

JUHTKIRI

Juba kolmandat aastat tegutseb Tallinna Tehnikaülikoolis üks kooslus, mis pole ei teaduskond, instituut ega ka õppetool, kus aga ometi uuritakse teadusi ning jagatakse tudengitele teadmisi. Põrandaaluse üritusega tegemist ei ole. Jutt on ühest Eesti seitsmest teaduse tippkeskusest CEBE (Centre for Integrated Electronic Systems and Biomedical Engineering), mis asub laiali mõõda kampust – raamatukogu kõrval **Tehnomedikumis** (TM), peamaja II korpuse **elektroonika instituudis** (ELIN) ja Raja tänaval asuvas IT-maja **arvutitehnika instituudis** (ATI).

Selles keskkuses uuritakse biosignaale, elektroonikat ja digitaalsüsteeme – need on iseseisvad riigid, kus räägitakse eri keeli, kus teadusruumid ja kultuuritraditsioonid on erinevad. Seda ahvatlevamad on aga piiriületused, kus iga seiklus uude ja võõrasse keskkonda toob kaasa eksootikat ning põnevust. CEBE – on ühendriik, milles on orgaaniliselt põimunud elus- ja tehislloodus. Biosignaali, transistoride ja bittide keeled on küll erinevad, kuid osariikidel on ühisvaluuta – elekter, mis vahendab inimrakkude ja -kudede krüpteeritud põnevuslugusid ühtses meedias.

CEBE unikaalsus põhineb analüüsi ja sünteesi sünergial. Meditsiin analüüsib elavat loodust, kuid vajab selleks tehnilisi seadmeid. Et analüüsida elusloodust, tuleb niisiis sünteesida tehislloodust. Nii me töötamegi oma keskkuses: Tehnomedikum analüüsib ja interpreteerib inimese biosignaali sisse peidetud sisu, elektroonikud analüüsivad signaalide käitumist ja sünteesivad selle algoritmilise kõnepruuki, arvutitehnika instituudi disainerid analüüsivad algoritme ja sünteesivad neist digitaalarhitektuure, mis aitavad välja arvutada biosignaali mõistukõne saladusi.

Keskuse visiooniks on missioonikriitiliste sardsüsteemide loomine, madala energiatarbega veakindlate eriprotsessorite ning sensorvõrkude projekteerimine, nende rakendamine infohõiveks ja -töötlemiseks biomeditsiinitehnika valdkonnas ning uute meetodite, algoritmide ja tööriistade väljatöötamine süsteemide disaini automatiseerimiseks. See on kiiresti arenev valdkond, mis põhineb suurt lisandväärtust ning tootlikkuse kasvu pakkuvatel tehnoloogiatel ja on seetõttu üks prioriteetsemaid T&A suundi Eestis.

CEBE KOOSTÖÖ RAHVUSVAHELISE NÕUKOJAGA

CEBE töö paremaks koordineerimiseks Euroopas läbiviidavate tippuuringutega loodi kohe keskuse asutamise algul rahvusvaheline nõuandev kogu (IAB – International Advisory Board) prominentsetest Euroopa teadlastest: **prof. Bernard Courtois** (TIMA laboratoorium) ja **prof. Ahmed Jerraya** (CEA-LETI, MINATEC) Prantsusmaalt, **dr.**

Rainer Dorsch (IBM), **prof. Manfred Glesner** (TU Darmstadt), **prof. Jürgen Bommer** (Dialysezentrum) ja **Dr-Ing.habil. Uwe Pliquet** (Institut für Bioprozess- und Analytische Messtechnik) Saksamaalt, **prof. Bashir M. Al-Hashimi** (University of Southampton) Inglismaalt, **prof. Marta Rencz** (Budapest University of Technology) Ungarist ning **prof. Jaakko Malmivuo** (Tampere University of Technology) Soomest.

Nõuandev kogu on oma täiskooresseisus meid külastanud Tallinnas kahel korral 2009. a. aprillis ja 2010. aasta septembris. Mõlemal korral viidi läbi CEBE tegemisi tutvustav konverents, mille raames toimusid ka IAB liikmete külaliskoosolekud. Esimese koosoleku eesmärgiks oli IAB soovitude saamine CEBE kui teaduse tippkeskuse töö korraldamiseks. Mitmed IAB liikmed, kes ise olid samalaadsete tippkeskuste juhid, jagasid omapoolseid väärtuslikke kogemusi.



*IAB liige prof. Ahmed Jerraya (CEA-LETI, MINATEC)
IAB koosolek 3. oktoober 2010.*

Viimane hiljutine koosviibimine kujunes omalaadseks aruandekoosolekuks, kus CEBE esitas ülevaate oma kahe eksisteerimise aasta jooksul tehtud tööst ja tulemustest. Eelnevalt oli IAB liikmetele välja saadetud CEBE mahukas tööaruanne. Pärast aruandega tutvumist, CEBE ettekannete ärakuulamist ja diskussioone, esitas IAB järgneva mõne nädala jooksul ka omapoolse kokkuvõtliku ja väga põhjaliku arvustuse CEBE senise töö ja tulemuslikkuse kohta. Arvustus oli positiivne, kus märgiti kiitvalt CEBE teadustulemusi partnerite eri valdkondades ja tõsteti eriti esile CEBE-s käivitunud koostööprojektide huvitavaid teemasid ning tulemuslikkust. IAB liikmetele imponeeris see, et projekte juhivad enamuses just noored teadlased, mis tagab CEBE jätkukestvuse, ja see, et kogu teadustegevus on koordineeritud paljude Euroopa projektidega ning toimub tihedas rahvusvahelises koostöös. Kõrgelt hinnati CEBE koostööd maailma tippuuringutega, niisuguste firmadega nagu IBM, St. Jude Medical, National Semiconductors, Ericsson, Göpel jt. Nõuandva koja liikmete sooviks oli näha

tulevikus uute spin-off firmade tekkimist CEBEs loodud teadustulemuste ellu viimiseks.

CEBE KOOSTÖÖPROJEKTID

Keskuse partnerid on üksteisest sõltumatult juba aastaid tegutsenud viljakalt omaenda konkreetsetes valdkondades ja saanud märkimisväärseid teadustulemusi. Samas aga tahaks ühiskond oma teadlastelt midagi rohkemat kui ainult publikatsioone. Et sünniks praktiline rakendus biomeditsiinitehnikas, on lisaks biosignaalidest arusaamise oskusele vaja ka tarkust signaalitöötlemiseks ja teadmisi selleks vajaliku aparatuuri ning tarkvara loomiseks. Eeskätt just praktiliste rakendusteni jõudmiseks loodigi kõne all olev keskus, ühendati oma teadmised ja oskused eri valdkondadest ning käivitati interdistsiplinaarne koostöö

CEBE teadusuuringud on fokusseeritud missioonikriitiliste usaldatavate ehk töökindlate sardsüsteemide loomisele. Just biomeditsiinitehnika on valdkond, mis esitab kasutatavale tehnoloogiale väga rangeid nõudeid just usaldatavuse ja töökindluse seisukohast. Missioonikriitilisuse nõue on seotud ühelt poolt, süsteemide töökiirusega, mis on oluline reaajas toimuvaks kõrgsageduslike signaalide töötlemiseks ja teiselt poolt, madala energiakuluga näiteks mobiilsete meditsiineseadmete puhul. Edukaks tehnoloogiastandarditeks fundamentaaluuringutelt rakendusse on CEBE uurimistöö organiseeritud projektipõhiselt. Iga projekti tegevusvoog kulgeb suunas, mis algab biosignaalide kogumise ja mõõtmisega Tehnomeedikumis, haarab kaasa signaalitöötlusalgoritmide loomise Elektroonika instituudis ning saavutab kulminatsiooni reaalseid signaale töötlevate eriprotsessorite väljatöötamisega Arvutitehnika instituudis. Käesolevaks hetkeks on CEBE-s käivitunud seitse ühisprojekti :

- P1: Rakendus-spetsiifilised protsessorid signaalitöötlemiseks biomeditsiinis
- P2: Digitaalsüsteemide test ja verifitseerimine
- P3: Optilised- ja bioimpedantsmeetodid kardiovaskulaarses diagnostikas
- P4: EEG analüsaatori aju seisundi hindamiseks
- P5: Neeruasendusravi häiretevaba monitooring
- P6: Elektroonikasüsteemide testimine
- P7: Pooljuhtseadiste uurimine.

Iga koostööpartner nendes projektides arendab teooriat ning eksperimenteerib omas valdkonnas, aga rakendab saadud tulemusi ühises koostööprotsessis mingi konkreetse eesmärgi saavutamiseks. Kaudseks stiimuliks on seejuures sünergia saavutamine, kus kaks pluss kaks on kindlasti rohkem kui neli.

CEBE on avastanud endas kahte tüüpi sünergeetilisi ressursse – sissepoole koonduvat ja väljapoole avarduvat sünergiat.

Sisemine sünergia tähendab läbimurret mingis CEBE konkreetses valdkonnas koostöö toel partneriga mingist teisest valdkonnast. Niisuguseks näiteks on projektis P5 Tehnomeedikumi poolt väljatöötatud meetod dialüüsiravi doosi hindamiseks optilisel meetodil reaajas ilma vereproove võtmata. Probleemiks osutusid selle meetodi puhul aga häired optiliste signaalide töötlemisel. Koostöös arvutitehnika instituudiga õnnestus üllatuslikult rakendada

ühte elektroonikasüsteemide aparatuuri diagnostikas rakendatavat ideed bioprotsesside analüüsil, mille tulemusena saavutati mitte üksnes häirete mahasurumine, vaid loodi ka võimalus dialüüsiprotsesside kulgemise täpsemaks prognooseerimiseks.

Välimine sünergia tähendab aga üksteise kompetentside ühendamist Tehnomeedikumi teoreetiliste tulemuste praktikasse viimiseks konkreetsete rakendustena biomeditsiinitehniliste seadmete väljatöötamise teel, kaasates siin Elektroonikainstituudi kompetentsi signaalitöötlemises ja Arvutitehnika instituudi teadmisi eriprotsessorite disainil, sünteesi, verifitseerimise ja testimise alal.

Järgnevalt esitame lühiülevaate teoksil olevatest koostööprojektidest. Võrreldes eelmise CEBE Uudiskirjaga Nr. 2 (Aprill, 2010), kus tutvustati kuute tol korral algavat projekti, on aasta jooksul käivitunud veel seitsmeski projekt, kusjuures aastaga on saavutatud kõikides projektides juba ka tulemusi, millest allpool tulebki juttu. Uudiskirja traditsiooniks on kujunemas ühe konkreetse projekti välja valimine pikemaks kirjeldamiseks. Seekord sai valitud selleks projekt P4, mis käsitleb portatiivse EEG analüsaatori väljatöötamist inimese aju seisundite hindamiseks.

PROJEKT P1. RAKENDUS-SPETSIIFILISED PROTSESSORID SIGNAALITÖÖTLUSEKS BIOMEDITSIINIS

Projekti juht: Peeter Ellervee (Arvutitehnika instituut)

Osalevad partnerid: Põhitegevus toimub ATI disainigrupi (M. Gorev ja V. Pesonen) ja ELIN bioimpedantsi töögrupi (P. Annus ja M. Min) koostöös. Lisaks toimub koostöö projektiga P2 (J. Raik) projekteeritava riistavara testi ja diagnostika alal ning projektiga ja P4 (M. Jenihhin) signaalitöötlemis-moodulite projekteerimise alal.

Eesmärk: Projekti eesmärgiks on bio-impedantsi mõõtmisel vajaliku reaajas töötava andmete kogumise- ja filtreerimis-protsessorite ning sobivate signaaligeneraatorite loomine. Partnerite koostöö eesmärgiks on välja selgitada sobivaim tasakaal eel- ja järeltöötlemise keerukuse ja paindlikkuse vahel. Kaugemaks eesmärgiks on metoodika ja vahendite loomine, mis võimaldaksid rakendus-spetsiifiliste signaalitöötlemis-protsessorite projekteerimist.

Taust: Biomeditsiinis kasutatakse organite/kudede omaduste mõõtmiseks paljudel juhtudel mitmekanalilisi andmekogumise-seadmeid. Põhjuseks eelkõige see, et kasulik informatsioon on üldjuhul maskeeritud keha/organi üldtegevusena tekkivate muude signaalide poolt, mis konkreetse mõõtmise jaoks osutuvad müradeks. Näiteks võib tuua südametegevust iseloomustavate signaalidega kaasnevaid hingamistegevuse signaale.

Bio-impedantsi mõõtmine on üks viis organi/koe omaduste hindamiseks. Olemuseks on kudede takistuse mõõtmine erinevatel sagedustel, mis lubab hinnata nii rakkude kui ka rakkudevahelise vedeliku seis- ja vahekorda. Mitme elektroodi kasutamine mõõtmisel lubab saada mõõtetulemusi keha/organi erinevate osade kohta, mis omakorda lubab hinnata erinevaid talitlusi - südame töö, vere seisund, lihaste jt. kudede olukord.

Bio-impedantsi efektiivseks mõõtmiseks on vaja kasutada mitmeid mõõtepunkte (6-10) ja kõrgeid sagedusi (MHz-d). Sellest johtuv kõrge võendamis-sagedus esitab omakorda nõuded signaalitöötlusele, mis tuleb vähemalt osaliselt teostada reaalarajas ja kohapeal. Probleemiks on signaalitöötlus-algoritmist lähtudes valida sobivaim tasakaal jõudluse ja ressurssinõudluse vahel. Arvesse tuleb võtta ka täiendavaid piiranguid – nt. täpsus, energiatarve, mobiilsus. Samuti tuleks analüüsida ja rakendada algoritmide ja protsessorite testmetoodikaid, kaasa arvatud reaalarajas töötavaid isetestimis-algoritme, mis on projekti P2 temaatikaks.

Senised tulemused: On loodud konfigureeritav eel-protsessor bio-impedantsi mõõtmiseks, mis lubab kasutada pseudo-juhuslikku võendamist vähendamaks nn. alias-efekti. Välja on valitud ühine platvorm prototüüpide realiseerimiseks (Altium NanoBoard). Koostöös teiste projektidega on valminud signaalitöötluses vajalike virtuaalkomponentide esimesed versioonid.

Tähtsus: Projekti panusena rahvusvahelisse teadusesse olekski eelkõige kaugem eesmärk – meetodika ja vahendid rakendus-spetsiifiliste signaalitöötlus-protsessorite projekteerimiseks, mis lähtub mitte ainult signaalitöötlus-algoritmist vaid ka nt. jõudlusest, täpsusest, energiatarbest, mobiilsusest.

PROJEKT P2. DIGITAALSÜSTEEMIDE TEST JA VERIFITSEERIMINE

Projekti juht: Jaan Raik (Arvutitehnika instituut)

Osalevad partnerid: Põhitegevus toimub ATI diagnostika uurimisgrupis (R. Ubar, S. Devadze, S. Kostin, A. Tsepurov jt). Katseobjektideks on CEBE koostööprojekti P1 arendatavad signaaliprotsessorite arhitektuurid, milliste rakendused töötatakse välja ATI disainigrupi (P. Ellervee) ja ELIN bioimpedantsi uurimisgrupi (M. Min) koostöös. Potentsiaalseteks partneriteks on ka teistes koostööprojektides P3 ja P4 osalevad kaastöötajad, kes arendavad välja mitmesuguseid teisi biomeditsiinitehnikas kasutatavaid sardsüsteeme. Lisaks toimub koostöö projektiga P6 (A. Jutman) projekteeritava riistavara testi ja diagnostika alal ning projektiga P4 (M. Jenihhin) signaalitöötlus-moodulite projekteerimise alal.

Eesmärk: Tõsta digitaalsüsteemide usaldatavust, vältida nende projekteerimisel vigu, avastada süsteemides rikkeid ja parandada veakindlust. Selleks töötatakse välja, ühelt poolt efektiivsemaid projekteerimisvahendeid – meetodeid, algoritme ja tarkvara sardsüsteemide verifitseerimiseks, silumiseks ja diagnostiliseks simuleerimiseks, ning teiselt poolt, kasutades nimetatud tööriistu, töötatakse välja uut tüüpi isetestitavaid digitaalstruktuure kasutamiseks sardsüsteemides nende usaldatavuse ja veakindluse tõstmiseks.

Taust: Meditsiinis rakendatavate elektroonikaseadmete üheks põhiliseks nõudeks on usaldusväärsus ja veakindlus ehk võimalike vigade ning rikete automaatne avastamine nii projekteerimisel, valmistamisel kui ka eksploatatsioonis. Üha levinumaks kontseptsiooniks maailmas on saanud süsteemide isetestimine, mille puhul ei vajata keerukaid ja kalleid välisseadmeid, mis pealegi aeguvad kiiresti ega

suuda juba aasta paari pärast enam adekvaatselt testida uusi projekteeritavaid süsteeme dünaamikas ehk normaalsel töökiirusel. Isetestiv süsteem võib oma töökorrasolekut kontrollida ise sõltumata ajast ning kohast. Probleemiks on siin aga testimise vajaliku kvaliteedi tagamine. Praegu kasutatavate isetestimise meetodite üldiseks puuduseks on ühelt poolt, rikete ebapiisav „kate“ ja teiselt poolt, rikete „liigtestimine“. Süsteemide keerukuse pideva kasvamise tingimustes on tekkinud suur mahajäämus ka projekteerimisvahendite, eeskätt simulaatorite skaleeruvuses ja ebapiisavas töökiirusel.

Projekteerimise toetamiseks on loodud palju vahendeid, mis võimaldavad projekteerimisvigu tuvastada, aga puuduvad vahendid vigade lokaliseerimiseks. Vigade avastamise ja parandamise ehk silumise maksumuseks kulub praegu teadaolevalt ca 45 % kogu kiibi projekteerimistsükli maksumusest. Silumisprotsessi automatiseerimine võimaldaks aga projekteerimiskulusid oluliselt kokku hoida.

Senised tulemused: Uut tüüpi loogikaskeemide rikete simulaator, mille töökiirus ületab ligi suurusjärgu võrra olemasolevaid analoogilisi professionaalseid tööriistu; uued meetodid digitaalskeemide hübriidseks isetestimiseks ja testimise stsenaariumite optimeerimiseks; uus meetod projekteerimisvigade lokaliseerimiseks ja parandamiseks, kasutades kriitilise tee meetodit lokaliseerimisel ja funktsionaalsete mutatsioonide ideel põhinevat formaalset rikete parandamist.

Tähtsus: Uued meetodid ja algoritmid on panus rahvusvahelisse teadusesse. Uued tööriistad võimaldavad tõsta projekteerimise kiirust ja toodete kvaliteeti, mis annab võimaluse konkureerida rahvusvahelisel disainitarkvara turul. Tänu sardsüsteemide projekteerimiskiiruse tõusule ja usaldatavuse kasvule, tõuseb konkurentsivõime ka uut tüüpi sardsüsteemide tootmisel ja rakendamisel.

PROJEKT P3. OPTILISED- JA BIOIMPEDANTSMEETODID KARDIOVASKULAARSE DIAGNOSTIKAS

Projekti juht: Kalju Meigas (Tehnomeedikum)

Osalevad partnerid: Optiliste meetodite uurimise ja algoritmide väljatöötamisega tegeleb Tehnomeedikumi biomeditsiinitehnika instituut K. Meigase juhtimisel. Bioimpedantsil põhinevate elektriliste meetodite uurimise ja algoritmide väljatöötamisega tegeleb elektroonikainstituut M. Mini juhtimisel. Meditsiinilised uuringud patsientidel toimuvad Põhja Eesti Regionaalhaigla kardioloogia keskuses M. Viigimaa juhtimisel. Algoritmide realiseerimise ja protsessorite rakendamise tegeleb ATI disainigrupp P. Ellervee juhtimisel ning diagnostika ning meetodite töökindlusega ATI diagnostikagrupp J. Raigi juhtimisel.

Eesmärk: Töötada välja uued efektiivsed ja kiiretoimelised meetodid ning algoritmid, et tõsta diagnoosi kvaliteeti kardioloogias. Väljatöötatavad meetodid põhinevad arterite parameetrite kombineeritud mõõtmistel kasutades paralleelselt nii optilist kui elektrilist aparatuuri.

Taust: Väljatöötatavad meetodid põhineksid arterite jäikuse mõõtmisel ja võimaldaksid diagnoosida väga varaseid arteri

seina mehhaanilisi muutusi. Veresoonte seinte jäikus on iseloomulik enamikule kardioloogilistele probleemidele ja on ka üheks ateroskleroosi riskifaktoriks. Uuringud näitavad selgelt, et pulsiline leviku kiiruse ja augmentatsiooniindeksi muutused viitavad ateroskleroosist tingitud veresoonte struktuursetele muutustele. Sellealane meditsiiniline uurimistöö on toimunud Margus Viigimaa juhendamisel Põhja Eesti Regionaalhaiglas ja on ette kantud mitmetel rahvusvahelistel konverentsidel. Tehniliselt on tegemist kompleksse ülesandega mis nõuab erinevate signaalitöötlusvahendite kasutamist optiliste ja elektriliste signaalide ahelates. Pannes oskuslikult kokku optilise ja elektrilise meetodi, oleks tõenäoliselt võimalik välja töötada kõrgetasemeline liitandur, millega saaks hinnata arterite mehhaanilisi parameetreid ja nende ajalisi muutumisi. Optilisel meetodil on võimalik monitoorida keskmist vererõhku, see põhineb meie pikaajalisel teadustööl. Südame löögimaht on lihtsamini leitav impedantsmeetodiga. Üldine probleem on kindlasti seotud signaalide müradega ja erinevad signaalitöötamise vahendid on möödapääsmatud. Täiustades sellist andurit infotehnoloogiliste lahendustega, oleks võimalik teostada patsientide pikaajalisi uuringuid koos uuringutulemuste automaatse salvestamise ja töötlemisega.

Senised tulemused: On välja töötatud pulsiline kiiruse ja kuju analüüsil põhinev optiline meetod vererõhu mitteinvasiivseks löögilt-löögile mõõtmiseks ning on ehitatud mõõtekompleks arterite erinevate parameetrite uurimiseks nii optilisel- kui ka bioimpedantsmeetodil. Mõõtekompleksi on kasutatud kõrgvererõhku ja diabeeti põdevate patsientide uurimiseks Põhja Eesti Regionaalhaiglas.

Tähtsus: Uued meetodid ja algoritmid on panus nii rahvusvahelise teadusse kui tervishoidu. Need võimaldavad tõsta kardioloogilise meditsiiniteenuse kvaliteeti olukorras, kus südame-veresoonkonna haigused on üks põhilisi surmapõhjuseid nii Eestis kui ka Euroopas.

P4: EEG ANALÜSAATOR AJU SEISUNDI HINDAMISEKS

Projekti juht: M. Jenihhin (Arvutitehnika instituut)

Osalevad partnerid: Tehnomeedikumi ajuuuringute grupp (juht H. Hinrikus, osalejad M.Bachmann, J.Lass, H.Lurje, A.Suhhova, V. Tuulik), Arvutitehnika instituudi disaini grupp (juht P. Ellervee; osalejad M.Gorev, V.Pesonen, D.Mihhailov), Arvutitehnika instituudi diagnostika grupp (juht J.Raik, osalejad M.Jenihhin, A.Chepurov, U.Repinski)

Eesmärgid:

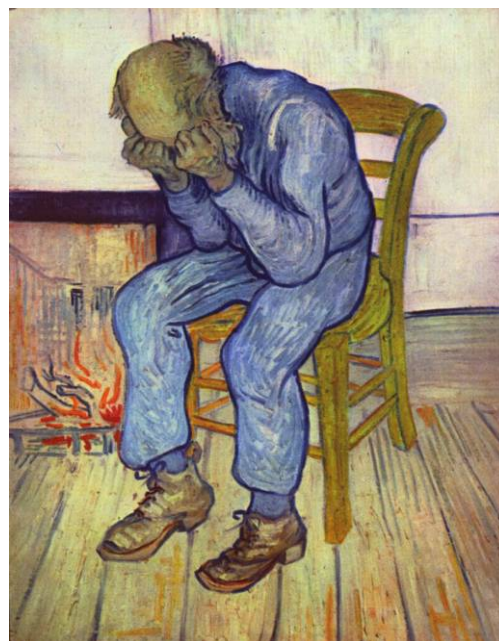
- EEG algoritmide ja indikaatorite väljatöötamine ja täiustamine aju häirete hindamiseks;
- signaalitöötlemise algoritmide elektroonne realiseerimine spetsiaalsete protsessorite kujul;
- eriotstarbelise portatiivse EEG analüsaatori väljatöötamine.

Taust: Tervise pidev kontroll ja tervisehäirete varane avastamine on olulise tähtsusega ravi tulemuslikkuse tagamisel. Kiirenev elutempo ühiskonnas ja elanikkonna vananemine toovad kaasa stressi suurenemise ja aju

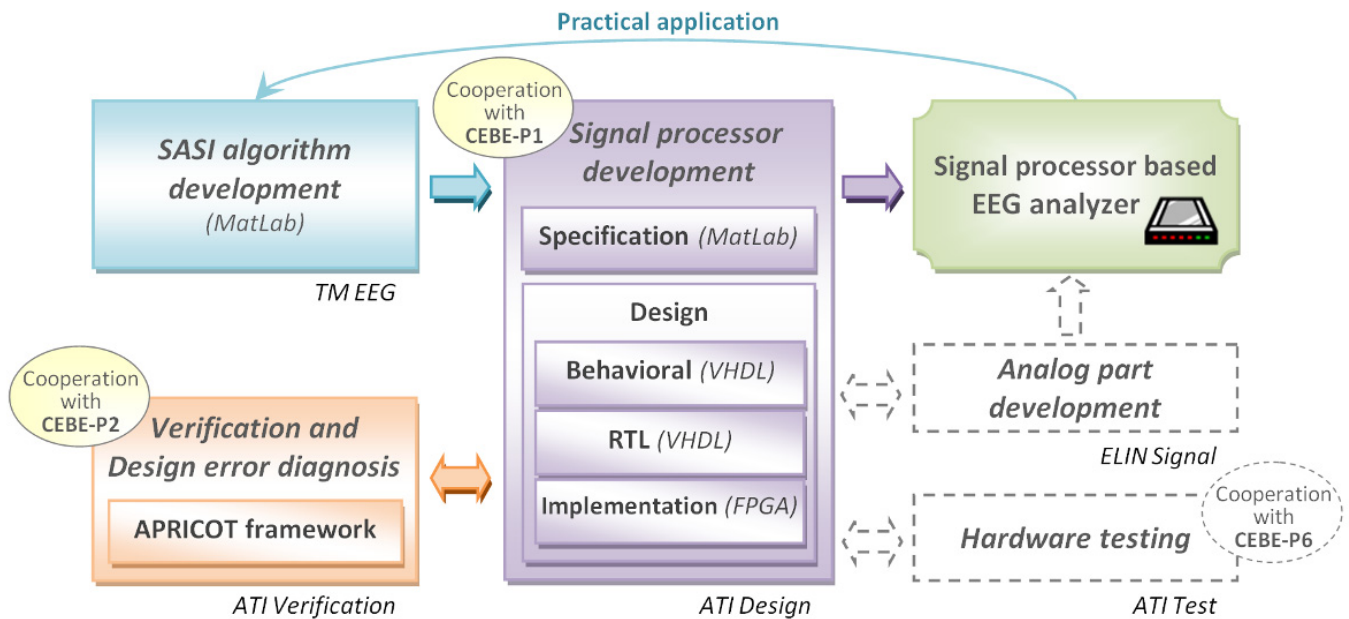
vaimsete ning funktsionaalsete häirete kasvu. Nii kannatab NIH (National Institute of Health, USA) andmeil ainuüksi sügava depressiooni all umbes 340 miljonit inimest (5% maailma elanikkonnast) ja see arv on viimase 10 aastaga 40 korda suurenenud. Nii aju degeneratiivsed kui vaimsed häired avastatakse reeglina hilja, kui aset leidnud muutused on juba patsiendi elu kvaliteeti oluliselt kahjustanud. Ravi sel juhul on pikaajaline ja tihti vähe tulemuslik. Ajuhäirete varase avastamise võimalus tervise regulaarsel kontrollil, näiteks perearsti juures, praktiliselt puudub.

Aju funktsionaalseteks uuringuteks on kaasajal olemas vaid suhteliselt kaudsed meetodid. Pildidiagnostika meetodid nagu funktsionaalne magnetresonantskuvamine (fMRI), positronemissioontomografia (PET) ja mõned teised annavad teavet ainevahetusest, vere või kindlate molekulide suhtelisest jaotusest ajus. Need meetodid on kallid ja kasutatavad vaid tõsiste meditsiiniliste näidustuste puhul. Elektro- ja magnetsefalograafia (EEG ja MEG) registreerivad aju elektri- või magnetvälju, mis kirjeldavad aju bioelektromagnetilist aktiivsust ja infotöötlemist. Kõige kättesaadavam nii lihtsusest kui hinna poolest on EEG, mis kindlustab mitte halvema sagedusliku eraldusvõime kui MEG, kuigi halvema ruumilise eristuse MEG ja pildidiagnostika meetoditega võrreldes. Kuna infotöötlemine ajus põhineb peamiselt elektrilistel protsessidel ja aju seisundi muutused ei ole seotud ainult üksikute kolletega, on just EEG sobiv aju töö võime hindamiseks tervise regulaarsel kontrollimisel.

EEG analüüsil põhinevate indikaatorite leidmine, mis võimaldavad eristada inimese poolt veel mittemärgatavaid häireid ajutegevuses, on seejuures väga oluline. Suhteliselt odava ja lihtsa testaparatuuriga registreeritavate indikaatorite olemasolu võimaldab teostada ajutegevuse laialdast kontrolli ja patsient vajadusel juba varakult suunata spetsiaalsetele uuringutele.



*Vincent van Goghi õlimaal
"On the Threshold of Eternity", 1890*

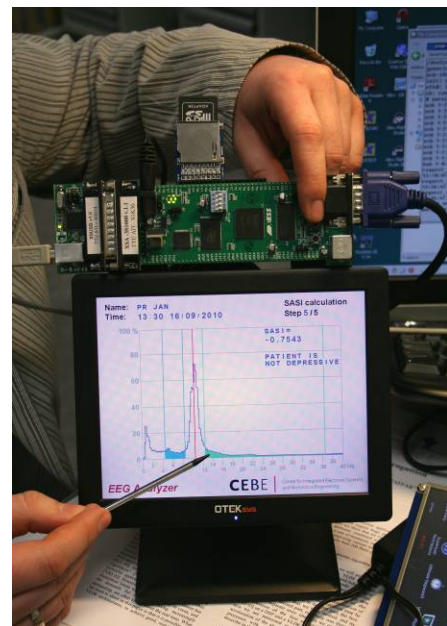


Joonis 1. Koostöö ja tööjaotus erinevate töögruppide vahel projekti raames.

Vaimse häire poolt tekitatud EEG muutuste uuringuid alustati koostöös CEBE ja Põhja-Eesti Regionaalhaigla vahel. Läbiviidud uuringute tulemusena jõuti järeldusele, et depressioon tingib muutused EEG spektraalses tasakaalus. Parima tulemuse andis EEG spektri kõrgema osa, beetasageduse, võimsuse võrdlus spektri madalama osa, teetasageduse, võimsusega. Selline lähenemine nõuab spektri keskmise sagedusriba, alfasageduse, mis antud juhul informatsiooni ei sisalda, välistamise analüüsist. Selle uuringu põhjal töötati välja spektraalse asümmeetria indeks (SASI) aju seisundi hindamiseks. SASI arvutamiseks leitakse kõigepealt EEG spektri maksimum, sellest kõrgemal ja madalamal valitakse erinevate laiustega ülemine ja alumine sagedusriba, millede võimsuste suhteline erinevus annab SASI väärtused. Tuletatud algoritmi järgi arvutatud SASI väärtused osutusid negatiivseks tervetel (madalam beeta, kõrgem teeta võimsus) ja positiivseks (kõrgem beeta, madalam teeta võimsus) depressiooni all kannatavatel uuritavatel. Väljatöötatud meetodi eeliseks on võimalus ainult üht EEG kanalit kasutada.

Projekti käigus realiseeriti esialgselt MatLab-is väljatöötatud SASI arvutamise algoritm spetsiaalse signaalprotsessorina FPGA tehnoloogia baasil. Joonisel 1 on toodud tööjaotus erinevate CEBE töögruppide vahel projekti raames. Spetsiaalprotsessori arendamine sisaldas riistvara kirjeldamist erinevatel abstraktsioonitasemetel ja oli teostatud koostöös CEBE-P1 projektiga. Näiteks kui SASI algoritmi kirjeldus MatLab-is kostis 50 koodi reast, siis selle detailsem käitumusliku mudeli (behavioral) kirjeldus seisnes juba 500 koodi reast ja veel riistvara lähedasem täpsustatud kirjeldus võttis juba 5000 koodi rida. Spetsiaalse signaalprotsessori arendus nõuab ka põhjalikku verifitseerimist ja testimist. Koostöö selles suunas oli alustatud CEBE-P2 projektiga. Selle käigus on plaanis kasutada ATIs väljatöötatud keskkonda. Joonisel 2 on

seadme laboratoorne prototüüp. Protsessor tagab väljatöötavas EEG analüsaatoris SASI arvutuse reaaliajaks.



Joonis 2. SASI arvutus FPGA baasil realiseeritud EEG analüsaatori prototüübis.

Tehnomeedikumis tehtud täiendavad uuringud näitavad, et muutused EEG spektri asümmeetrias toimuvad ka mikrolaineikiirguse mõjul, mis tõstab beetasageduse võimsust. Kirjanduse andmeil toimub beetasageduse võimsuse tõus ka alkoholi mõjul. Tähelepanu defitsiidi ja hüperaktiivsuse häirele (ADHS) kaasneb teatavasti madal beeta võimsus. Need esialgsed tulemused ja teadaolevad suundumused lubavad oodata, et väljatöötatud SASI indeks võib olla kasutatav ka teiste, depressioonist erinevate aju häirete puhul. Kavas on edasine SASI modifitseerimine mitmete ajuhäirete leidmiseks. SASI algoritmi kohandamine

teiste häirete eristamiseks vajab protsessori rekonfigureerimist.

Väljatöötatav spetsiaalne väiksegabariidiline portatiivne ja lihtsalt käsitatav EEG analüsaator leiab kasutust aju seisundi hindamisel nii kõrge vastutusastmega töötajate (politsei, päästetöötajad, militaartöötajad jt) puhul kui ka elanikkonna regulaarsel tervisekontrollil.

PROJEKT P5. NEERUASENDUSRAVI HÄIRETEVABA MONITOORING

Projekti juht: Ivo Fridolin (Tehnomeedikum)

Osalevad partnerid: Koostöös osalevateks partneriteks on TM (I.Fridolin, D. Karai) ja ATI (R.Ubar, S. Kostin), kus TM rolliks on optilise dialüüsi adekvaatsuse monitori tarkvara uuendamine vastavalt uutele

häirekindlatele algoritmidele ja nende riistvaraline katsetamine kliinilistes uuringutes, ATI ülesandeks on uute häirekindlate algoritmide välja töötamine, testimine, verifitseerimine, optimeerimine ja juurutamine dialüüsravi doosi hindamiseks.

Eesmärk: Üldesmärgiks on dialüüsravi doosi hindamine optilise meetodiga reaajas ilma vereproove võtmata. Käimasoleva uurimistöo konkreetseks eesmärgiks on välja töötada signaalitötlusalgoritmid, mis võimaldaksid maksimaalselt stabiilset ja häiretevaba dialüüsravi doosi hinnangut dialüüsravi käigus optilise monitori abil. Tulemused peaksid olema võrreldavad traditsiooniliste vereproovide baasil leitud doosi väärtustega.

Taust: Seni on optilise dialüüsi adekvaatsuse monitooringu häirekindluse suurendamiseks kasutatud mediaanfiltrit, mis elimineerib äkilised muutused reaajas mõõdetud signaalist kas tänu õhumullide esinemisele mõõtesüsteemis või muudel põhjustel. Kahjuks ei ole selline lähenemine piisavalt paindlik, kui tegemist on selliste parameetrite nagu verevoolu ja dialüüsivedu kiiruse muutusest või fistula ebaefektiivsest funktsioneerimisest tingitud häiretega.

Häiretest vabanemiseks on koostöös ATI-ga välja töötatud uued algoritmid, mis detekteerivad, arvestavad ja parandavad reaajas mõõdetud signaali mittesoovitavatest kõikumistest tingitud hälbeid. Selle tulemusena on dialüüsravi doosi hindamine dialüüsravi käigus optilise monitori abil stabiilsem ja häirekindlam. Arendamisel on meetodid, mis võimaldavad (i) ennustada dialüüsravi doosi võimalikult vara peale ravisessiooni algust ning (ii) hinnata ureemiliste toksiinide elimineerimise kiirust lähtudes nn multikambriilise(multicompartment) kehavedeliku jaotuse eeldusest.

Tähtsus: Kahe uurimisrühma koostöona juba saavutatud huvitav ja ootamatu tulemus seisneb selles, et dialüüsiprotsessi jooksva info analüüsiks kasutatavate algoritmide väljatöötamisel võeti aluseks hoopis teises valdkonnas – digitaalsüsteemide riistvara diagnostikas kasutatavaid diagnoosimeetodeid. Uued meetodid tagavad stabiilsema ja häirekindlama optilise reaajas toimuva monitooringu, võimaldavad pidevat dialüüsi adekvaatsuse näitajate määramist igal patsiendil dialüüsadi põhjal ilma vereanalüüside võtmiseta ning lisavahendite ja -tööta

neeruasendusravi kvaliteedi hindamiseks. See aitab parandada raviteenuse kuluefektiivsust ning tõsta rahvusvahelist teadustaset. Meetodi rakendamine võimaldab haigla meditsiinipersonalil otsustada, kas dialüüsi efektiivsus vastab patsiendi kliinilisele seisundile ja neeruasendusravi nõuetele panustades personaalse raviteenuse (personal healthcare) arengusse.

PROJEKT P6. ELEKTROONIKASÜSTEEMIDE TESTIMINE

Projekti juht: Artur Jutman (Arvuti tehnika instituut)

Osalevad partnerid: Põhitegevus toimub ATI testimise alase uurimisgrupi (S.Devadze, A.Tsertov, I.Aleksejev) ja ELIN bioimpedantsi töögrupi (P. Annus ja M. Min) koostöös. Lisaks toimub koostöö projektiga P2 (J.Raik) projekteeritava riistvara testi ja diagnostika alal.

Eesmärk: Üldesmärgiks on töötada välja vahendeid elektroonika trükkplaatide testimiseks ja rikete lokaliseerimiseks. Töö teoreetiliseks aluseks on kõrgtaseme otsustusdiagrammide teooria kasutamine testprogrammide sünteesi automatiseerimiseks. Väljatöötamisel on nn. „legoklotsidel“ põhinev uudne testide sünteesi kontseptsioon, kus testprogrammid struktureeritakse arhiveeritavateks šabloonideks (legoklotsideks) ning automaatne testide generaator sünteesib nendest šabloonidest lõpliku testprogrammi, mis kohandatakse automaatselt konkreetse plaadi ja konkreetsete testimiseesmärkidega seatud tingimustele.

Taust: Elektroonika trükkplaatide valmistamisega kaasnevad üsnagi tüüpiliselt montaazhivead ja rikked komponentide ühendustel. Samas on välised testimisvahendid väga kallid ja amortiseeruvad tehnoloogia ülikiire arengu tõttu kiiresti. Seetõttu on üha rohkem levimas ise-testimise põhimõtte kasutamine nii mikrokiipides kui ka montaazhplaatidel, mida soodustavad mikroprotsessorite või -kontrollerite olemasolu testitavas objektis, aga samuti ka FPGA tehnoloogia rekonfigureeritavuse võimalused. Keerukate paljukihiliste plaatide kasutamine ja montaazhitiheduse kasv suurendavad küll kasutatavaid funktsionaalseid võimalusi, aga teiselt poolt mõjuvad negatiivselt kaasaegsete elektroonikasüsteemide töökindlusele ja raskendavad testimist. Elektroonikatööstus on astumas uude ajastusse, kus senised testimismeetodid, mis põhinevad staatilisel tehnoloogial (nt. Boundary Scan standard), on kaotamas oma võimekust. Samas puuduvad täna nende asendamiseks alternatiivid.

Tähtsus: Kuna elektroonika trükkplaatide testprogrammide koostamine on valdkond, mida seni pole õnnestunud automatiseerida, siis on käesolev projekt äärmiselt aktuaalne nii teaduslikus kui ka praktilises mõttes. Kuna käsitöö on aeglane ja keerukate süsteemide puhul ka vigaderohke, siis testimisele kuluva aja märgatav vähendamine testide programmeerimise automatiseerimise abil võimaldab elektroonikatoodete turule jõudmise kiirendamist ehk siis olulist eelist tootja-ettevõttele konkureerivate firmade ees.

PROJEKT P7. POOLJUHTSEADISTE UURIMINE

Projekti juht: Toomas Rang (Elektronika instituut)

Osalevad partnerid: Koostöös osalevateks partneriteks on Elektronika instituudi signaalitötluse ja pooljutide füüsika ning Elektriaramite instituudi jõuelektronika uurimisgrupid. Diffusioonkeevituse alastes uuringutes on partneriks Joffe Elektrotehnikainstituudi Pooljuhtseadiste labor.

Eesmärgid:

1. Schottky diodide epitaksiaalkihi kontaktialuses üleminekuosas asuvate lisandiaatomite sügavate ja vahepealsete (intermediate) energeetiliste nivoode karakteriseerimine transient spektrometria meetodi abil (DLTS mõõtmised) ning antud uuringutulemuste rakendamine GaAs ja SiC põhinevate jõuseadiste elektrilistele karakteristikute hindamisele, millele järgneb sobivate elektriliste karakteristikutega seadiste rakendamine uuendatud kiiretoimelistes energiamuundurites.
2. Sobiva tehnoloogilise spetsifikastiooni leidmine realiseerimaks SiC polütüüpseid heterosiirdeid kasutades pooljuhtplaatide ühendamist difusioonkeevituse meetodiga (wafer bonding algorithm using diffusion welding technology) ja uute pooljuhtseadiste prototüüpide loomine

Taust: DLTS meetod kuulub mahtvuslike meetodite klassi uurimaks pooljuhtmaterjalides olevate energeetiliste lõksude olemasolu ja omadusi. Eksperimentide tulemusena saadakse infot lõksude asukoha ja jaotuse kohta. Põhjuseks uuringute läbiviimiseks on asjaolu, et nii sügavad kui ka vahepealsed (intermediate) lõksude tekke, käitumise ning selle käitumise mõju kohta olemasolev info ja arusaamad on ülimalt puudulikud. Eksperimentaalse katsekemparid pärinevad firmast Clifton AS, milline valmistab LPE tehnoloogias p-i-n struktuure jõudiodide tarbeks ja SiC JBS struktuurid, mis pärinevad Joffe Instituudist, ja kus lõplik metallisatsioon on tehtud elektronikainstituudi uurimisgrupi poolt.

Diffusioonkeevituse (DW) tehnoloogia võimaldab realiseerida tahkeid ühendusi pooljuhtplaatide vahel, mille tulemusena tekivad polütüüpsed siirded SiC erinevate polütüüpide vahele.

Tähtsus: Energeetiliste lõksude asukoha, tiheduse (kontsentratsioon) ja käitumise (temperatuur) mõju kindlakstegemine GaAs p-i-n ning SiC JBS struktuuride staatilistele ja dünaamilistele elektrilistele karakteristikutele võimaldab optimeerida tehnoloogilisi protsesse. Kontaktialuste lõksude mõju arvestamine kontakti üleminekutakistusele võimaldab tõsta kiiretoimeliste energiamuundurite kasutegurit.

Uudne tahkes faasis polütüüpsete siirete esilekutsumise tehnoloogia laiendab uute pooljuhtseadiste skaalat. Heterosiirete kasutamise läbi on võimalik tõsta MOS jõustransistoride kiiretoimelisust kuni suurusjärgu võrra, samuti on võimalik tõsta spetsiifiliste UV andurite tundlikkust. Ka nende eesmärkide saavutamise juures mängib olulist rolli DLTS mõõtetehnoloogia, mille abil läbi sügavate ja keskmiste energeetiliste nivoode karakteriseerimise on suure tõenäosusega võimalik

optimeerida nii jõu-MOS-de kiiretoimelisust kui ka parandada UV andurite tundlikkust.

TEOD JA TULEMUSED IMPEDANTS-SPEKTROSKOPIA VALLAS

Impedants-spektroskoopia on uuritava objekti elektrilise impedantsi sagedussõltuvuse määramine laias sagedusvahemikus. Objekti sisendisse antakse tuntud spektraalsete karakteristikutega ergutus-signaali ning mõõdetakse objekti vastus-signaali (reaktsiooni) ergutusele. Tegemist on süsteemi identifitseerimisega sagedusvallas selle ülekandefunktsiooni mõõtmise alusel. Täpsemalt käsitletakse sellist erijuhtu, kus ülekandefunktsiooniks on impedantsi sagedussõltuvus. Uuritavaks objektiks on olnud enamasti eluskude (lihaskiud, südamelihaskiud, rakukultuur), kuid ka elektroonilise seade (aku, patarei) või metallstruktuur (euromünt) on uurimise alla võetud tööstusele suunatud projektide käigus, nagu iBatman (intelligent Battery Management, National Semiconductor Inc) ja SAFEMETAL (FP7-SME). Probleeme tekitab venima kippuv mõõteajag ja mõõdetava impedantsi kiire muutumine ning kaasnev müra-signaali (dünaamilised objektid häirete keskkonnas). Näiteks võiks tuua tuksuva südame, hingavad kopsud ja pulseeruva vaskulaarsüsteemi (veremüra veresoontes). Palju kiiremad on aga protsessid müntide tuvastamisel müntimasinates ja rakkude või nende kogumike identifitseerimisel mikrolaborites (lab-on-a-chip). Siin tuleb mõõteprotsess ja järgnev otsustus ära teha lms jooksul. Laias sagedusribas (kuni 50 MHz) tuleb kiiresti mõõta tugeva müra taustal. Mõõtevahend peab seejuures olema lihtne, tihedalt ja vähest energiat tarbiv, sest nähakse ette kasutamist implanteeritavates seadmetes, näiteks südamerütmurites ja -monitorides ning mikrovalmimises biolaborites.

Kuidas leida sobiv meetod impedants-spektroskoopia ülesande täitmiseks? Kõigepealt on tarvis leida hea lahendus signaalide genereerimise ja töötlemise jaoks. Selleks asuti uurima ergutuseks sobivaid signaalikujusid, silmas pidades ka nende praktilist genereeritavust lihtsate elektroonikalülitustega.



Professor Mart Min

Esmalt asuti traditsioonilise ühesagedusliku siinus-signaali ülimalt lihtsa diskreetse aproksimeerimise teele. Sobivaks osutus ternaarne (3-väärtuseline) signaal väärtustega +1, 0, -1 täpselt määratud impulssjadana. Reaktsiooni töötlemiseks

võeti kasutusele sünkroonne ternaartöötlus ülilihtsa protsessoriga. Meetod on patenteeritud Euroopas ja USAs. Suurema täpsuse nõude korral osutus täiesti piisavaks vaid veidi keerukam aproksimatsioon, kus esinevad väärtused +1, +2, 0 ja -1 ning -2. See lahendus esitati patenteerimiseks möödunud aasta lõpukuudel.

Praegu on käsil mitmesagedusliku siinuste summast koosneva ergutussignaali kasutusele võtmine mõõtmise kiirendamiseks paralleeltöötuse abil. Esmalt peetakse silmas summasignaali sünteesi nii, et siinuste summa amplituudi ja efektiivväärtuse suhe (crest factor) ei ületaks väärtust 1,414 ehk (21/2), mis on omane üksikule siinussignaalile. Osutus, et sobivate algfaaside valikuga erineva sagedusega üksiksiinuste jaoks on selline tulemus saavutatav vastava optimumülesande lahendamise kaudu. Arvutitehnika instituudi teadlaste poolt on välja töötatud ka spetsiaalne binaarprotsessor kompleksse vastussignaali töötlemiseks äärmiselt lihtsal viisil vaid ajastatud ja järjestatud sorteerimise, grupppeerimise ja summeerimise protseduure kasutades. Tulemuseks on vastussignaali Fourier' teisendus.

Siinuste summa genereerimine on keeruline, kas lihtsamalt ei saaks? Jah saab, arendamisel on binaarse (kaheväärtusliku, +1 ja -1) impulsside aegjada süntees nii, et selle sagedusesitus sisaldaks rõhutatutena just vajalikke siinussignaali komponente. Sellist signaali on äärmiselt lihtne genereerida tavalise digitaallülituse abil, vastussignaali töötlemiseks sobib tõenäoliselt juba ülal märgitud protsessori erivariant. Vajaduse korral peetakse silmas ka 3-väärtuslikke ternaarsignaale (+1, 0, -1).

Viimasena on käsile võetud selliste lühiajaliste siinussignaali ja nende diskreetkujude uurimine, millede hetksagedused muutuvad ajas teatud seaduspärasuse järgi (lihtsaim on lineaarne sageduse muutus). Tegemist on sagedusvalla spektrite teisendamisega ajavallas nii, et saavutada parim signaal/müra suhe lühikeses ajavahemikus mõõtmise korral.

Sellised signaalid on topelt skaleeritavad. Saame muuta nende kestvust ajavallas nii, et spektrite kuju sagedusvallas ei muutu, ja vastupidi, saame sagedusvallas muuta spektrite kuju ja sagedusriba nii, et kestvus ajavallas ei muutu. Avaneb võimalus mõõtmise täielikuks kohandamiseks antud objekti identifitseerimiseks selleks, et tulemi informatiivsus oleks maksimaalne. Sellist mõõtmist võiks nimetada kognitiivseks spektraal-analüüsiks. Mõõtesüsteem tunnetab ära uuritava süsteemi omadused (dünaamika, müra tase, eeldatav ülekandefunktsiooni kuju) ning kohandab mõõtesignaali kuju ja parameetrid sellele vastavaks. Selles osas uuringud jätkuvad, ilmselt on tarvilik nii signaaliprotsessori arhitektuur kui töötusalgoritmid luua isekohanduvateks.

Uurimisuuna koordinaator Mart Min pälvis ülaltoodud tööde eest käesoleva aasta EV riikliku preemia tehnikateaduste vallas, ühtlasi valiti Mart Min koos uurimigrühmaga Euroopa Leiutaja 2011 auhinna nominendiks.

OLULISEMAD TULEMUSED

AJAVAHEMIKUL APRILL 2010 – APRILL 2011

- CEBE Rahvusvahelise Nõuandva Koja koosolek, 3. oktoober 2010.

UUED RAHVUSVAHELISED PROJEKTID

- FP7-SME-SafeMETAL, partner. Partnerid: Ardoran OÜ, EDIS, Algosystems AE, Dunvegan Systames Ltd, AS Metrosert, Electronics Design Ltd, Rigas Tehniska Universitate, Telecommunications Systems Institute, University of Cyprus
- EUROSTARS: COMBOARD - FPGA-Based Test Acceleration Methodology for Complex Electronic Boards projekt (2011-2013). Partnerid: Saksamaa (2), Eesti (TTÜ, Testonica Lab)
- COST: European Network of Competence. Manufacturable and Dependable Multicore Architectures at Nanoscale (2011-2015). Partnerid: Itaalia (3), Saksamaa (2), Prantsusmaa (2), Rootsi, Belgia, Inglismaa, Hispaania, Kreeka, Šveits, Iirimaa, USA jt.
- IBM Award: ZamiaCAD Framework for Hardware Design, Debug, and Research (2011-2012). Partnerid: IBM, TTU
- EAS rakendusuring "Multi component monitoring (MCM) of the dialysis quality assessment – method and technology" (Tehnomeedikumi biomeditsiini-tehnika instituut koordinaatori rollis, partnerid AS Ldiamon, Quattromed HTI Laborid)
- Loodi koostöö Mae Pindmaa une apnoe diagnostika ja ravi alal Mae Pindmaa Unemeditsiini kliinikuga Tallinnas ja prof. Olli Polo Helsingi-Turu-Tampere Unemeditsiini keskusega

KÜLALISLOENGUD

- Brandenburgi Tehnikaülikool (Cottbus, Saksamaa). R.Ubari külalisloeng rahvusvahelises doktorikoolis „Models and Abstractions for Verification and Test in the Design of Dependable Embedded Systems“ (aprill 2010).
- Fujiwara Lab, NAIST, (Nara, Jaapan). Maksim Jenihhini külalisloeng "Research in the area of hardware design and test performed in TUT. APRICOT" (aprill 2010).
- Budapesti Tehnoloogiaülikool (Ungari), prof. Toomas Rang pidas loengu teemal „Wide band-gap materials based power devices: troubles and solutions –DLTS measurements“; (1. - 4. juuli 2010).
- Lõuna Šveitsi Rakendusülikool (Lugano, Šveits), prof. Toomas Rang pidas loengu teemal „Wide band-gap materials based power devices: troubles and solutions –DLTS measurements“; (6. - 8. juuli 2010).
- Bloisi Tehnikaülikool (Prantsusmaa), prof. Toomas Rang pidas loengu teemal „Wide band-gap materials based power devices: troubles and solutions –DLTS measurements“; (12. - 14. juuli 2010).
- Darmstadt Tehnikaülikool (Saksamaa), R. Ubar ja A. Jutman viisid läbi rahvusvahelises suvekoolis kursuse

„Digitaalsüsteemide diagnostika“ (14. - 23. august, 2010).

- Loeng Lübeck'i Ülikoolis, 29.09.2010 (M.Min).
- Loeng Chmenitz'i Tehnikaülikoolis, 13.10.2010 (M.Min).
- Külalisloeng Grazi Tehnikaülikoolis „Explorations in design error debug“ J. Raik, 28.10.2010.
- Tutorial konverentsi Nordic Test Forum 2010 raames, Drammen, Norway, 23 – 24. november 2010, (A.Jutman)

LEIUTISED

- US Patent US7706872B2. Method and device for measurement of electrical bioimpedance. Inventors: Min Mart, Kink Andres, Land Raul, Parve Toomas. Owner: Tallinn University of Technology. Granted 27.04.2010.
- European Patent 1575426 B1 (2010). Method and device for measurement of electrical bioimpedance. Inventors: Min, Mart; Kink, Andres; Land, Raul; Parve, Toomas. Owner: Tallinn University of Technology. Patent granted 29.12.2010.

RAHVUSVAHELISTE KONVERENTSIDE ORGANISEERIMINE

- IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTs 2010), St. Peterburg, 18. – 21. september, 2010 (üldjuhi asetäitja – R.Ubar).
- Osalemine juhtkomiteede töös: EDCC'10 (J.Raik); DDECS'10, LATW'10 (R.Ubar); EAEEIE 2010, 2011 (G. Jervan); Norchip 2010, 2011 (P. Ellervee); NTF 2010, 2011 (A. Jutman), 5th Baltic Atherosclerosis Congress (M. Viigimaa).
- 12th Biennial Baltic Electronics Conference (BEC 2010), Tallinn (Estonia), 4-6. okt. 2010 (Üldjuht – T. Rang, programmikomitee juht - P. Ellervee)
- DAC Workshop on Diagnostic Services in Network-on-Chips – DSNOC, Anaheim, USA, Juuni 13, 2010 (G. Jervan – peaorganisaator)

- IV Balti Hüpertensiooni kongress, Tallinn 22.-24. aprill, 2010. (M. Viigimaa - peaorganisaator, esines ettekandega "Balti Hüpertensiooni Kongresside ajalugu")
- Spetsiaalsessioonide organiseerimine: LPonTR'11, ReCoSoC 2011 (G. Jervan)

CEBE POPULARISEERIMINE

- Esinemine Kuku raadios. Nov. 21, 2010 (R.Ubar)
- Avalik ettekanne Teaduste Akadeemias. Nov. 10, 2010 (R.Ubar)
- Esinemine Aktuaalses kaameras. Dets. 19, 2010 (J.Raik)
- Esinemine Raadio 4s. Dets. 29 (A.Jutman)
- Esinemine AK teadusuudistes. 26. sept 2010 (CEBE biovedelike optika uurimissuuna tutvustus, I. Fridolin jt.)
- Esinemine saates „Kukkuv õun“ (KUKU Raadio). Detsember 2010; (T. Rang)
- "Südamerütmurid aitavad elada", Horisont 1/2011, lk. 8-15. Mart Min
- Persoon: Mart Min - Südamed ja eurod elektroonika laual (koostanud Andero Kaha), Tarkade Klubi, Nr.2 (50), 2011, lk. 36-39
- Mart Min ja impedants, ERR telesaade "Püramiidi tipus", 12.02.2011
- Mart Min - Vabariigi teaduspreemia laureaat tehnikateaduste alal, Kuku Raadio teadussaade "Kukkuv õun", 17.04.2011.
- Mart Min: Teadusest tootmisse viib okkiline rada - maailma vallutav leiutis vaid hobikorras (koostanud Ain Alvela), Äripäev Nr. 14 (4198), 20.01.2011, lk. 10-11.
- Artikkel „Sünergiline teaduskeskus“ ajalehes Mente et Manu. 25. märts 2011.

TUTVU KA CEBE KOHTA KÄIVA LISAINFORMATSIOONIGA CEBE VEEBIS: CEBE.TTU.EE

- CEBE IAB koosolekuks koostatud ülevaade tegevustest aastatel 2008-2010
- CEBE uudiskirja varasemad numbrid
- CEBEt tutvustavad reklaammaterjalid
- Jooksev informatsioon CEBE tegevustest (külalisloengud, seminarid, sündmused)

CEBE

Centre for Integrated Electronic Systems
and Biomedical Engineering



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Euroopa Liit
Euroopa
Regionaalarengu Fond



Eesti tuleviku heaks