīva transportlīdzekļa izstrāde, kas spēj efektīvi plānot kustību un pārvietoties līdzīga veida transportlīdzekļu plūsmā. Šī mērķa sasniegšanai tika noteikti vairāki uzdevumi elektronikas, programinženierijas, digitālās signālu apstrādes, bezvadu komunikācijas u.c. jomās. Par kooperatīva transportlīdzekļa izstrādes prasību pamatu tika paņemti GCDC noteikumi [1], kas deva vairākas priekšrocības:

- ekonomēja laiku prasību uzstādīšanai;
- tika izmantots lokāls standarts, kuru izstrādāja un novērtēja profesionālu zinātnieku/izstrādātāju grupa;
- varēja veikt sekmīgu izstrādāta risinājuma testēšanu, salīdzinot to ar citu komandu risinājumiem no dažādiem pasaules institūcijām un valstīm;

2.2 Saistītie risinājumi

Kooperatīvo transportlīdzekļu un autonomo transportlīdzekļu izstrāde ir ļoti populārā tēma pasaules zinātnē [2]. Katru gadu parādās ar vien vairāk transportlīdzekļu, līdz ar to efektīva transportlīdzekļu plūsmas plānošana un drošības paaugstināšana ir aizvien svarīgāka. Tēmas attīstību atbalsta dažādu sacensību rīkošana [3, 4].

2.3 Risinājums

2.3.1 Navigācijas sistēma

INS sensoru kalibrēšana

Navigācijas sistēmas rezultāts ir atkarīgs no tās apakšsistēmu panākumiem, tāpēc rezultāta precizitātes paaugstināšanai ir nepieciešama rūpīga sensoru kalibrēšana. Mūsu gadījumā tiek veikta INS moduļa sensoru kalibrēšana:

- **Akselerometra kalibrēšana**

Lai veiksmīgi veikt akselerometra kalibrēšanu ir nepieciešams, lai INS modulis būtu miera stāvoklī un akselerometra z-ass vektors būtu kolineārs ar gravitācijas virziena vektoru. Šajā gadījumā ir noteikti zināms, kā x-ass un y-ass paātrinājums ir $\approx 0g$ un z-ass paātrinājums ir $\approx -g$, kur $g \approx 9.8$ m/s ir gravitācijas paātrinājums. Ņemot vērā šo faktu, tiek noteiktas x, y un z ass vērtību nobīdes. Turpmāk tās nobīdes tiek ņemtas vērā, kas dod iespēju ievērojami samazināt ātruma, pozīcijas un orientācijas prognozes kļūdu.

- **Žiroskopa kalibrēšana**

Lai veiksmīgi veikt žiroskopa kalibrēšanu ir nepieciešams, lai INS modulis būtu miera stāvoklī. Žiroskopa datu nobīdes tiek noteiktas uzņemot vairākus žiroskopa datu paraugus (piem., 100 paraugus) un aprēķinot paraugu vidējās vērtības. Turpmāk tās nobīdes tiek ņemtas vērā, kas dod iespēju ievērojami samazināt žiroskopa vērtību novirzes ietekmi.

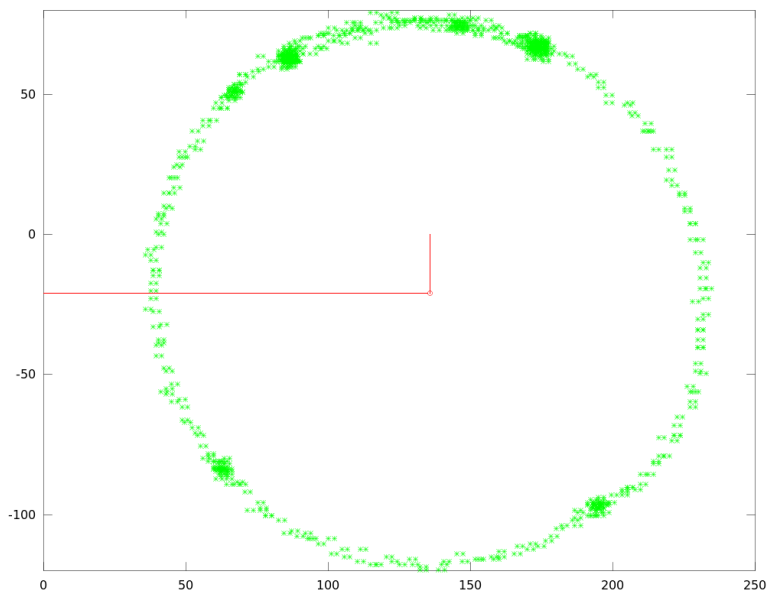
- **Magnetometra kalibrēšana**

Magnetometra kalibrēšana notiek kustībā un tā ir paredzēta "hard-iron" efekta ietekmes samazināšanai. Ideālā gadījumā magnetometra x un y ass paraugi veido plaknē riņķa līniju ar centru (0,0), bet "hard-iron" efekta ietekmes gadījumā riņķa līnijas centrs ir nobīdīts (sk. att. 2.1). Magnetometra kalibrēšanas laikā tiek noteikta riņķa līnijas centra nobīde pēc vairākiem uzņemtiem magnetometra datu paraugiem. Turpmāk tās nobīdes tiek ņemtas vērā, kas dod iespēju ievērojami uzlabot kursa noteikšanas precizitāti.

Magnetometra kalibrēšana

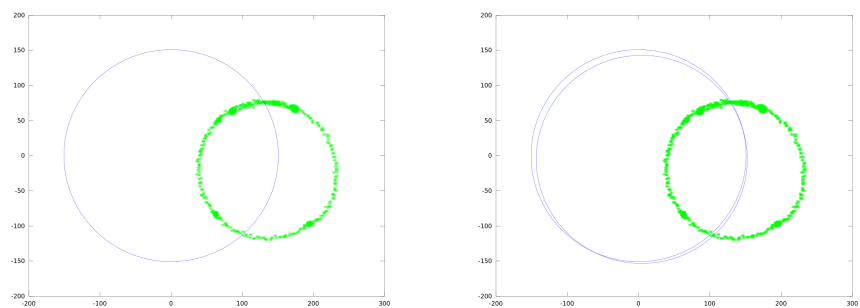
Magnetometrs mēra magnetiskā lauka stiprumu, tāpēc to var izmantot kā digitālo kompasu. Tomēr eksistē Zemes magnetiskā lauka izkropļojumi, ko rada ārējas magnetiskas ietekmes avoti (tiek klasificēti kā "hard-iron" un "soft-iron" efekta avoti). Mūsu gadījumā "hard-iron" efektam ir vislielāka ietekme, tāpēc apskatīsim tas ietekmes novēršanas procedūru.

Ņemot vērā, ka ideālā gadījumā magnetometra x un y ass paraugi veido plaknē riņķa līniju ar centru (0,0), bet "hard-iron" efekta ietekmes gadījumā riņķa līnijas centrs ir nobīdīts, tad magnetometra kalibrēšanas uzdevums reducējas uz riņķa līnijas centra koordinātu un radiusa noteikšanu. Tikai šī gadījumā ir nepieciešams minimizēt vidējo attālumu starp dotiem punktiem (magnetometra paraugi) un riņķa līnijas centru.

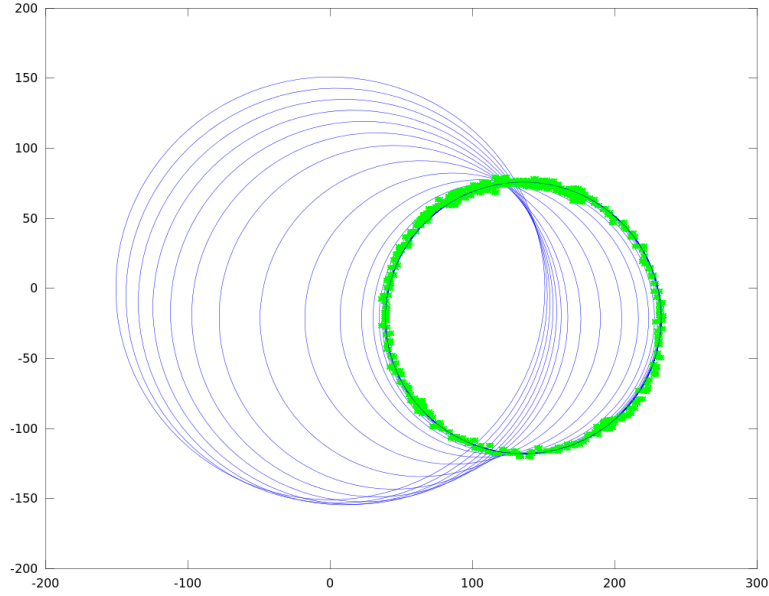


Att. 2.1: Magnetometra x un y ass paraugi, "hard-iron" efekta ietekme

Riņķa līnijas centra koordinātu un radiusa noteikšanai tiek izmantota "Gradient descent" metode. Kā ir zināms, "Gradient descent" ir iteratīva metode, kas meklē lokālo optimumu, izmantojot kļūdas kritēriju jeb izmaksas funkciju. Šī gadījuma izmaksas funkcija J tiek definēta sekojoši:



Att. 2.2: Magnetometra kalibrēšana: pirmais solis (pa kreisi), otrais solis (pa labi)



Att. 2.3: Magnetometra kalibrēšana: pēdējais solis

$$J = \sum_{i=1}^n (d_i - r)^2, \text{ kur}$$

$$d_i = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2}$$

- Eiklīda attālums starp punktiem $P_i(x_i, y_i)$ un riņķa līnijas centru $C(x, y)$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$$

- riņķa līnijas radiuss

Savukārt izmaksas funkcijas gradients ir definēts sekojoši:

$$\begin{cases} \frac{\partial J}{\partial x} = 2 \sum_{i=0}^n \frac{(x-x_i)(d_i-r)}{d_i} \\ \frac{\partial J}{\partial y} = 2 \sum_{i=0}^n \frac{(y-y_i)(d_i-r)}{d_i} \end{cases}$$

Metode sper soli uz priekšu (sk. att. 2.2 kreisajā pusē), pēc tam vēl vienu soli (sk. att. 2.2 labajā pusē) un tā turpinā kamēr izmaksas funkcijas dilšanas solis $> \epsilon$. Beigās tiek noteiktas optimālās riņķa līnijas centra koordinātes un radiuss (sk. att. 2.3).

Secinājumi:

- Rupīga INS sensoru kalibrēšana dod iespēju ievērojami samazināt pozīcijas, ātruma un orientācijas noteikšanas kļūdas;
- Magnetometra kalibrēšana ar Gradient Descent metodi ir ērta lietošanā, kā arī nedārga un efektīva skaitļošanas ziņā;
- Navigācijas sistēma, kas vienlaikus apstrādā signālus no vairākām sistēmām, gūs labāku apkalpošanas laiku un varēs precīzāk noteikt pētāmā objekta koordinātes uzlabojot integrētas navigācijas sistēmas darbības parametrus.

2.5 Nākotnes perspektīvas

Nākotnē tiek plānota navigācijas sistēmas programmatūras pilnveidošana un attīstīšana, kas dotu iespēju iegūt gatavu navigācijas risinājumu uz Sparkfun IMU moduļa un LEA-6H GPS/GLONASS uztvērēja bāzes.

Literatūra

- [1] GCDRC organization. *GCDRC 2011 Rules & Technology Document Final version*, April 2011.
- [2] The New York Times: Google Car. <http://www.nytimes.com/2010/10/10/science/10google.html>.
- [3] DARPA Grand Challenge. <http://www.darpa-grandchallenge.com/>.
- [4] Grand Cooperative Driving Challenge. <http://www.gcdc.net/>.
- [5] OXTS Application Note: What does GLONASS add? http://www.oxts.com/downloads/GLONASS_Add.pdf.

Nodaļa 3

EdiMote grupas atskaite

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 [1] [2] [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 [4] 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 [5], nepieciešamas specifiskas ierīces procesoru programmēšanai un dažādi mērinstrumenti signālu novērošanai un atklūdošanai. EdiMote [4] ir universāls iegulto sistēmu izstrādes rīks, kas paredzēts visu iepriekšminēto uzdevumu atvieglošanai.

Iepriekšējā laika posmā tika izstrādāts jaunas arhitektūras koncepts. Tās pamatā ir dažāda veida moduļi - perifērijas, testa, kuri savā starpā ir savienojami ar konektoru palīdzību. Tāda arhitektūra ir mērogojama.

3.2 Risinājums

Risinājums balstās uz dažāda veida moduļiem, kurus var saspraust savā starpā, dažādās kombinācijās. Lai šāda pieeja būtu realizējama, ir nepieciešami vismaz divi moduļu veidi - perifēriālie un testējamie moduļi. Perifēriālie moduļi kalpo prototipējamās iekārtas infrastruktūras veidošanai, piemēram, testējamās iekārtas enerģijas patēriņa noteikšanai, signālu atklūdošanai utt. Šajā pieejā atšķirībā no citām pieejām, piemēram, izmantojot izstrādes rīkus, infrastruktūras konfigurācijas sarežģītību lietotājs pats var brīvi definēt. Šāda arhitektūra ir mērogojama. Prototipējamās iekārtas sarežģītība ir aktarīga no izmantoto moduļu daudzuma.

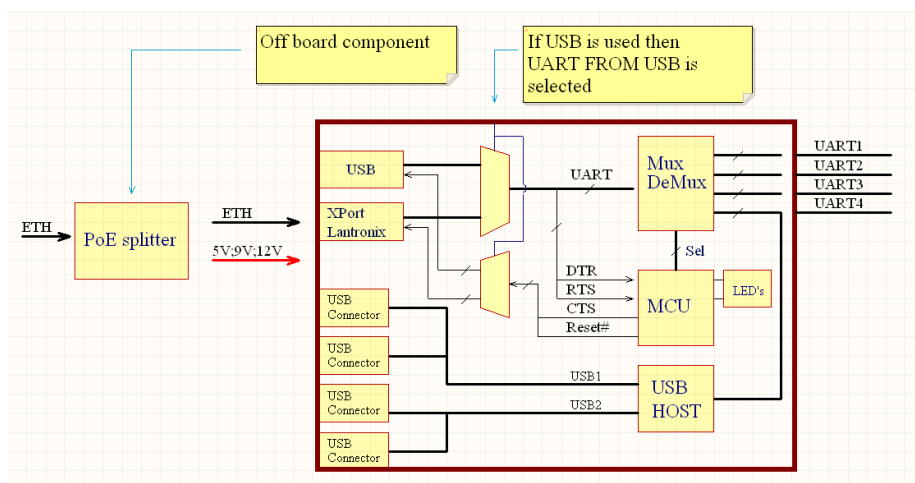
3.3 Komunikāciju modulis

Komunikācijas modulis nodrošina saskarni starp datoru un EdiMoti. Ir paredzēts, ka tas nodrošinās arī pārējo perifēriju moduļu kontroli. Tas tiek panākts izmantojot identisku saskarni, kas ir implementēta katram moduļim. Tādā veidā ir iespējams gan konfigurēt, gan sazināties ar perifērijas moduļiem. Ir iespējami vairāki realizācijas varianti izmantojot vienu saskarni. Viens no variantiem ir izvēlēties tādu saskarni, kas atbalsta vairāku ierīču pieslēgšanu, piemēram, I2C saskarne. Ir jāizmanto UART tāpēc ka tas izmantots MCU pārprogrammēšanai, motēm, to var izmantot arī datu pārsūtīšanai.

Komunikāciju moduļa funkcionalitāte

- pārprogrammēt pieslēgto moti (pagaidām atbalsta iekārtas, kurām ir FT232 IC [6])
- pārprogrammēt mikrokontrolierus, izstrādes moduļus
- nosūtīt/saņemt datus, piemēram, enerģijas patēriņa dati
- nodrošināt USB un Ethernet saskarni

Veidojamā moduļa abstraktā blokshēma ir attēlota xx attēlā.

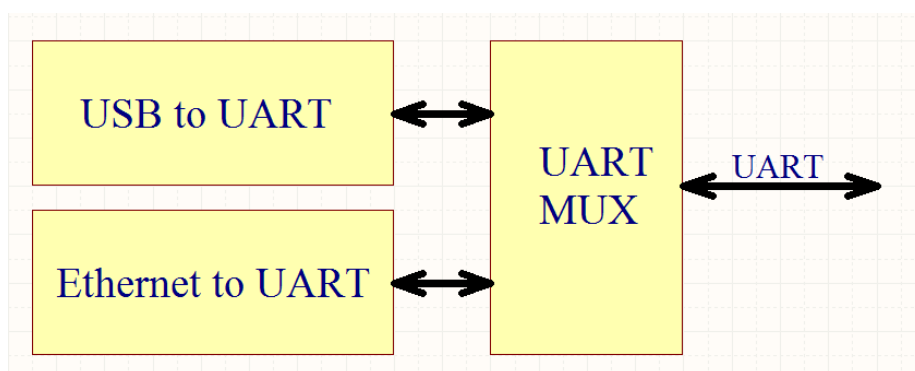


Att. 3.1: Komunikāciju moduļa blokshēma

3.3.1 Implementācija

UART kopnes multipleksēšana

Lai lokāli atklūdotu testējamo iekārtu, to ir ērti pieslēgt pie USB saskarnes. Ja testējamo iekārtu skaits palielinās (pieaug līdz 10 un vairāk), ir ērtāk pieslēgt pie Ethernet saskarnes un piekļūt pie katras iekārtas attālināti (pēc IP adreses). Abas ieejas kopnes (USB, Ethernet) jāpārveido uz UART saskarni. Šāda izvēle tika izdarīta, jo vairāki funkcionālie mezgli izmanto UART saskarni.



Att. 3.2: UART 2:1 multipleksors

USB to UART pārveidošanai tiek lietota FT232 IC [6], kas pārveido USB uz virknes saskarni (UART).

Ethernet to UART pārveidošanai tiek izmantots Lantronix XPORT, kas pārveido Ethernet saskarni uz virknes saskarni (UART).

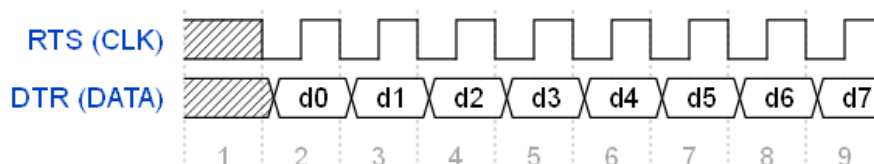
Multipleksora vadīšanai tiek izmantots Sel signāls, kas tiek vadīts no FT232 IC [6]. Ja USB saskarne ir aktīva, tad multipleksors padod UART'u, kas nāk no USB moduļa, pretējā gadījumā tiek izvēlēts UART's no Ethernet moduļa.

Šī daļa ir uzprojektēta tā, ka gadījumā, ja USB netiks izmantots, tad var nelodēt gan USB, gan multipleksora daļu. Jāielodē nulles pretestības rezistori, kas savieno Ethernet UART'a signālus ar izejošiem UART signāliem.

UART kopnes dalīšana vairākās

Ir vairāki funkcionālie mezgli, kas izmanto UART saskarni, tāpēc ir jāveic UART'a kopnes demultipleksēšana, tas ir, viena UART kopne jāsadala vairākās.

Konkrētās UART saskarnes izvēlei ir jānosūta komanda (CMD). Pārslēgšana no viena klienta uz otru jāveic tā, lai netiktu pazaudēti dati kā arī, lai netiktu nosūtīti liekie dati klientam. Komanda tiek nosūtīta izmantojot DTR, RTS signālus. Ja ir atslēgts **Hardware Flow Control**, tad šie signāli tiek lietoti kā GPO (General Purpose Output).



Att. 3.3: RTS, DTR signālu laika diagrammas

Šie signāli tiek padoti uz MCU, kas veic sekojošas darbības:

- pienākot jaunam bitam, tas tiek ierakstīts bīdes reģistrā;
- bīdes reģistra saturs tiek salīdzināts ar iepriekš definētiem masīviem. Ja viens no masīviem sakrīt ar reģistra saturu, tad tiek izvēlēts atbilstošais kanāls;
- bīdes reģistra saturs tiek nonulllēts, ja ir saņemta pareiza komanda, pretējā gadījumā tiek gaidīti jauni dati;
- gaida jaunus datus.

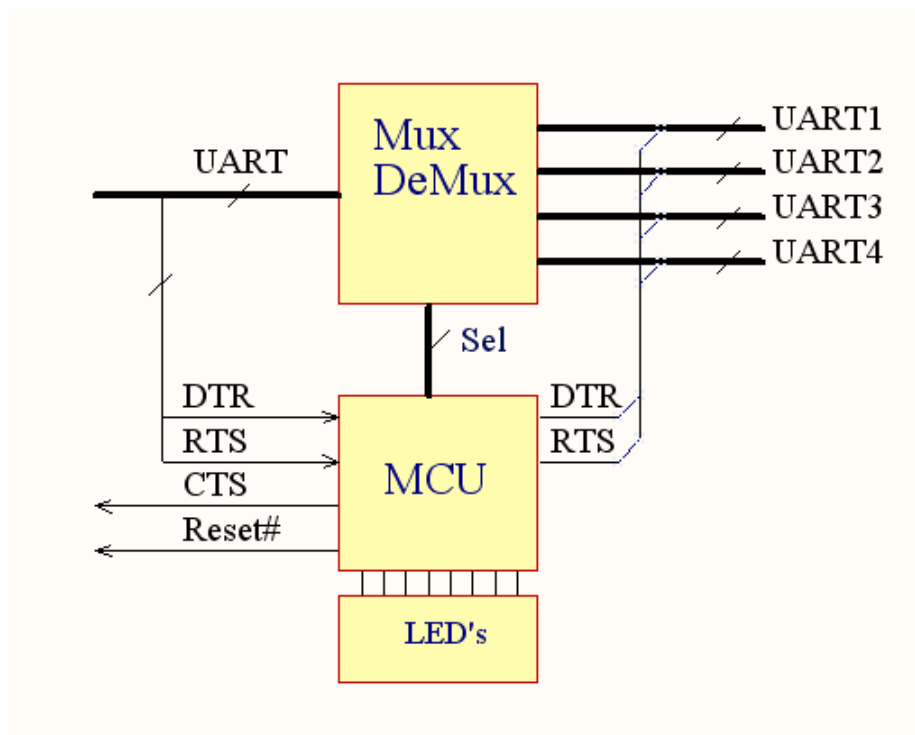
Blokshēmu līmenī demultipleksēšanu nodrošina sekojoša shēma:

DTR, RTS signāli tiek buferēti un atkal apvienoti ar pārējiem UART signāliem pēc to demultipleksēšanas.

CTS signāls tiek izmantots kā ACK, ja MCU ir saņēmis pareizu komandu, tad izmantojot CTS signālu nosūta apstiprinājumu uz PC.

USB Host

Komutācijas moduļa shēmas daļa, kas nodrošina testējamo iekārtu, piemēram, motes, ieprogrammēšanu caur USB saskarni. Šim nolūkam tiek izmantota Vinculum II integrālā mikroshēma, kas nodrošina testējamo iekārtu pārprogrammēšanu caur USB saskarni.



Att. 3.4: UART kopnes demultipleksēšana

3.4 Barošanas sprieguma modulis

Barošanas moduļa galvenā funkcionalitāte ir darbs ar barošanas spriegumu kontroli un tā novērtēšanu. Piemēram, mainīt testējamai iekārtai barošanas sprieguma līmeni vai arī nomērīt, cik patērē enerģijas testējamais modulis.

Barošanas moduļa funkcionalitāte

- jānodrošina barošanas spriegums perifērijas un testa iekārtām
- testa iekārtām papildus jānodrošina maināms barošanas spriegums
- jāspēj nomērīt enerģijas patēriņš
- jānodrošina, lai šo moduli būtu iespējams konfigurēt caur UART kopni

3.4.1 Implementācija

Barošanas sprieguma kontroles modulis sastāv no vairākām daļām:

- barošanas sprieguma pārveidotājs (no 5V līdz 12V pārveidot uz 3V3)
- maināma izejas barošanas sprieguma (no 1V25 līdz 5V) pārveidotājs
- patērētās enerģijas mērītājs
- datu saglabāšanas daļa, piemēram, flash atmiņa vai SD karte
- kontroles daļa, kas konfigurē, kontrolē iepriekš minētās shēmu daļas

Barošanas sprieguma pārveidotājs (no 5V līdz 12V pārveidot uz 3V3)

Šim nolūkam tiek izmantots LM1117MP-3.3 LDO. Tas nodrošina 800mA lielu izejas strāvu. Ir iespējams ielodēt arī mikroshēmu, kas nodrošina lielāku izejas strāvu, līdz pat 1.5A.

Maināms izejas barošanas sprieguma (no 1V25 līdz 5V) pārveidotājs

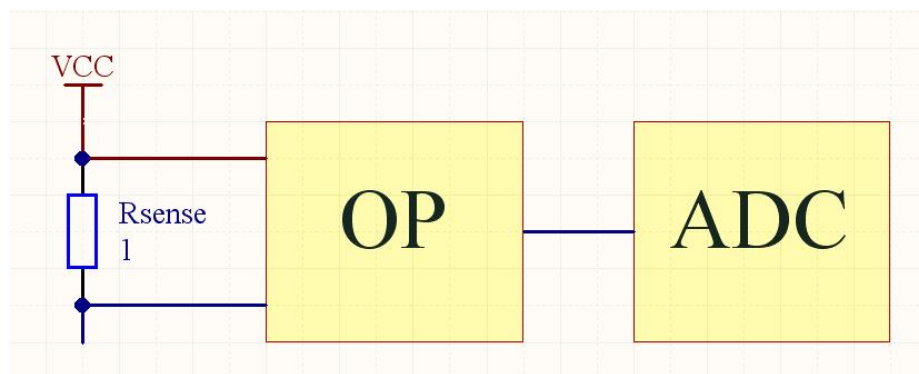
Ir speciālas mikroshēmas, kas nodrošina maināmu izejas spriegumu, kas tiek noteikts pēc Vadj sprieguma lieluma. To var iestādīt gan ar fiksēto sprieguma dalītāju vai arī ar potenciometru. Mūsu gadījumā spriegumu ir jākontrolē programmistiski, tas ir, izejas spriegumu var mainīt nosūtot no datora attiecīgu komandu. Šim uzdevumam ir vairākas realizācijas:

- izmantot iebūvētu vai ārēju DAC - pārveido ciparu signālu analogā.
- izmantot ciparu potenciometru
- izmantot rezistoru matricu

Tika izvēlēts ciparu potenciometrs, jo tas ir lētākais un vienkāršākais variants no esošajiem. Ja izmanto MCU iebūvētu DAC, tas uzreiz sadārdzina MCU izmaksas. Ja salīdzina ar ārēju DAC, tad tam ir sarežģītāka kontrole nekā ciparu potenciometram. Lai šī pieeja strādātu, tad izejas sprieguma signāls ir jābuferē, tas ir, jāieliek operacionālais pastiprinātājs. Zinot, ka operacionālie pastiprinātāji (OP) nespēj nodrošināt izejā spriegumu, kas ir tuvu pie barošanas spriegumiem ($-V_{cc}$ un $+V_{cc}$), tāpēc mēs nedrīkstam izmantot vienpolāru barošanu, jo tādā gadījumā tiks iegūti neadekvāti izejas dati. Lai to risinātu ir jāizmanto **Rail to Rail input output OP**, kas spēj nodrošināt izejā spriegumu, kas ir tuvs pie barošanas spriegumiem.

Enerģijas mērītājs

Patērētās enerģijas vērtības noteikšanai tiek izmantots **R_{sense}** rezistors, uz kura tiek mērīts sprieguma kritums, iegūtā vērtība tiek pastiprināta un saciparota ar ADC.



Att. 3.5: Enerģijas mērīšanas blokhēma

Tāpat arī šajā gadījumā mēs nedrīkstam izmantot parastos OP vienpolāras barošanas gadījumā. Šos OP aizstājam ar instrumentāliem OP, izvēloties šos

OP ir svarīgs **Vcm** parametrs, kas noska maksimālo sprieguma vērtību, kas var tikt padota uz abām instrumentālā OP ieejām.

Barošanas moduļa kontrole

Lai veiktu iepriekšminēto daļu kontroli ir jābūt kontroles mezglam, šajā gadījumā tas ir MCU, kas šīs operācijas veic. Galvenie kritēriji MCU izvēlē ir:

- iebūvēto USART kontrolieru skaits
- iekšējā RAM un Flash atmiņa
- izvadu skaits

3.5 Turpmākie darbi

Turpmākie darbi saistās ar pārējo perifēriju moduļu izstrādes pabeigšanu. Pirmajā iterācijā tiks pabeigtas shēmas daļas, kas atbild par nepieciešamo funkcionalitāti. Nākamā iterācija būs vienotas saskarnes izveidošana, kas nepieciešama, lai varētu saslēgt kopā moduļus. Ja būs nepieciešams shēmas tiks papildinātas ar komponentiem, kas nodrošinās vienotu saskarni starp moduļiem.

Literatūra

- [1] Joseph Polastre, Robert Szewczyk, and David Culler. 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.
- [2] Prabal Dutta and David 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.
- [3] Micaz. <http://www.cmt-gmbh.de/MICAz.pdf>.
- [4] R. Ruskuls and Selavo 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.
- [5] Spiestās elektriskās plates. http://en.wikipedia.org/wiki/Printed_circuit_board.
- [6] Ft232rl. http://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/ICs/DS_FT232R.pdf.

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 likne vai slikta pārnesamība. MansOS izvairās no šīm problēmām, sekojot savas arhitektūras vadlīnijām – strādāt mērķauditorijai ar UNIX un C programmēšanas pieredzi, būt lietotājdraudzīgiem, un piedāvāt vieglu pārnesamību uz jaunām aparatūras platformām.

Lai padarītu mūsu programmatūru pieejamu vēl plašākam lietotāju lokam, tiek izstrādāta domēnspecifiskā valoda SEAL [6]. Tika veikts tās novērtējums un salīdzinājums ar alternatīvajiem piegājieniem.

4.1 Ievads

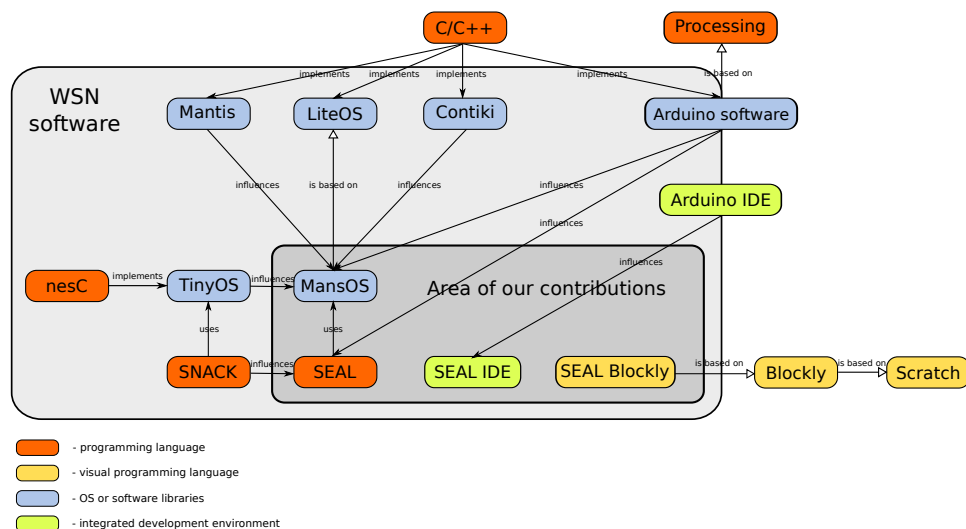
Valoda SEAL ir deklaratīva domēnspecifiska valoda, kura izveidota, lai padarītu lietojumprogrammu prototipēšanu vienkāršāku – tai skaitā iespējamu tiem, kuri nav profesionāli programmētāji, tomēr būdami potenciāli sensoru tīklu lietotāji. Tādi ir, piemēram, dabaszinātnieki, inženieri, kā arī gluži vienkārši cilvēki, kuri darbošanos ap iegultajām sistēmām uzskata par savu hobiju.

SEAL ir izveidota (Att. 4.1) ietekmējoties no tādām valodām kā SNACK [7], kā arī no Arduino bibliotēkas un programmēšanas vide.

4.2 Metodika

Lai novērtētu SEAL, vairākas lietojumprogrammu implementācijas tika salīdzinātas ar implementāciju MansOS C kodā, kā arī (kur bija iespējams) ar TinyOS [8] lietojumprogrammām nesC valodā.

- Empty – minimālā programma, kuru iespējams bez kļūdām nokompilēt;
- Sense & print – nolasīt gaismas, mitruma un temperatūras sensorus un aizsūtīt datus uz seriālo portu;



Att. 4.1: Valodas SEAL saistītais darbs un konteksts

- Sense & store & send – nolasīt gaismas, mitruma un temperatūras sensorus, aizsūtīt datus uz radio, un ierakstīt tos SD kartē;
- SAD – pilnā SAD programma lietojumam LVAI [1] augļu dārzā Dobelē; ieskaitot bāzes stacijas un datu pārsūtītāju kodu.

SAD programmas kods ir dots slejā 1; pārējie ir triviāli.

Sleja 1 SAD lietojumprogramma

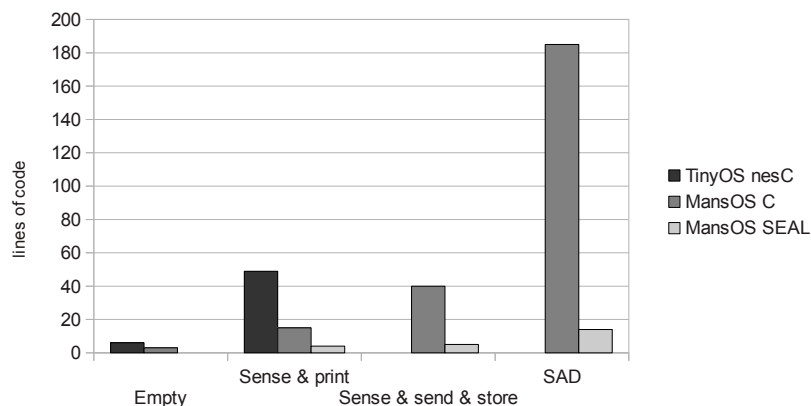
```
config "USE_LONG_LIFETIME=y"; // use 64-bit counter
define HelperLed RedLed, blink;
define Battery AnalogIn, channel constants.ADC_INTERNAL_VOLTAGE;
when Variables.localAddress == 0x0796:
    define TheLight SQ100Light;
else:
    define TheLight Light;
end
define AllSensors sync(TheLight, Humidity, Temperature);
read AllSensors, period 10min, associate HelperLed, turnOnOff;
output SdCard;
output Network, protocol SAD, routing SAD;
```

Visi testi tika veikti ar MansOS SVN revīziju 492 (2012. gada 22. septembris) un TinyOS revīziju 5966.

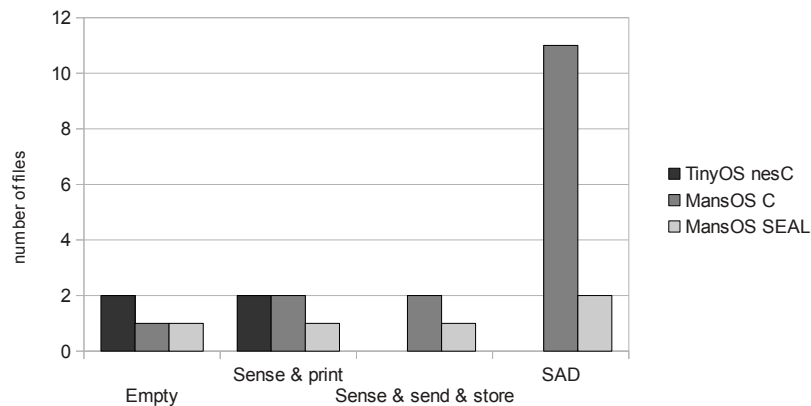
4.3 SEAL vienkāršības novērtējums

Tika mērīti šādi parametri:

- Lines of code – rindiņu skaits. Tikai ieskaitītas .c koda un konfigurācijas failu rindiņas. Netika ieskaitītas tukšās rindiņas un tās, kurās bija tikai komentāri.
- Number of files – failu skaits. Tikai ieskaitīti .c koda faili un konfigurācijas faili, bet netika Makefile. Tika ieskaitītas arī mapes, izņemot augšējā līmeņa mapi.



(a) Source code size



(b) Number of source files

Att. 4.2: Lietotņu pirmkoda un failu skaita salīdzinājums

Kods tika rakstīts, vadoties no MansOS kodēšanas stila norādījumiem. Visiem `for` un `while` cikliem atverošās iekavas stāv vienā un tajā pašā rindiņā, tāpat kā tas ir ar funkcijām, kurām ir tikai divas rindiņas vai mazāk. Garākām funkcijām iekavas ir jaunā rindiņā. Visām funkcijām aizverošā iekava ir jaunā rindiņā, ieskaitot funkcijas ar tukšu ķermeni.

No attēla 4.2 var izdarīt šādus secinājumus:

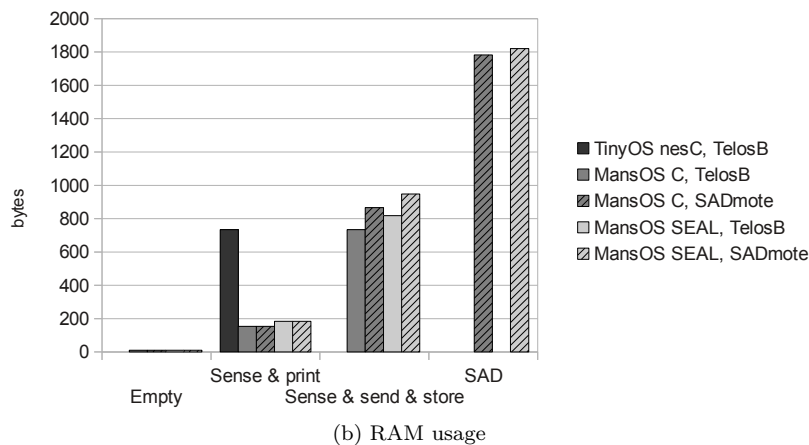
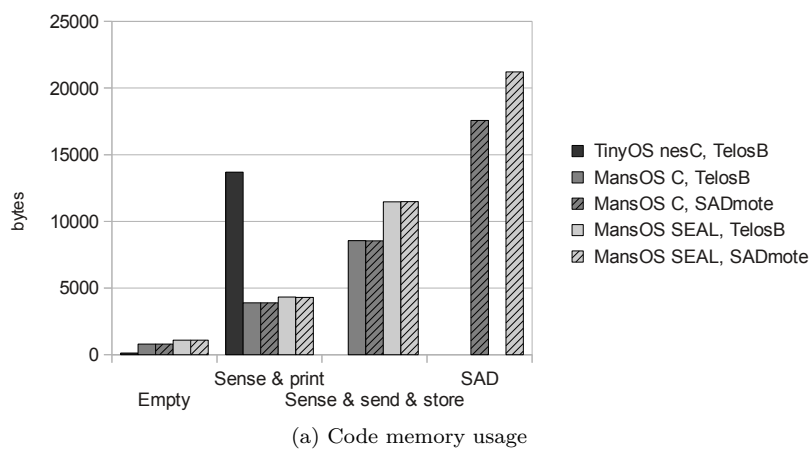
1. TinyOS koda garums ir daudz lielāks; ir pamats domāt, ka sarežģītākām programmām šī proporcija saglabāsies (jo sarežģītība nozīmē programmas loģikas apraksta apjomu);
2. SEAL ļauj iztikt ar daudz mazāku (ap 10x) koda rindiņu skaitu;

3. Kompleksām programmām SEAL ļauj iztikt ar daudz mazāku failu skaitu.

4.4 SEAL efektivitātes novērtējums

Tika mērīti šādi parametri:

- Binary code size – .text segmenta izmērs, noteikts, izmantojot `msp430-size` utilitāri;
- RAM usage – summa no .bss un .data segmentu izmēriem. RAM lietojums iekļauj apgabalu, kas rezervēts padeienu stekam (512 baitu).



Att. 4.3: Lietotņu binārā koda izmēru un RAM patēriņa salīdzinājums

SAD programmai tika mērīta optimizēta versija - tāda, kurai `config` failā bija vēl divas papildus rindiņas, kas atslēdza `assert` tipa izteikumus un drukāšanu uz seriālo portu. Šīs rindiņas tika ieskaitītas arī pirmkoda izmēra novērtējumā.

SAD gadījumā attēlā ir doti tikai galvenās (motes) programmas dati. Citu programmu attiecīgie dati ir šādi:

- SAD bāzes stacijas koda izmērs: 12814 baiti; RAM patēriņš: 1498 baiti

Scenārijs	Klase	Demonstrētā īpašība
Mikrokilamata mērīšana [5]	Env. monitoring	Periodic sampling
Apūdeņošanas sistēmas kontrole [5]	Env. monitoring	Distributed processing
Sensoru kalibrācija [9]	Env. monitoring	Intra-node processing
Gaismas mērījumu savākšana [13]	Env. monitoring	Interactive query support
Seismiskās aktivitātes noteikšana [15]	Env. monitoring	Event-driven processing
Rezerves mikrokontroliera kods [16]	Wild animal mon.	Imperative elements
Tilta funkcionalitāte [14]	Automotive	Basic intra-node processing
Gaismas monitorings tuneļos [3]	Env. monitoring	Adv. intra-node proc. (using C)
Bedru detektēšana #1 [11]	Mobile agents	Adv. intra-node proc. (using SEAL)
Bedru detektēšana #2 [11]	Mobile agents	Signal filtering
Mērķa rajona noteikšana [10]	Mobile agents	Localization
Signāla ģenerēšana [12]	Electronics	Multiplatform support

Tabula 4.1: Analizētie scenāriji

- SAD datu pārsūtītāja koda izmērs: 10230 baiti; RAM patēriņš: 1134 baiti
- SAD datu savācēja koda izmērs: 10978 baiti; RAM patēriņš: 1278 baiti

Visi izmēri ir doti SADmote v3 platformai.

Bāzes stacijai bija atslēgts `assert`, abām pārējām programmām: gan `assert`, gan drukāšana.

No attēla 4.3 var izdarīt šādus secinājumus:

1. TelosB un SADmote patērē aptuveni vienādu daudz resursu;
2. TinyOS patērē daudz vairāk; tomēr ir pamats domāt, ka garākām programmām pārtēriņš būs mazāks (jo lielāku daļu koda aizņems pati programmas loģika, nevis OS servisi);
3. SEAL tērē tikai nedaudz (10–20%) vairāk nekā programmētāja rakstītā implementācija C kodā;
4. SEAL ir pietiekoši efektīvs, lai to lietotu uz ļoti zema enerģijas patēriņa MCU.

4.5 SEAL lietojamības apgabala novērtējums

Ir tikuši identificēti vairāki scenāriji, kuros varētu tikt lietots SEAL un uzrakstītas tiem atbilstošās programmas šajā valodā. Tabulā 4.1. ir sniegta tikai apkopojošā informācija; programmas ir iekļautas MansOS pirmkodā, bet to apraksti darbā [4].

4.6 Kopsavilkums un nākotnes perspektīvas

Tika veikta valodas SEAL vienkāršības (lietošanas viegluma), lietošanas apgabala, kā arī efektivitātes novērtēšana. Rezultāti parādīja, ka SEAL lietot ir vieglāk nekā izmantot citas, alternatīvās, pieejas. Tās efektivitāte ir augsta (10–20% pārtēriņš salīdzinot ar roku rakstītām programmām), bet lietošanas

apgabals plašs – gan “klasiskie” sensoru tīklu lietojumi, gan citas iegulto sistēmu programmēšanas problēmas.

Vēl MansOS grupā šajā ceturksnī tika veikta:

- AdvanticSYS XM1000 [2] platformas pievienošana. Tā ir TelosB līdzīga mote, taču ar MSP430F2618 MCU. Tai ir *on-board* radio transcīveris CC2420 un sensori (divi gaismas un viens temperatūras un mitruma), kuri ir pilnīgi savietojami ar Tmote Sky sensoriem;
- MansOS izstrādes vides pilnveidošana, t.sk. integrēšana ar Blockly valodas paplašinājumu SEAL-Blockly;
- MSP430FRxx (FRAM) platformas pievienošana MansOS;
- datu apstrādes funkciju pievienošana valodai SEAL;
- attālināto sensoru lasīšanas pievienošana valodai SEAL.

Literatūra

- [1] Latvia State Institute of Fruit-Growing. <http://www.lvai.lv>.
- [2] AdvanticSYS XM-1000. <http://www.advanticsys.com/wiki/index.php?title=XM1000>, 2012. [Online; accessed 29.09.2012.].
- [3] M. Ceriotti, M. Corrà, L. D’Orazio, R. Doriguzzi, D. Facchin, S. Guna, G. Jesi, R. Cigno, L. Mottola, A. Murphy, et al. Is there light at the ends of the tunnel? wireless sensor networks for adaptive lighting in road tunnels. In *Information Processing in Sensor Networks (IPSN), 2011 10th International Conference on*, pages 187–198. IEEE, 2011.
- [4] A. Elsts. A framework to facilitate wireless sensor network application development. PhD thesis at University of Latvia (draft), 2012.
- [5] A. Elsts, R. Balass, J. Judvaitis, and L. Selavo. SAD: Wireless Sensor Network System for Microclimate Monitoring in Precision Agriculture. In *Proceedings of the 5-th international scientific conference Applied information and communication technologies (AICT 2012)*, pages 271–281, 2012.
- [6] A. Elsts and L. Selavo. A user-centric approach to wireless sensor network programming languages. In *SESENA ’12: Proceedings of the 3rd Workshop on Software Engineering for Sensor Network Applications*, pages 29–30, New York, NY, USA, 2012.
- [7] B. Greenstein, E. Kohler, and D. Estrin. A sensor network application construction kit (SNACK). In *Proceedings of the 2nd international conference on Embedded networked sensor systems, SenSys ’04*, pages 69–80, New York, NY, USA, 2004. ACM.
- [8] P. Levis, S. Madden, J. Polastre, R. Szewczyk, K. Whitehouse, A. Woo, D. Gay, J. Hill, M. Welsh, E. Brewer, and D. Culler. Tinyos: An operating system for sensor networks. In *Ambient Intelligence*. Springer Verlag, 2004.

- [9] LUMII. Projekts „Liela rādiusa bezvadu sensoru tīkla izstrāde precīzās lauksaimniecības pielietojumiem Latvijā”. <http://www.lumii.lv/resource/show/485>, 2011.
- [10] A. Mednis. A multimodal approach for determination of vehicle position. In *Workshops on Business Informatics Research*, pages 223–235. Springer, 2012.
- [11] A. Mednis, G. Strazdins, R. Zviedris, G. Kanonirs, and L. Selavo. Real time pothole detection using android smartphones with accelerometers. In *Distributed Computing in Sensor Systems and Workshops (DCOSS), 2011 International Conference on*, pages 1–6. IEEE, 2011.
- [12] A. Mednis and R. Zviedris. RFID Communication: How Well Protected Against Reverse Engineering? In *Proceedings of the 2nd International Conference on Digital Information Processing and Communications (ICDIPC12)*, pages 57–62. Klaipeda University, 2012.
- [13] L. Selavo, A. Wood, Q. Cao, T. Sookoor, H. Liu, A. Srinivasan, Y. Wu, W. Kang, J. Stankovic, D. Young, et al. Luster: wireless sensor network for environmental research. In *Proceedings of the 5th international conference on Embedded networked sensor systems*, pages 103–116. ACM, 2007.
- [14] G. Strazdins, A. Gordjusins, G. Kanonirs, V. Kurmis, A. Mednis, R. Zviedris, and L. Selavo. Team “University of Latvia” GCDC 2011 Technical Paper. http://www.gcdc.net/mainmenu/Home/news/News_-_current/GCDC_Final%3A_teams_videos_and_final_papers/Latvia, 2011.
- [15] G. Werner-Allen, K. Lorincz, J. Johnson, J. Lees, and M. Welsh. Fidelity and yield in a volcano monitoring sensor network. In *Proceedings of the 7th symposium on Operating systems design and implementation*, pages 381–396. USENIX Association, 2006.
- [16] R. Zviedris, A. Elsts, G. Strazdins, A. Mednis, and L. Selavo. Lynxnet: Wild animal monitoring using sensor networks. In P. Marron, T. Voigt, P. Corke, and L. Mottola, editors, *Real-World Wireless Sensor Networks*, volume 6511 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 170–173. Springer Berlin / Heidelberg, 2010. 10.1007/978-3-642-17520-6_18.

Nodaļa 5

SAntArray grupas atskaite

Anotācija

SAntArray grupas mērķis ir izveidot vienkāršu antenu ar elektroniski vadāmu virziendarbību. Šajā atskaitē aprakstīta antenas ieejas pretestības salagošana ar standarta $50\ \Omega$ viļņvadu izmantojot “2T” veida slēgumu.

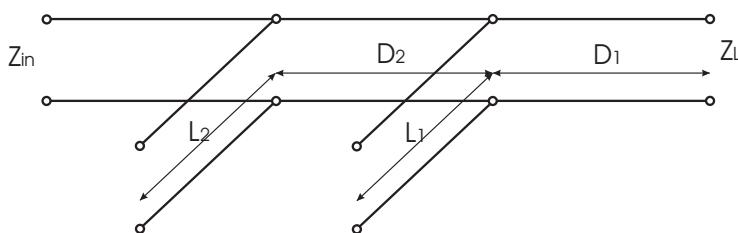
5.1 Ievads

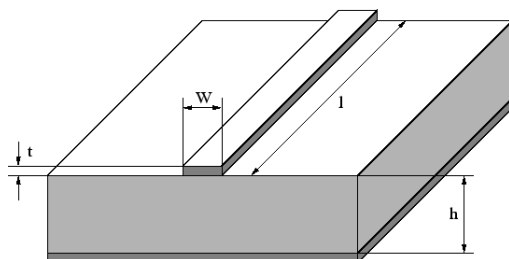
Iepriekšējās atskaitēs aprakstīta septiņu elementu ESPAR antenas ar elektronisko slēdzu vadību, izstrāde. Tālāk to saucim par EDI-ESPAR antenu. Lai šī antena strādātu ar maksimālu efektivitāti, to nepieciešams salāgot ar pievadkabeļa viļņu pretestību $Z = 50\ \Omega$. Prasības antenas salāgošanas sistēmai ir šekojošas:

- Lai kompensētu gan antenas ieejas reaktīvo pretestību gan arī lai tās ieejas aktīvo pretestību salāgotu ar kabeļa viļņu pretestību, nepieciešami divi regulējamie elementi;
- Salāgošanas mezglam ir jāietilpst EDI-ESPAR antenas pamatnē. Tādēļ maksimālie pieļaujamie izmēri ir $7\text{ cm} \times 4\text{ cm}$.

Šajā atskaitē aprakstīta antenas salāgošana ar viļņvadu izmantojot spiestās plates celiņus “2T” veida slēgumā, atbilstoši shēmai kas dota 5.1 attēlā. Veikta

Att. 5.1: “2T” salāgošanas slēguma principiālā shēma, atbilstoši [2].





Z_0	50 Ω
ϵ_r	4.6
h	1.5 mm
t	35 μm
f	2.44 GHz
w	2.699 mm
0.25λ	16.58 mm

Att. 5.2: FR-4 tekstolīta spiestās plates pārvades līnijas posma parametri

atbilstošā mezglā optimizācija izmantojot **Sonnet Lite** programmatūru [5] savienojumā ar ģenētiskajiem algoritmiem.

Ģenētiskais algoritms ir skaitliska optimizācijas metode, kuras ideja aizgūta no evolūcija teorijas bioloģijā: katrs atrisinājums atbilst *indivīdam*, no tiem izveidota *populācija* kuras locekļi veic pārošanos, mutē un cīnās par izdzīvošanu. Indivīdu raksturojošo genomu veido mērķa funkcijas parametru binārā reprezentācija.

5.2 Esošie risinājumi

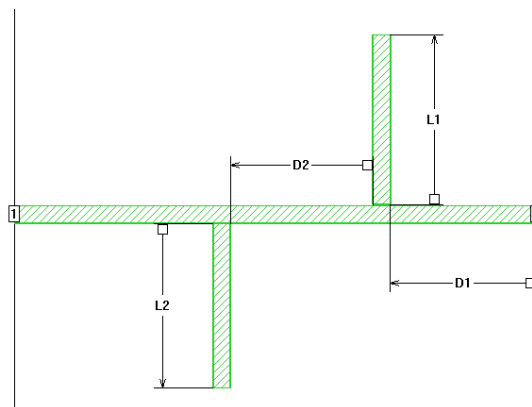
Projekta ietvaros sākotnēji tika pētīta iespēja izveidot salāgošanas mezglu izmantojot “1T” veida slēgumu [1]. Šadai ķēdei ir divi maināmi parametri, taču viens no tiem pēc mezglā izgatavošanas ir fiksēts. Tādējādi vairs nevar veikt precīzu mezglā noskaņošanu *vienlaikus* gan antenas reaktīvās pretestības precīzai kompensēšanai gan arī aktīvās pretestības salāgošanai ar kabeļa viļņu pretestību. Savukārt salāgošanas mezglā pusplatums var sasniegt $\lambda/2$, kas, atbilstoši 5.2 zīmējumā dotajiem datiem ir 33.16 mm. Tātad salāgošanas mezglis var pārsniegt maksimāli pieļaujamus izmērus un tāda situācija nav vēlama.

5.3 Cits risinājums

Izmantojot salāgošanai “2T” veida slēgumu izstrādātāja rīcībā ir četri parametri - posmu garumi: L_1 , L_2 , D_1 un D_2 , kas dod cerības, atrast tādu parametru kombināciju, kas ļautu salāgošanas mezglam nepārsniegt atļautos izmērus. Bez tam, divus no tiem L_1 un L_2 var izmantot pieskaņošanai arī jau izgatavotai konstrukcijai. Tāpēc tika pieņemts lēmums turpināt salāgošanas līnijas pētījumus apskatot “2T” veida slēgumu.

Literatūrā [2] aprakstīta “2T” ķēdes idealizētu elementu garumus aprēķina procedūra risinot algebraiskus vienādojumus. Rezultātā atrod parametrus L_1 , L_2 , kas atbilst *iepriekš* uzdotajām D_1 un D_2 vērtībām, pie kam, parasti $D_2 = \lambda/2$. Netiek dota nekāda recepte kā izvēlēties D_1 vērtību. Tāpēc, lai efektīvi izmantotu tās iespējas, kuras dod papildus divi parametri, nākas izmantot ģenētiskos algoritmus.

Salāgošanas mezglā parametru precizēšanai reālai konstrukcijai tika izmantota **Sonnet Lite** programmatūra ar iebūvēto optimizācijas sistēmu. Izrādījās, ka ne vienmēr iespējams atrast konkrētai idelālai sistēmai atbilstošus reālās sistēmas parametrus. Tāpēc nācās sākt optimizāciju no sākuma



Att. 5.3: “T2” salāgošanas mezgla modelis **Sonnet** programmā

izmantojot ģenētiskos algoritmus mērķa funkciju aprēķinot izmantojot **Sonnet Lite** programmatūru.

5.4 Aprēķinu metodika

Aprēķini tika veikti izmantojot ģenētisko algoritmu realizāciju programmēšanas valodai **python**. Tika izmantota **pygene** pakotne [4], kas realizēta izmantojot tikai **python** kodu. Ievērojami labāko **PGAPy** pakotni [3] pakotni lietot nebija iespējams, jo tā ir tikai “virsbūve” bibliotēkai, kas Windows vidē nav pieejama. Optimizācijas mērķa funkcija tika izvēlēta sekojoša

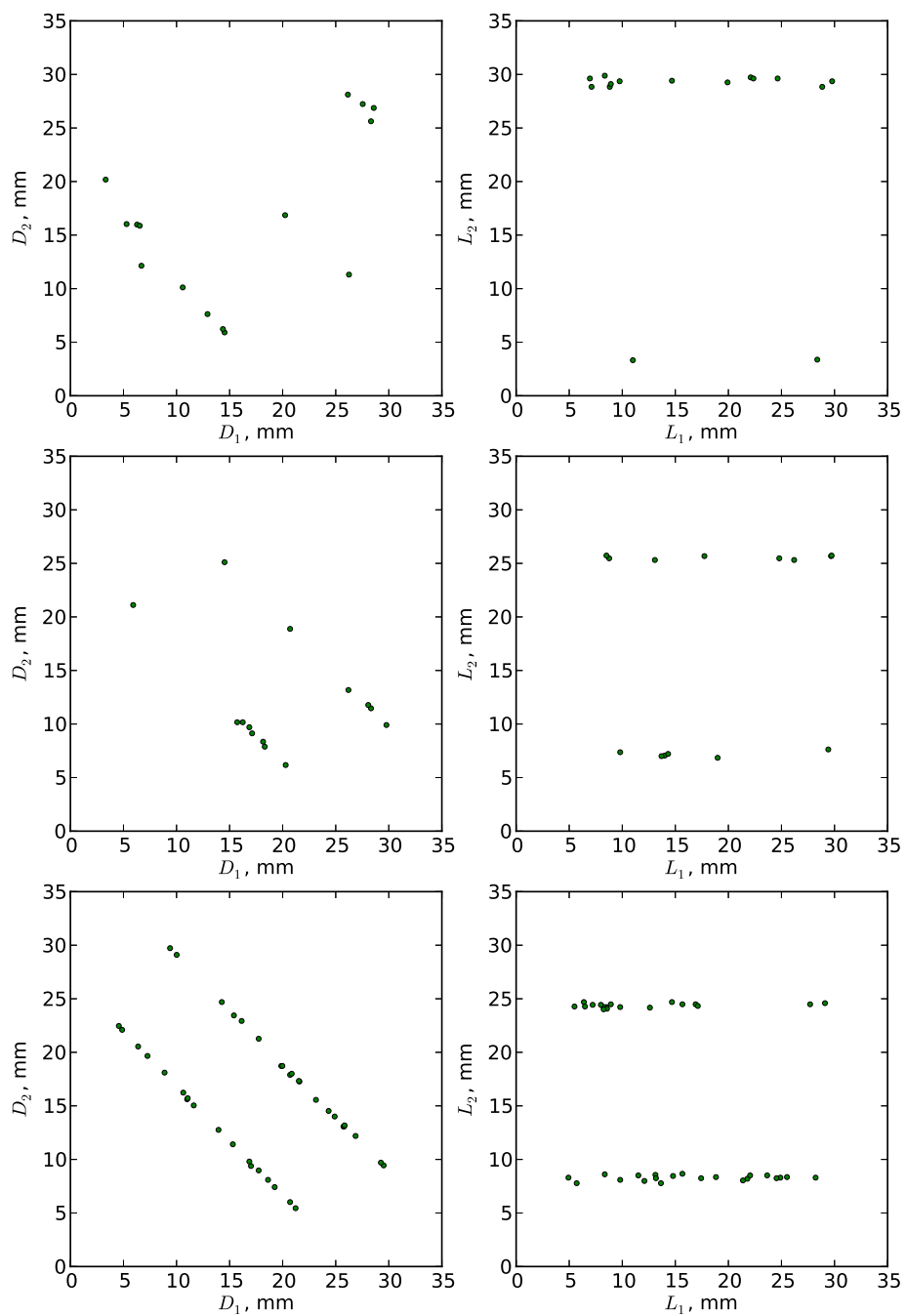
$$f_{\text{fitness}} = |Z_{in} - Z_0| \quad (5.1)$$

Šeit $Z_0 = 50 \Omega$ ir pievadlīnijas viļņu pretestība, bet mezgla iejas pretestība Z_{in} tiek aprēķināta izmantojot **Sonnet Lite** programmatūru, kuru no **python** izsauc izmantojot **python.os** pakotnes līdzekļus. Aprēķinos lietotais salāgošanas mezgla modelis dots 5.3 zīmējums. Aprēķini tika veikti 2.44 GHz frekvencei sekojošām slodzes pretestības Z_L vērtībām: $39 + 0j \Omega$, $26 - 18j \Omega$, $21 - 18j \Omega$, $26 - 13j \Omega$, $26 - 23j \Omega$ un $31 - 18j \Omega$.

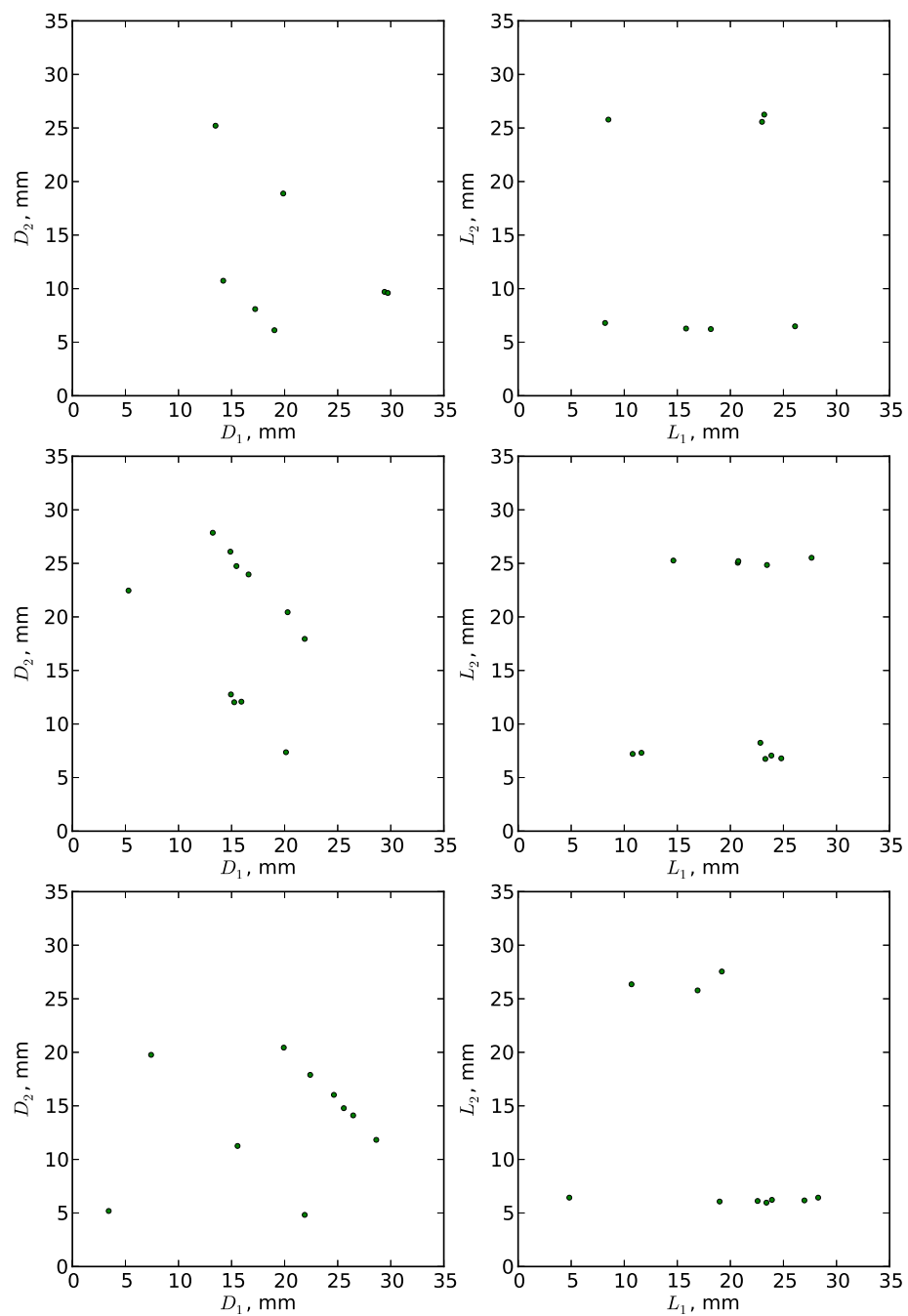
5.5 Aprēķinu rezultāti

Aprēķinu rezultātā atrasto salāgošanas mezglu ģeometriskie izmēri D_1 , D_2 , L_1 un L_2 apskatītajām slodzes pretestībām apkopoti 5.4 un 5.4 zīmējumos: katrai izmēru kombinācijai atbilst divi punkti, viens D_1, D_2 plaknē, otrs L_1, L_2 plaknē. Interesanti, ka punkti D_1, D_2 plaknē grupējas vairākās paralēlās līnijās, savukārt lielumam L_2 ir tikai nedaudzas vērtības. Tas nozīmē, ka L_2 praktiski nav iespējams lietot mezgla precīzai noskaņošanai pēc tā izgatavošanas.

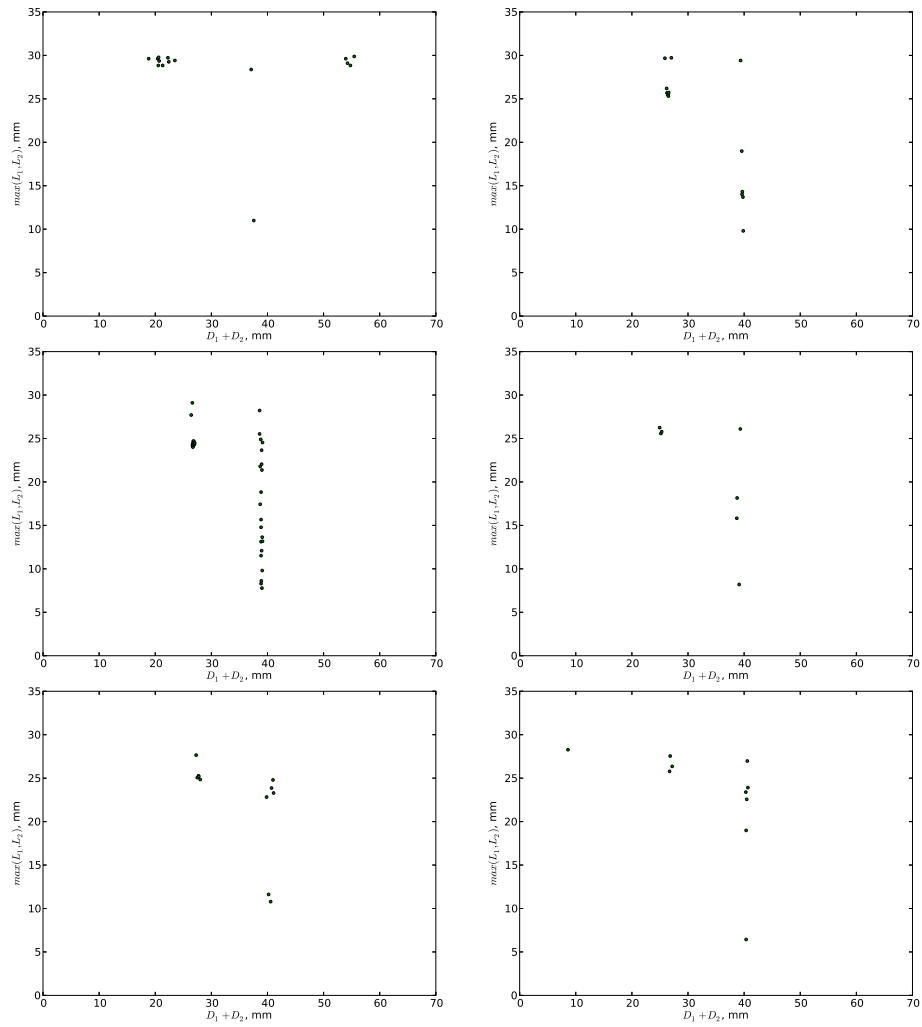
Lai novērtētu salāgošanas mezgla izmērus, 5.6 zīmējumā katrai slodzes pretestības vērtībai ar punktiem tika attēlotas lielumu $D_1 + D_2$ un $\max(L_1, L_2)$ kombinācijas. Pirmais lielums nosaka salāgošanas mezgla garumu, otrais tā



Att. 5.4: “T2” salāgošanas ķēdes parametru kombinācijas dažādām slodzes pretestībām: augšā $39 + 0 J\Omega$, vidū $26 - 18 J\Omega$ un apakšā $21 - 18 J\Omega$.



Att. 5.5: “T2” salāgošanas ķēdes parametru kombinācijas dažādām slodzes pretestībām: augšā 26 – 13 JΩ, vidū 26 – 23 JΩ un apakšā 31 – 18 JΩ.



Att. 5.6: T2 salāgošanas parametru kombinācijas slodzēm $39+0J\Omega$, $26-18J\Omega$, $21-18J\Omega$, $26-13J\Omega$, $26-23J\Omega$ un $31-18J\Omega$.

pusplatumu. Kā redzams, ne vienmēr ir izdevies atrast parametrus, kas ļauj izveidot pietiekoši kompaktu salāgošans mezglu.

Lai novērtētu salāgošanas mezglā īpašību izmaiņas nedaudz mainot atrasto garumu vērtības, katrai no atrasto garumu kombinācijām tikai veiktas četras aprēķinu sērijas katru no parametriem mainot 15% robežās. 5.7 un ?? zīmējumos doti divi no šo aprēķinu rezultātiem. Mūsuprāt ideāli “T2” salāgošanas ķēdes parametri ir atrasti gadījumam, kas attēlots 5.7 zīmējumā, tikai 2.84 GHz frekvencei...Kā redzams, izmaiņas D_1 un D_2 garumos praktiski nemaina salāgošanas ķēdes īpašības. Tas garantē, ka izgatavotavotam un uzstādītam mezglam būs prognozētās īpašības. Savukārt mainot garumus L_1 un L_2 var veikt mezglā precīzu noskaņošanu.

Savukārt 5.7 zīmējumā attēlots tipisks piemērs gadījumiem, kad L_1 izmaiņām praktiski nav nekāda efekta. Savukārt precizitāte, ar kādu izgatavošanas procesā jānodrošina “neregulējamie” parametri D_1 un D_2 ir praktiski nerealizējama. Mezglu ar šādiem izmēriem nevajadzētu mēģināt izgatavot.

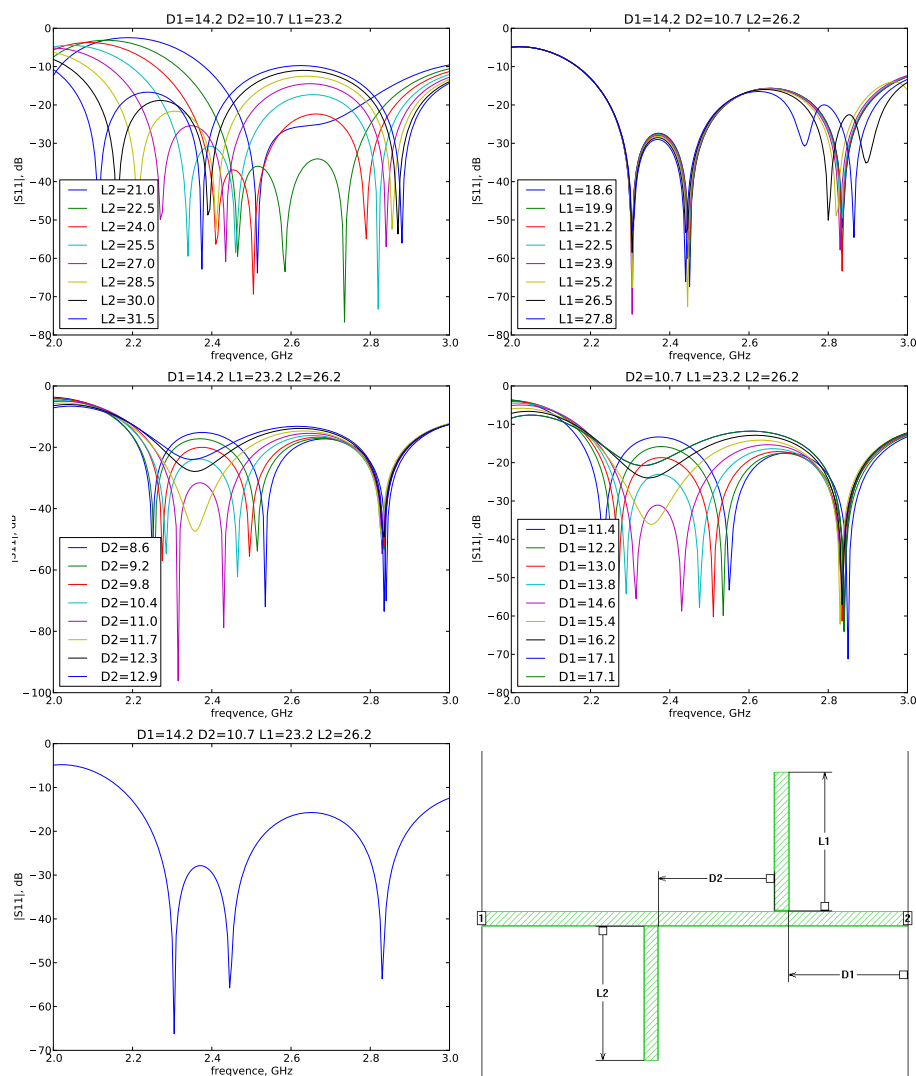
5.6 Kopsavilkums un nākotnes perspektīvas

Pētījuma uzdevums bija atrast optimālus “T2” tipa salāgošans mezglus virknei dotām slodzes pretestības vērtībām. Salāgošanas mezglis tika meklēts atbilstoši sekojošām prasībām:

- nodrošina salāgošanu ar 50 Ω līniju 2.44 GHz frekvencē
- ir pietiekoši mazs, lai ietilptu EDI-ESPAR antenas pamatnē
- mezglā īpašības ir stabīlas attiecībā pret attālumu D_1 un D_2 vērtību nelielām izmaiņām
- pēc mezglā izgatavošanas to var prezīzāk noskaņot līniju garumus L_1 un L_2

Izrādījās, ka atrast mezglā parametrus, kas atbilst visām šām prasībām, ir daudz grūtāk nekā tika plānots: netika atrasta neviena parametru kombinācija, kas atbilstu *visām* prasībām. Tika pamanīts, ka viena no parametru kombinācijām, kas dota 5.7 zīmējumā atbilstu *visām* prasībām bet 2.84 GHz frekvencē. Acīm redzot, ideālu parametru meklēšanai izmantojot ģenētiskos algoritmus nepieciešams konstruēt ievērojami komplicētāku mērķa funkciju. Vai arī atgriezties pie banālām RC tipa salāgošanas ķēdēm.

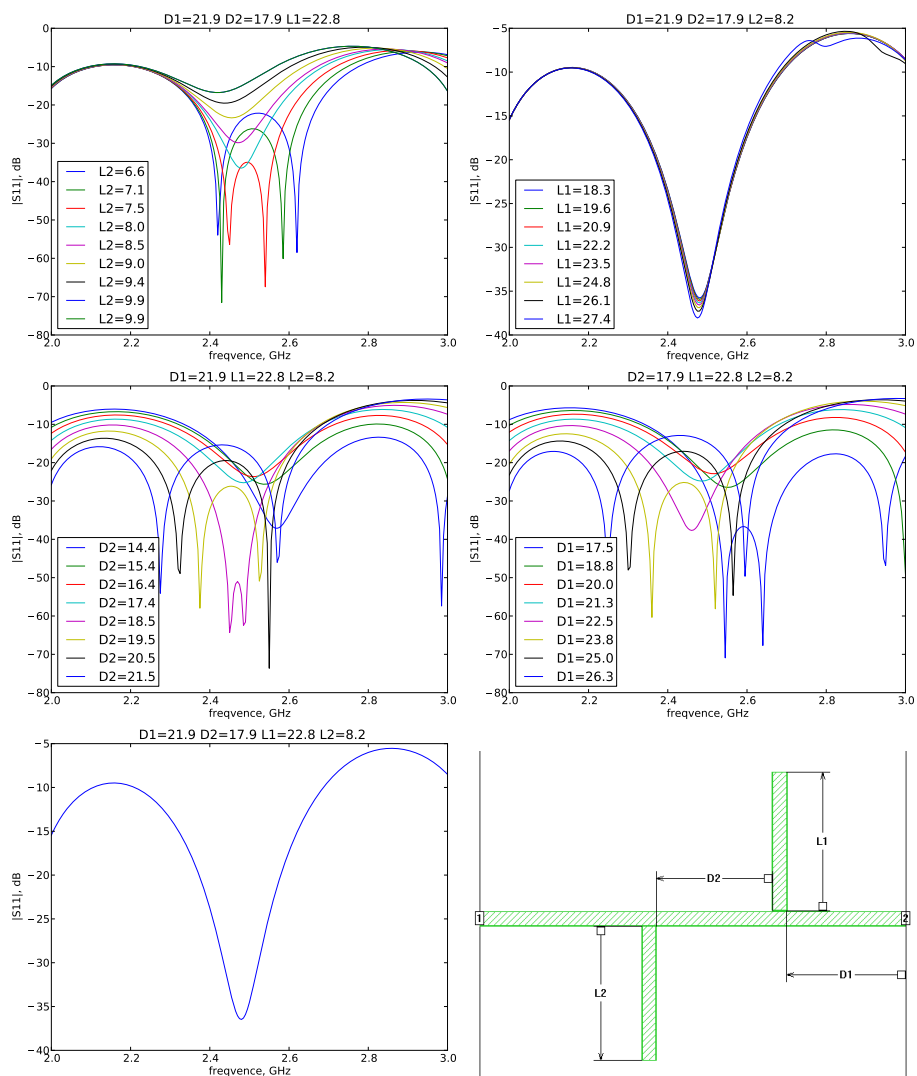
Kā rāda aprēķinu rezultāti kas doti 5.6 zīmējumā, ļoti grūti ir nodrošināt pietiekoši kompaktus salāgošanas mezglā izmērus. Iespējas tos samazināt variējot piemēram plates biezumu h un celiņa platumu w , ir ierobežotas, jo līniju pretestību pamatā nosaka tās garums salīdzinājumā ar viļņa garumu. Pēdējais, mainot h un w mainās tikai dažu procentu robežās. Var mēģināt veikt papildus optimizācijas procedūru, fiksējot D_1 un D_2 un mainot tikai līniju L_1 un L_2 platumus. Tika veikti daži testa aprēķini, taču būtisks uzlabojums diemžēl netika panākts.



Att. 5.7: Salāgošanas mezgla īpašību izmaiņas optimālo parametru $D_1 = 14.2$ mm, $D_2 = 10.7$ mm, $L_1 = 23.2$ mm un $L_2 = 26.2$ mm apkātnē. Slodzes pretestība 26 – 13J Ω

Literatūra

- [1] Projekta "Viedo sensoru un tīklotu iegulto sistēmu pētījumu un attīstības centrs" pārskats Nr. 9, Marts 2012.
- [2] D. M. Pozar. *Microwave engineering*. J. Wiley, 2005.
- [3] Pgapy: Python wrapper for pgapack parallel genetic algorithm library. <http://pgapy.sourceforge.net/>.



Att. 5.8: Salāgošanas mezgla īpašību izmaiņas optimālo parametru $D_1 = 21.9\text{ mm}$, $D_2 = 17.9\text{ mm}$, $L_1 = 22.8\text{ mm}$ un $L_2 = 8.2\text{ mm}$ apkātnē. Slodzes pretestība $26 - 23j\Omega$

[4] pygene - simple python genetic algorithms/programming library. <http://freenet.mcnabhosting.com/python/pygene/>.

[5] Sonnet lite. <http://www.sonnetsoftware.com/products/lite/>.

Nodaļa 6

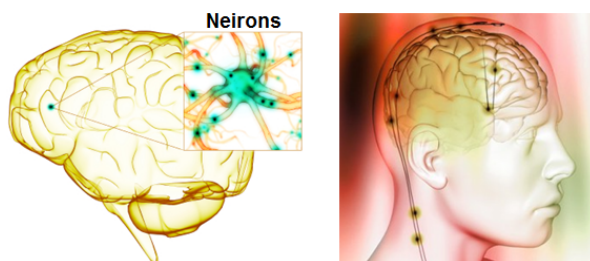
SenSigA grupas atskaite

Anotācija

Pasaulē arvien aktuālāks paliek elektroencefalogrammas (EEG) signālu ieguves un apstrādes jautājums. Jaunas un inovatīvas metodes tiek prezentētas ar mērķi, uzlabot esošās EEG datu iegūšanas sistēmas. Viens no inovatīvajiem risinājumiem ir arī mūsu prototips. Ir izstrādāts kompakts sensors daudzkanālu EEG datu iegūšanai. Sensora pamatā ir 3 spiestās plates, kas nodrošina EEG signāla iegūvi, pastiprināšanu, kodēšanu un kodētā signāla bezvadu datu pārraidi. Sensorā tiek izmantota energoefektīva datu kodēšanas metode, lietojot Asinhrono Sigma-Delta modulatoru, kuram piemīt daudz priekšrocību salīdzinājumā ar sinhroniem kodētājiem. Atskaitē lielākais uzsvars tiek likts uz pārraidīto datu uztveršanu un apstrādi. Izmantojot superheterodīna uztvērēju un ATS460 ciparotāju, uztvertie dati tiek ielasīti datorā, kur ir veikta komplicēta signālu apstrāde, kuras rezultātā ir iespējams iegūt, atjaunot un vizualizēt EEG signālus reālā laikā.

6.1 Ievads

Mūsdienās ir zinātniski izpētīts, ka cilvēka smadzenēs ir vairāk kā 100 miljardi neironu, kas vada elektriskos impulsus (skatīt 6.1.attēlā). Tā, piemēram, ja

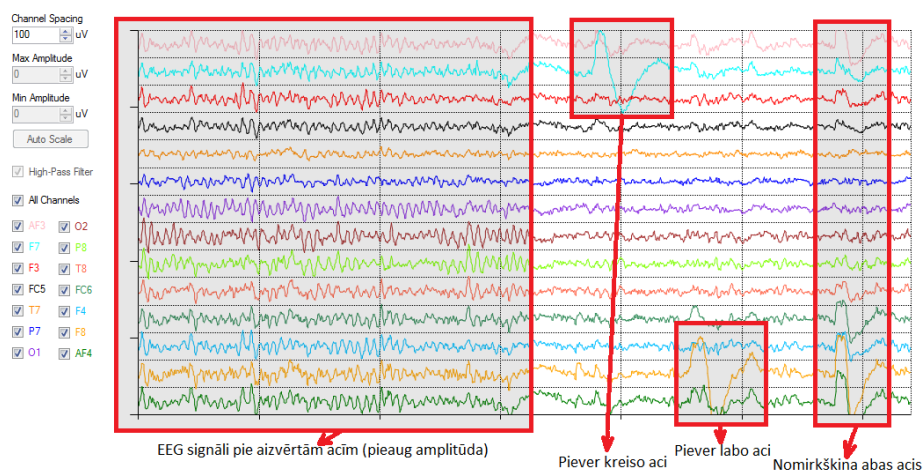


Att. 6.1: a) Neirons b) Elektriskie impulsi

cilvēks vēlas pakustināt roku vai kāju vai jebkuru citu ķermeņa daļu, no

smadzenēm tiek padots elektrisks impulss, lai veiktu šādu darbību. Arī pretēji, no nerviem, kas ir mūsu ķermenī (piemēram, rokas), uz smadzenēm tiek padots līdzīgs elektriskais impulss, lai informētu smadzenes par noteiktām sajūtām. Šādi impulsi rodas ne tikai brīžos, kad vēlamies stimulēt kādu muskuli, bet arī tad, kad cilvēks vienkārši domā. Būtībā, šie impulsi rodas un tiek pārraidīti visu laiku, jo mūsu smadzenes ir nemitīgā darbībā, gan strādājot, gan gulot.

Izmantojot speciālus elektrodus, kas izvietoti noteiktās pozīcijās uz cilvēka skalpa, ir iespējamas nomērīt šīs smadzeņu elektriskās aktivitātes jeb elektriskos impulsus, un nomērītos signālus sauc par elektroencefalogrammas (EEG) signāliem jeb smadzeņu signāliem (skatīt 6.2.attēlu).



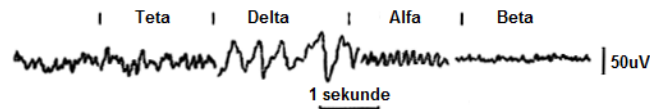
Att. 6.2: EEG signāli

6.2.attēlā ir vizualizēti 14 kanālu smadzeņu signāli, kas iegūti Elektronikas un datorzinātņu institūta laboratorijā. Šajā attēlā ir redzamas signāla potenciāla izmaiņas atkarībā no cilvēka veiktajām darbībām. Tā, piemēram, iezīmētajā apgabalā, kad cilvēka acis ir aizvērtas, ir redzams izteikts amplitūdas pieaugums, kas skaidrojams ar citu maņu orgānu aktivitāšu pieaugumu. Pārējie iezīmētie apgabali būtībā ir artefakti, kad tiek aizvērtā labā vai kreisā acs, vai arī nomirkšķinātas abas acis reizē. Šādus artefaktus lielākoties no signāla ir nepieciešams izfiltrēt, lai varētu precīzāk reģistrēt smadzeņu aktivitātes.

Atkarībā no veicamā uzdevuma, kur noteikta smadzeņu garozas daļa atbild par noteiktu ķermeņa funkciju, noteiktā smadzeņu apgabalā ir paaugstināta aktivitāte.

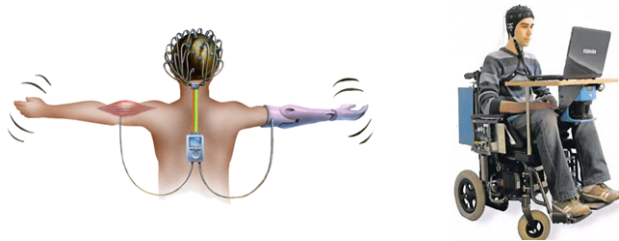
Smadzeņu signāliem ir dažādas īpašības un klasifikācijas [1], [2], [3]. Tā, piemēram, smadzeņu signālus var iedalīt piecos dažādos smadzeņu ritmos – alfa, beta, gamma, delta un teta, kuriem ir dažādas frekvences diapazonā no 0,5-100Hz, bet to raksturojošās amplitūdas ir no 1-100 μ V (6.3.attēls).

Attiecīgi, izmantojot šos smadzeņu signālus, ir iespējams izstrādāt ierīci – domu jūtīgu saskarni (*brain computer interface*), ar kuras palīdzību ar domu spēku ir iespējams vadīt citas vadības ierīces. Tā, piemēram, šādas ierīces varētu palīdzēt invalīdiem, lai ar domām vadītu mehānisku protēzi vai arī kontrolētu ratiņkrēslu, kā tas redzams 6.4.attēlā. Šāda ierīce var tikt izmantota arī izklaides sfērā, lai, piemēram, spēlētu spēlēs, pārvaldītu televizoru vai arī



Att. 6.3: EEG signālu ritmi

vadītu automašīnu. Lai izveidotu šādu domu jūtīgu saskarni, nepietiek tikai ar

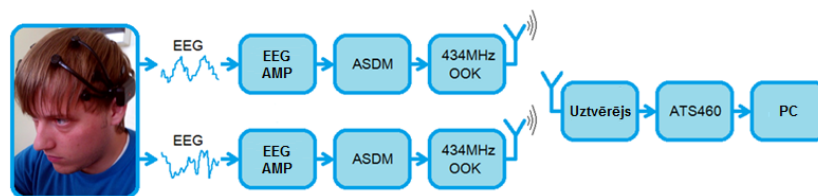


Att. 6.4: Domu jūtīgas saskarnes [4]

sensora izveidi datu iegūšanai, kodēšanai un bezvadu pārraidei. Ļoti būtiski ir izstrādāt sistēmu, kas spētu iegūtos datus apstrādāt un vizualizēt reālā laikā. Šāda sistēma ļautu, piemēram, monitorēt smadzeņu aktivitātes, veicot kādas konkrētas darbības, reālā laikā. Ar šādu sistēmu būtu iespējams arī kontrolēt citas vadības ierīces, kas reaģētu reālā laikā, atkarībā no iegūtajiem un apstrādātajiem EEG jeb smadzeņu signāliem. Tāpēc mūsu mērķis ir izveidot no sensora pārraidīto datu uztveršanas ierīci, kā arī, algoritmus datu apstrādei un vizualizācijai reālā laikā, izmantojot grafisko lietotāja saskarni.

6.2 EEG datu ieguves sistēma

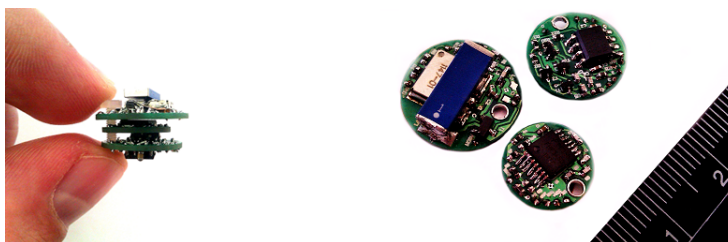
Lai sasniegtu izvirzīto mērķi, tika izveidota sistēma, kuras blokshēma ir attēlota 6.5.attēlā. EEG dati tiek iegūti, izmantojot sensoru, kas sastāv no



Att. 6.5: Sistēmas blokshēma

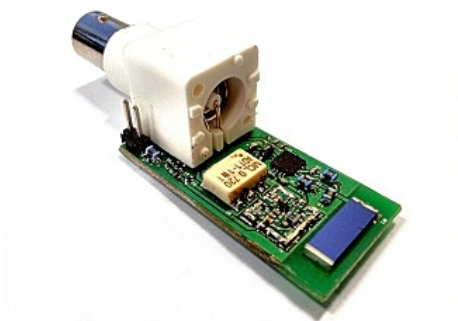
trīs daļām jeb trīs spiestajām platēm (skatīt 6.6.attēlu). Izmantojot sudraba hlorīda elektrodus, tiek iegūts EEG jeb smadzeņu signāls. Iegūtais smadzeņu signāls tiek pastiprināts ~10 000 reizes, izmantojot EEG signālu pastiprinātāju (EEG AMP). Tad, izmantojot nevienmērīgas diskretizācijas metodi - Asinhrono Sigma-Delta modulatoru (ASDM), analogais EEG signāls tiek pārveidots binārā

signālā, kuru tālāk pārraida, izmantojot On-Off Keying (OOK) manipulācijas tehniku. Izveidotais maza izmēra sensors nodrošina sistēmai zemu enerģijas patēriņu, kas ir kritisks faktors šāda veida sistēmās, kā arī, pateicoties bezvadu tehnoloģijai - neierobežo cilvēka kustības.



Att. 6.6: EEG datu iegūšanas sensors

Kā jau tika minēts ievadā, būtiska ir sistēmas uztvērēja un signāla apstrādes sastāvdaļa. Lai uztvertu pārraidīto signālu, tiek izmantots superheterodīna uztvērējs (6.7.attēls), kas daudzkanālu augsto frekvenču signālu konvertē uz zemākām frekvencēm, kas atvieglo turpmāko reāla laika signālu ciparu apstrādi datorā. Lai signālu reālā laikā ielasītu datorā, tiek izmantots ATS460 ciparotājs [5].

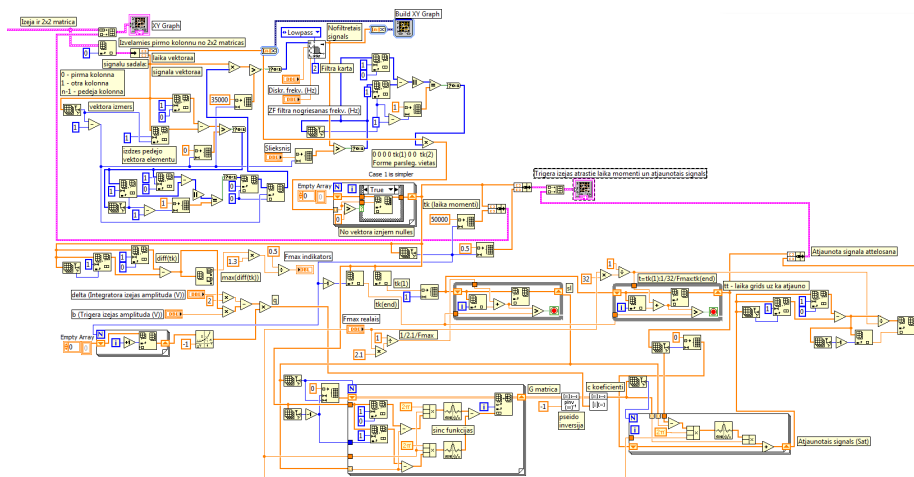


Att. 6.7: Uztvērējs

6.3 EEG datu ieguve un vizualizācija reālā laikā

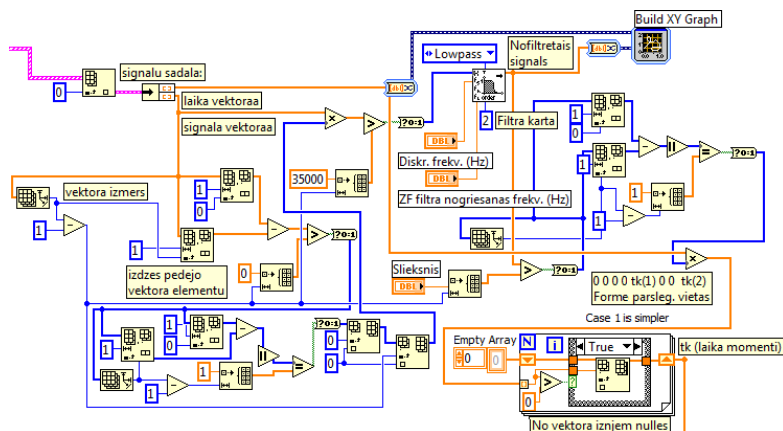
Izmantojot 6.2. nodaļā aprakstīto sistēmu, kuras blokshēma ir attēlota 6.5.attēlā (detalizētāks sistēmas apraksts skatāms iepriekšējās atskaitēs), datorā tiek ielasīts daudzkanālu uztvertais signāls. Izmantojot dažādus algoritmus, ielasīto signālu ir nepieciešams apstrādāt, lai rezultātā iegūtu un vizualizētu EEG signālu reālā laikā. Algoritmu implementācijai tiek izmantota *LabView* datorprogramma.

Uzskatāmības dēļ, tiek aprakstīta viena kanāla realizācija, jo pārējo kanālu apstrādes algoritmi ir identiski. Kopējā signāla atjaunošanas algoritma realizācijas blokshēma ir parādītā 6.8.attēlā.



Att. 6.8: Signāla atjaunošanas algoritma implementācija *LabView*

Ielasītais signāls *LabView* programmā tiek reprezentēts kā matrica, kas sastāv no diviem vektoriem - laika vektora un signāla nolašu vērtību vektora. Par cik iegūtais signāls ir daudzkanālu signāls, vispirms katrs no kanāliem ir jāizfiltrē ar joslu filtru. Attiecīgi tālāk katra kanāla izfiltrētais signāls tiek vēlreiz filtrēts, izmantojot zemfrekvenču filtru, lai iegūtu signāla apliecēju, kas reprezentē Asinhronā Sigma-Delta modulatora izejas signālu. Iegūtajam signālam piemērojot noteiktu sliekšni, tiek iegūtas ASDM izejas signāla pārslēgšanās laika momentu vērtības t_k , kas ir nepieciešamas sekmīgai kodētā EEG signāla atjaunošanai. Izveidoto filtru un ASDM izejas signāla iegūšanas algoritma implementācija *LabView* ir redzama 6.9.attēlā, kas ir daļa no 6.8.attēlā redzamās kopējās algoritma realizācijas.



Att. 6.9: Filtra algoritma realizācija

Izveidotā *LabView* realizācija ir balstīta uz iepriekšējās atskaitēs aprakstītajiem Asinhronā Sigma-Delta modulatora signāla atjaunošanas

algoritmiem. Attiecīgi, kodēto signālu ir iespējams atjaunot, izmantojot vienādojumu:

$$\int_{-\infty}^t s(u)du = \sum_{n \in \mathbb{Z}} c_n g(t - s_l), \quad (6.1)$$

kur $g(t) = \frac{\sin \Omega t}{\pi t}$, bet c_n - nezināmi koeficienti, kuri ir jāatrod. No iepriekšējo atskaišu izvedumiem ir zināms, ka koeficientus $\mathbf{c}$ var izteikt no vienādojuma:

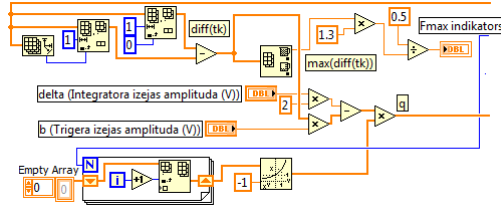
$$\mathbf{q} = \mathbf{cG}, \quad (6.2)$$

kur vektora $\mathbf{q}$ un matricas $\mathbf{G}$ elementi:

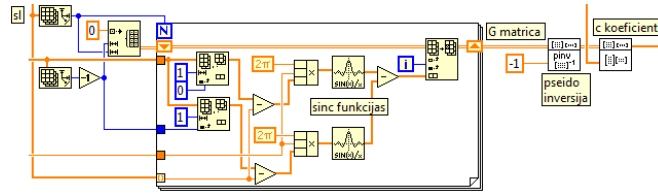
$$q_k = (-1)^k [2k\delta - b(t_{k+1} - t_k)] \quad (6.3)$$

$$g_{n,k} = g(t_{k+1} - s_l) - g(t_k - s_l) \quad (6.4)$$

Zinot signāla atjaunošanas vienādojumu izteiksmes, tās ir iespējams realizēt *Lab View* datorprogrammā. Attiecīgi 6.10.attēlā ir redzama $\mathbf{q}$ vektora realizācija, bet 6.11.attēlā – $\mathbf{G}$ matricas realizācija.



Att. 6.10: $\mathbf{q}$ vektora realizācija

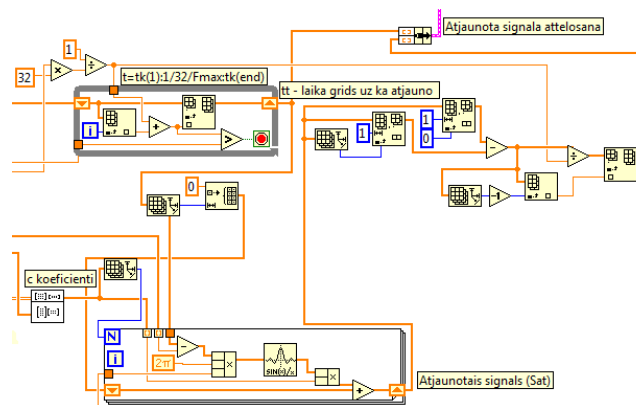


Att. 6.11: $\mathbf{G}$ matricas realizācija

Attiecīgi, papildus izveidotajiem blokiem, izveidojot s_l vektora blokhēmu (skatīt 6.8.attēlu) un, realizējot 6.12.attēlā redzamo signāla atjaunošanas algoritmu, ir iespējams atjaunot sensora kodēto EEG signālu.

6.4 Eksperimentālie rezultāti

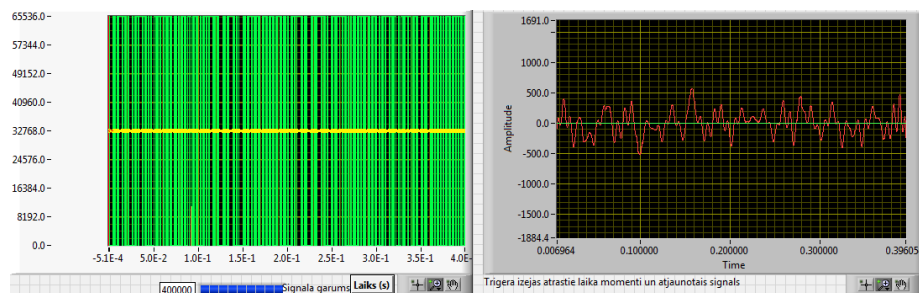
Lai pārbaudītu izveidoto algoritmu, ir izveidota grafiskā lietotāja saskarne, kura attēlo uztverto Asinhronā Sigma-Delta modulatora izejas signālu un atjaunoto EEG signālu (6.13.attēls).



Att. 6.12: Signāla atjaunošanas *LabView* realizācija

Lai būtu iespējams iegūt, apstrādāt un vizualizēt šos signālus, eksperimentā tiek izmantots izveidotais EEG datu iegūšanas sensors, ar kura palīdzību tiek iegūts EEG signāls, kurš tālāk tiek pastiprināts, kodēts un kodētais signāls pārraidīts, izmantojot OOK raidītāju. Attiecīgi uztverošajā sistēmas daļā, šis signāls tiek uztvers, izmantojot superheterodīna uztvērēju, kurš šo signālu gan pastiprina, gan samazina tā frekvenci. Izmantojot ATS460 ciparotāju, uztvērēja izejas signāls tiek ielasīts datorā, kur tālāko cipar-apstrādi veic izveidotā *LabView* programma.

Ielasītais signāls tiek sākumā filtrēts ar joslu filtru, bet pēc tam ar zemfrekvences filtru, tādā veidā iegūstot signāla apliecēju. Izmantojot adaptīvo sliekšņa algoritmu, tiek noteikti Asinhronā Sigma-Delta modulatora izejas signāla pārslēgšanās laika momenti (skatīt 6.13.attēlu pa kreisi). Attiecīgi tālāk, pielietojot izveidoto signāla atjaunošanas algoritmu, tiek iegūts kodētais EEG signāls (skatīt 6.13.attēlu pa labi).



Att. 6.13: Grafiskā lietotāja saskarne

Izveidotā grafiskā lietotāja saskarne dažādiem parametriem ir gan adaptīva, gan konfigurējama. Tā, piemēram, ir iespējams uzstādīt dažādus Asinhronā Sigma-Delta modulatora parametrus priekš signāla precīzākas atjaunošanas (parametri b , δ , f_{max}). Ir iespējams mainīt arī signāla līmeņus, nobīdi, garumu, taktēšanas frekvenci, triggeri u.c.

6.5 Kopsavilkums un secinājumi

Galvenais mērķis, izveidot inovatīvu, mobilu, izmēros mazu, EEG datu iegūšanas sistēmu ir sasniegts. Šī ir pasaulē pirmā, reālā tāda veida EEG datu iegūšanas sistēma, kas satur vairākus uz galvas novietojamus sensorus ar asinhronu datu apstrādi. Eksperimentālā analīze pierāda, ka, lietojot izveidotos sensorus, ir iespējams iegūt EEG signālus, tos pastiprināt, kodēt un pārraidīt, kā arī atjaunot reālā laikā.

Lietojot šāda veida signāla ieguves un apstrādes pieeju, ir iespējams palielināt kanālu skaitu līdz 85 un vairāk (ISM joslā). Šādas sistēmas galvenā priekšrocība ir tās mazie izmēri, kas ļauj palielināt kanālu skaitu vienkārši pievienojot papildus sensorus pie barošanas avota.

Izmantojot *LabView* programmatūru Asinhronā Sigma-Delta modulatora atjaunošanas algoritma implementācijai, tiek secināts, ka ir iespējams atjaunot kodēto EEG signālu reālā laikā no izveidotajiem sensoriem un uztvērēja.

6.6 Nākotnes perspektīvas

Pie nākotnes plāniem var nosaukt: papildināt esošo smadzeņu signālu iegūšanas sistēmu ar daudz vairāk kanāliem un izstrādāt algoritmus dažādu notikumu detektēšanai, lai būtu iespējams kontrolēt citas vadības ierīces. Pie nākotnes plāniem ietilpst arī fiziskas ķiveres izstrāde, kurā būtu iespējams ievietot izstrādātos sensorus un kuru būtu ērti lietot, tādā veidā radot EEG datu iegūšanas sistēmu ar zemu enerģijas patēriņu un bezvadu datu pārraidi, kas neierobežotu cilvēku kustības telpā.

Literatūra

- [1] J.Murakami, S.-I.Ito, Y.Mitsukura, Cao Jianting, and M.Fukumi. A design of the EEG feature detection and condition classification. In *Proceedings of 2007 Annual Conference SICE*, pages 2798–2803, 2007.
- [2] M.Dobrea, D.M.Dobrea, and D.Alexa. Spectral EEG features and tasks selection process: Some considerations toward BCI applications. In *Proceedings of 2010 IEEE International Workshop on Multimedia Signal Processing (MMSP)*, pages 150–155, 2010.
- [3] S.Ito, Y.Mitsukura, K.Sato, S.Fujisawa, and M.Fukumi. Study on relationship between personality and individual characteristic of EEG for personalized BCI. In *Proceedings of 2010 IEEE Region 8 International Conference on Computational Technologies in Electrical and Electronics Engineering (SIBIRCON)*, pages 106–111, 2010.
- [4] <http://neurogadget.com>.
- [5] K.Ozols, M.Greitans, and R.Shavelis. EEG data acquisition system based on Asynchronous Sigma-Delta modulator. In *Proceedings of the 13th Biennial Baltic Electronics Conference (BEC2012)*, pages 183–187, 2012.