

AUTONOMINĖS EMOCIJŲ NUSTATYMO SISTEMOS VYSTYMAS

Antanas Andrius Bielskis^{1,2}, Darius Drungilas¹, Gediminas Gričius^{1,2}

¹Western Lithuania Business College, ²University of Klaipėda,

el. paštas: andrius.bielskis@ik.ku.lt, dorition@gmail.com, gediminas@ik.ku.lt

Antanas Andrius Bielskis. Habilituotas daktaras, profesorius. Mokslinių tyrimų kryptis – Dirbtinio intelekto sistemos žmonių visuomenės socialinei atskirčiai mažinti

Darius Drungilas. Magistrantas. Mokslinių tyrimų kryptis – Paskirstytosios dirbtinio intelekto sistemos žmogaus emocijoms atpažinti.

Gediminas Gričius. Magistrantas. Mokslinių tyrimų kryptis – Paskirstytosios intelektualiosios daugelio agentų sistemos.

Anotacija

Darbe aprašomas autonominės žmogaus emocijų matavimo sistemos modelis kuriant intelektualią socialinės e-rūpybos paslaugų aplinką. Modelis yra paremtas nutolusiuoju žmogaus emocijų tyrimu ir nutolusiųjų biorobotų adaptyviojo valdymu per Atmega16 valdiklį. Modelyje yra naudojami žmogaus elektrokardiogramos (ECG), elektrinio odos aktyvumo (EDA) ir odos temperatūros matavimo duomenys. Aprašomi šiuos duomenis charakterizuojančių signalų surinkimo, transformavimo, filtravimo ir kaupimo būdai panaudojant AD620 instrumentinius stiprintuvus ir Atmel AVR tipo mikrovaldiklius. Darbe aprašyti originalaus autorių sukurto ir įgyvendinto skaitmeninio įrenginio *Atmega Oscilografas* tobulinimo žingsniai, pateiktas jo programinės įrangos aprašas ir detalesnis originalaus duomenų apsikeitimo algoritmo aiškinimas, palengvinantis supratimą, kaip inkrementiniu būdu perduoti 10 bitų duomenis ir efektyviau panaudoti 8 bitų nuoseklaus duomenų perdavimo protokolą AVR tipo Atmel mikrovaldikliams.

PAGRINDINIAI ŽODŽIAI: žmogaus ir kompiuterio bendravimas, žmogaus susijaudinimas, socialinė e-rūpyba, biorobotų paslaugos

Abstract

This paper presents principle of modelling of an autonomous emotion recognition system to creating of an intelligent e-health care environment. The process of emotion recognition is based on measurements of very small physiological signals taken from electrodes noninvasively attached on human body. The amplified ECG, EDA, and human's body temperature signals are used in the model for emotion recognition. The ECG, SC, and human's body temperature data acquisition module is designed based on usage of AD620 type instrumentation amplifier and ATmega16 microcontroller. To realizing actual emotion recognition process, the following data preprocessing steps are described in this paper: the phases of amplifying, discrimination, filtering, recording, and storing into database of the system. A new experimental environment of digital data acquisition and representation, the multi-channel oscilloscope called as *Atmega Oscilografas* is proposed and described in this paper. The original 10 bit data transferring algorithm is proposed based on incremental usage of 8 bit data for effectively realizing of USART protocol of Atmel microcontrollers

KEYWORDS: human-computer interaction, human arousal, e-social care, biorobot-based assistance

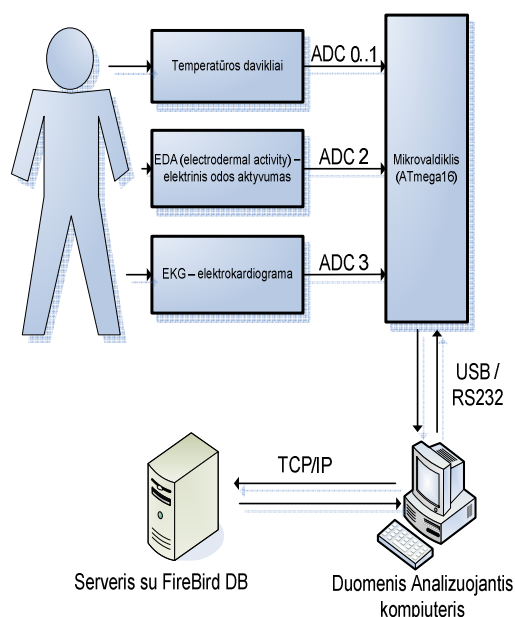
Įvadas

Automatinės emocijų atpažinimo sistemos, kuri funkcionuotų nevargindama žmogaus ir nepažeisdama jo privatumo [1, 2], pritaikymo ir kūrimo žingsniai buvo neseniai aprašyti visoje eilėje Klaipėdos universiteto ir Vakarų Lietuvos verslo kolegijos tyrėjų darbų [4-8]. Tokios sistemos kūrimui buvo pritaikyti AVR tipo mikrovaldikliai ir sukurta matavimo duomenų kaupimo ir atvaizdavimo originali programinė priemonė „Atmega Oscilografas“ [3]. Nors yra sukurta visa eilė panašių techninės įrangos platformų tokių kaip Berkeley Mica2 ir Telos, ETH's BTnodes, Intel's iMote bei UCC's DSYS25 [9, 10], integruotas emocijų matavimo daviklių įvedimas į sistemą reikalauja jos tolesnio programinės įrangos emocijų fiksavimui ir atpažinimui vystymo. Šiame darbe aprašomas tolesnis programinės priemonės „Atmega Oscilografas“ [3] vystymas ir pateikiamas detalesnis emocijų atpažinimo algoritmų aiškinimas.

Emocijų atpažinimo sistemos modifikavimas

Sukurtą emocijų nuskaitymo sistemą sudaro keturi davikliai (du temperatūros, elektrokardiogramos EKG nuskaitymo ir elektrinio odos aktyvumo EDA nuskaitymo davikliai), mikrovaldiklis ATmega16, duomenis analizuojantis kompiuteris ir duomenų bazė (FireBird) (1 pav.). Davikliai nuskaityto duomenis ir analoginiais kana-

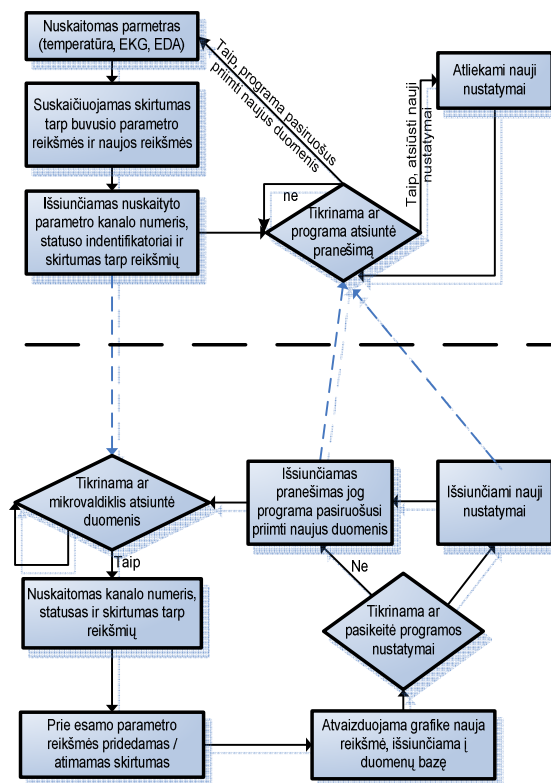
lais juos perduoda mikrovaldikliui, mikrovaldiklis šiuos duomenis paverčia iš analoginių į skaitmeninius ir juos apdorojė bei sutvarkęs perdavimui, perduoda duomenis analizuojančiam kompiuteriui, šis atsiųstus duomenis sutvarko ir juos įkelia į duomenų bazę.



1 pav. Emocijas analizuojančios sistemos struktūra

Emocijų nuskaitymui, buvo sukurtos dvi tarpusavyje bendraujančios programos (2 pav.). Pirmoji, parašyta C++ programavimo kalba ir esanti mikrovaldiklyje. Ji nuskaityto duomenis iš daviklių, juos apdoroja ir išsiunčia antrajai programai, esančiai kompiuteryje, per RS232/USB kanalą. Antroji programa parašyta Delphi 7 programavimo kalba. Ši sistema buvo sukurta taip, kad vienu metu skirtingais greičiais būtų galima nuskaityti keturis analoginius kanalus. Kadangi duomenys nuskaityti iš daviklių yra 10 bitų, o RS232 kanalas gali vienu metu perduoti tik 8 bitus, buvo sugalvota tokia duomenų perdavimo sistema:

1. Mikrovaldiklis ir kompiuteryje esanti programa nustato pradinis kanalų duomenis lygius 0 (Atliekama sinchronizacija tarp abiejų programų).
2. Mikrovaldiklis nuskaityto vieną iš keturių daviklių, ir suskaičiuoja skirtumą tarp esamos reikšmės ir prieš tai buvusios reikšmės. Ir išsiunčia kompiuteriui kanalo numerį, kuris buvo nuskaitytas, duomenį ar naują reikšmę, kuri gali būti didesnė ar mažesnė už esamą reikšmę ir skirtumą tarp reikšmių.
3. Kompiuterio programa, gavusi naują vieno kanalo duomenį, pirmiausiai patikrina ar jis buvo didesnis ar mažesnis už prieš tai buvusią reikšmę taip:
 - Jei reikšmė didesnė už prieš tai buvusią reikšmę, tuomet prie buvusios reikšmės pridedamas atsiųstasis skirtumas;
 - Jei reikšmė mažesnė už prieš tai buvusią reikšmę, tuomet iš buvusios reikšmės atimamas atsiųstasis skirtumas.
4. Naujas gautasis duomuo įrašomas į duomenų bazę ir atvaizduojamas grafike.
5. Parenkamas naujas kanalas, iš kurio bus nuskaityti duomenys, išsiunčiamas pranešimas mikrovaldikliui, jog programa pasiruošusi priimti naujus duomenis, nurodant iš kurio kanalo reikia skaityti naują duomenį
6. Veiksmai kartojami vėl nuo pirmo iki šešto.



2 pav. Emocijas analizuojančios sistemos programų veikimo principai

Žmogaus emocijas atspindintiems parametrui matuoti buvo sukurta 4 kanalų matavimui pritaikyta programinė įranga *Atmega Oscilografas* (3 pav.).

Būseną nusakančių parametrų aprašymas

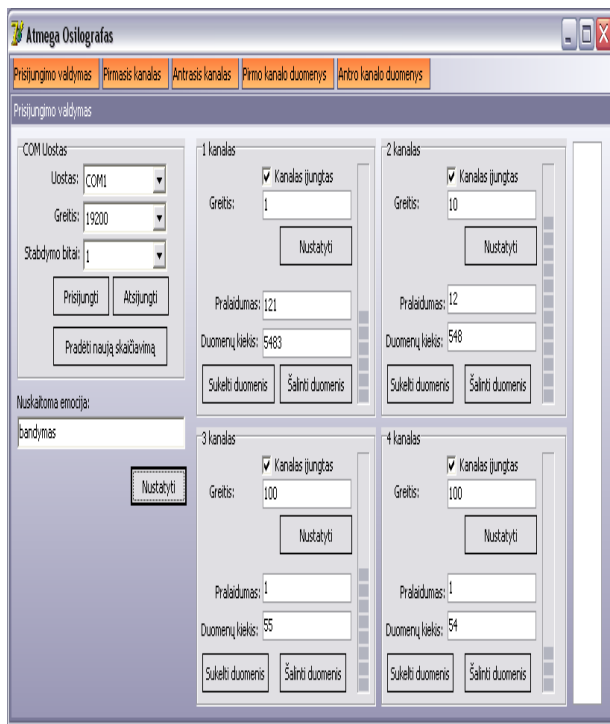
Tipinė sveiko žmogaus kardiograma pavaizduota 4a pav. Ji yra sudaryta iš 6 kreivių junginių (P, Q, R, S, T, U). kardiograma gali būti charakterizuojama šiais parametrais:

Pa, Qa, Ra, Sa, Ta, Ua – atitinkamai P, Q, R, S, T, U kreivių amplitudės, mV;

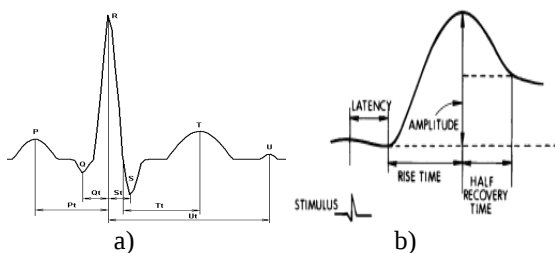
Pd, Qd, Rd, Sd, Td, Ud – atitinkamai P, Q, R, S, T, U kreivių trukmės, s;

Pt, Qt, St, Tt, Ut – atitinkamai P, Q, S, T, U kreivių išsidėstymo atstumai (1 pav.), s;

Hr – intervalas nuo P iki P, s.



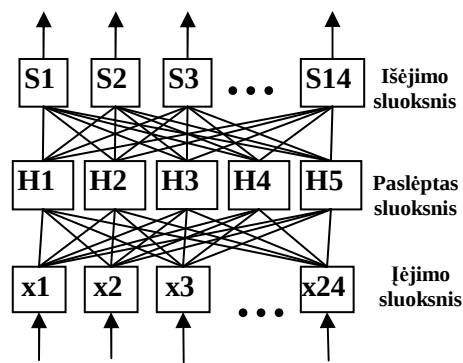
3 pav. 4 kanalų emocijų matavimo modulio programinė įranga *Atmega Oscilografas*



4 pav. a) Tipinė kardiogramos kreivė;
b) tipinė EDA kreivė

EDA apibūdina 4 parametrai (4b pav.). Pirmasis - tai uždelsimas *Lat* (*Latency*), kuris nusako laiko tarpą nuo stimulo pradžios iki kreivės kilimo pradžios. Antrasis parametras yra kreivės kilimo laikas *RT* (*Rise Time*), t.y. intervalas nurodantis kiek laiko trunka kol odos laidumas pasiekia piką. Kitas parametras – amplitudė *A* (*Amplitude*), kuri nusako odos laidumo pokytį. Ir yra parametras *HRT* (*Half Recovery Time*), kuris nusako per kiek laiko banga sumažėja iki pusės amplitudinės reikšmės.

Norėdami įvertinti, tarkime, 14 žmogaus būsenų (sveikas, serga 1 liga, serga 2 liga, serga 3 liga, serga 4 liga, serga 5 liga, laimingas, liūdnas, piktas, išsigandęs, nustebeš, pasišlykštėjęs, mieguistas, ramus), naudosisime daugiasluoksnį neuroninį tinklą, kurio įėjimo sluoksnį sudaro 24 parametrai (18 kardiogramos, 4 EDA ir 2 temperatūros charakteristikos), o išėjimo sluoksnį sudarys 14 elementų (*S1, S2 ...S14*), atitinkančių anksčiau išvardintą būseną. Taigi sprendžiamas klasifikavimo uždavinys pagal 5 pav. pavaizduotą neuroninį tinklą.



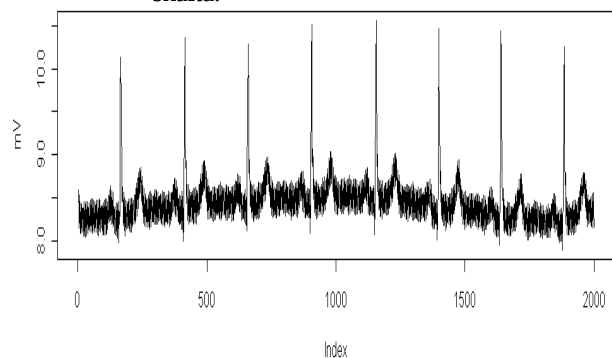
5 pav. Žmogaus būsenas atpažįstantis neuroninis tinklas

Jame įėjimo sluoksnio parametrai $x_1, x_2, \dots, x_{24}$ atitinkamai yra $H_r, P_a, P_d, P_t, Q_a, Q_d, Q_t, R_a, R_d, S_a, S_d, S_t, T_a, T_d, T_t, U_a, U_d, U_t, L_a, R_t, A, h_r, t, \Delta t$.

Parametrų išskyrimas

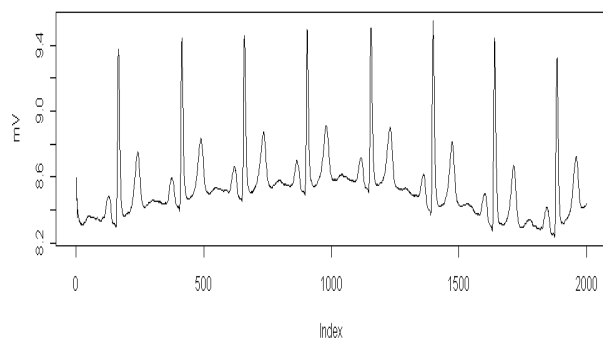
Su oscilografu matuojant elektrokardiogramą, odos laidumą, bei temperatūrą, duomenų bazėje fiksuojamos nuoskaitos tam tikrais laiko intervalais. Tokie duomenys nėra tinkami nustatant žmogaus būseną ar diagnozuojant ligą. Šie duomenys turi būti filtruojami [12] ir juos būtina atitinkamai apdoroti, t.y. nuoskaitas išreikšti per anksčiau minėtus 24 parametrus. 6 pav. yra pavaizduota EKG iš 2000 nuoskaitų. Identifikuojant EKG parametrus, pirmiausiai išskiriamos R kreivės, kadangi jų amplitudė yra didžiausia. Tai atliekame pagal tokį algoritmą:

- 1) apskaičiuojama imties maksimalioji reikšmė – max ;
- 2) įvedamas tolerancijos koeficientas γ ($\gamma < 1$);
- 3) jei nuoskaita didesnė nei $\gamma \cdot max$, tai ta nuoskaita yra R kreivė;
- 4) kartojamas 3 veiksmas su kiekviena nuoskaita.



6 pav. Iš 2000 nuoskaitų pavaizduota EKG

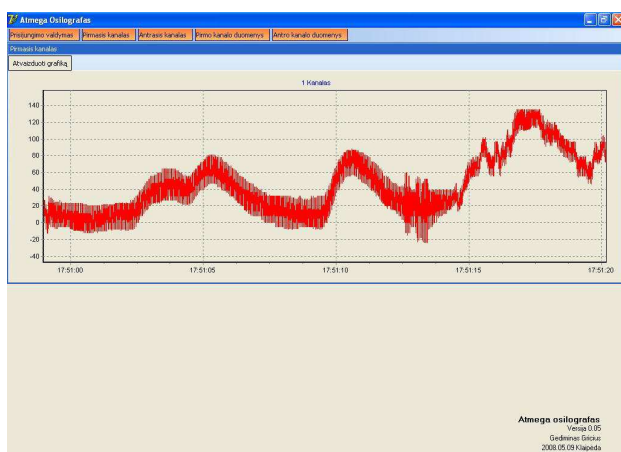
Išskyrus gretimų R kreivių laiko momentus, surandami intervalai tarp RR kreivių. Norint gauti R kreivės amplitudes, RR intervalo ribose skaičiuojamas modas apie kiekvieną kreivę. Gautąjį rezultatą atėmus iš R reikšmės, surandama R amplitudė. Kadangi 6 pav. duomenyse yra triukšmų, norint išskirti kitus parametrus, būtina atlikti duomenų suglodinimą naudojant Gauso filtrą (7 pav.)



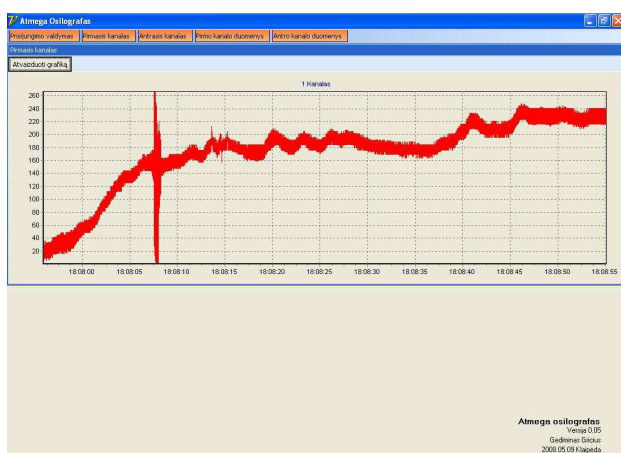
7 pav. EKG vaizdas, pritaikius Gauso filtrą

$\frac{1}{4}$ RR intervalo ribose į kairę ir į dešinę kryptimis nuo R kreivės suradus minimumo tašką, gaunamos Q ir S kreivės, kurių amplitudės surandamos taip kaip ir R kreivės atveju. Panašiai gaunamos ir P bei T kreivės, tik vietoj minimumo $\frac{1}{4}$ RR intervalo ribose nuo Q ir S taškų skaičiuojami maksimumai.

EDA matavimai, naudojant 3 pav. programinę įrangą *Atmega Oscilografas*, yra pavaizduoti 8 ir 9 pav.

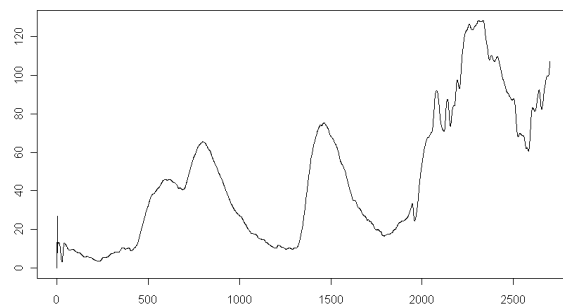


8 pav. 73 sekundžių laiko intervalo 3419 nuoskaitų EDA signalo įrašai

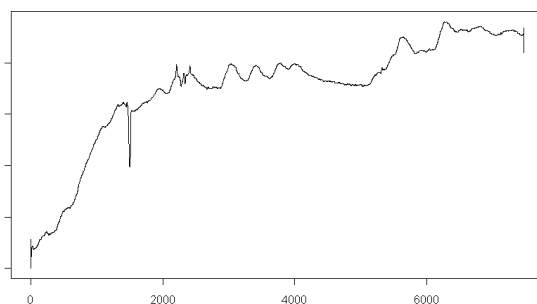


9 pav. 74 sekundžių laiko intervalo 8683 nuoskaitų EDA signalo įrašai

Jų filtravimą atlikus Gauso filtru, signalų vaizdas pateiktas 10 ir 11 paveikslėliuose. EDA parametrų *Lat*, *RT*, *A* ir *HRT* nustatymui buvo panaudotas [11] pasiūlytas metodas, besiremiantis hipoteze, kad spartesnės EDA kreivės charakterizuoja intensyvesnę emocinę reakciją. Šia prielaida remdamiesi, [11] darbo autoriai mygtukų paspaudimais klasifikavo kompiuterinių žaidimų dalyvių emocijų klases atitinkančius įvykius į tokias 5 kategorijas: sujaudintas (excited), sužadintas (aroused), budrus (alerted), normalus (normal) ir atsipalaidavęs (relaxed).



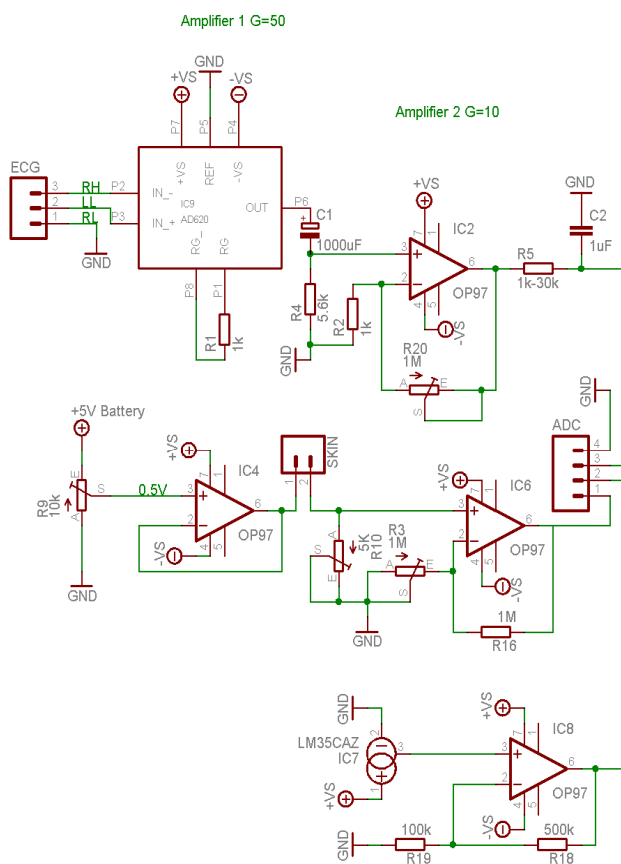
10 pav. 73 sekundžių laiko intervalo 3419 nuoskaitų Gauso glotninimu filtruotas EDA signalas



11 pav. 74 sekundžių laiko intervalo 8683 nuoskaitų Gauso glotninimu filtruotas EDA signalas

Sistemos techninės įrangos vystymas

EKG, EDA ir žmogaus kūno temperatūros matavimo įrenginys buvo sukonstruotas pagal 12 pav. principinę schemą. Elektrokardiogramos signalų stiprinimo modulis buvo sukonstruotas pagal AD620 instrumentinio stiprintuvo dokumentacijoje pateiktas rekomendacijas. Žmogaus odos temperatūros matavimo modulis sukonstruotas LM35CAZ tipo temperatūros matuoklio pagrindu, o EDA parametrų matuoti buvo pasinaudota J.A. Healey daktaro disertacijoje naudojama schema [13].



12 pav. EKG, EDA ir žmogaus kūno temperatūros matavimo įrenginio schema

Išvados

1. Tyrimo rezultatai patvirtino nutolusiuoju būdu atliekamų žmogaus emocijų atpažinimo ir nutolusių biorobotų adaptyviojo valdymo per ATmega16 valdiklį požiūrio gyvybingumą, pasiūlant praktiškai įgyvendintus modelio techninės ir programinės įrangos vystymo žingsnius, besiremiančius žmogaus elektrokardiogramos, elektrinio odos aktyvumo ir odos temperatūros matavimo duomenų apdorojimo realiu laiku algoritmais. Darbe aprašytieji autonominės žmogaus emocijų matavimo sistemos modelio vystomo žingsniai sustiprino požiūrį apie šio modelio naudingumą kuriant intelektualią socialinės erūpybos paslaugų aplinką.
2. Tyrimais nustatyta, kad autonominės žmogaus emocijų matavimo sistemos duomenis charakterizuojančių surinktų per didelės įėjimo varžos operacinius bei AD620 instrumentinius stiprintuvus, LM35CAZ precizinius temperatūros matuoklius ir Atmel AVR tipo valdikius signalų pirminiam apdorojimui geriausiai tinka valdiklyje atliekamas realiu laiku Gauso glotninimu pagrįstasis filtravimas.
3. Darbe įrodytas senesnių autorių sukurto ir įgyvendinto originalaus skaitmeninio įrenginio Atmega Oscillografas modifikavimo ir vystymo proceso naudingumas, pateikiant šio įrenginio

programinės įrangos tobulinimo žingsnius, detaliau atskleidžiant originalaus duomenų apskaitimo algoritmą, palengvinantį inkrementiniu būdu perduoti 10 bitų duomenis ir efektyviau panaudoti 8 bitų nuoseklaus duomenų perdavimo protokolą AVR tipo Atmel mikrovaldikliams.

Literatūra

1. Pentland A. *Healthwear: Medical Technology Becomes Wearable*// IEEE Computer, May 2004, - 37(5), p. 42-49.
2. Villon O., Lisett Ch. *A User-Modeling Approach to Build User's Psycho-Physiological Maps of Emotions using Bio-Sensors* // in proc. of IEEE Roman, 2006, p. 269-276.
3. Bielskis A.A., G.Gricius, J.Marozas. *Modelling of an autonomous emotion recognition system.*//Vadyba, ISSN 1648-7974 Klaipėda: Klaipėdos universiteto leidykla, 2008, Nr.1 (12), p. 14-19.
4. Bielskis A. A., Denisov V., Kučinskas G., Ramašauskas O., Roman N. *Modeling of Human Physiological Parameters in an E-Laboratory by SOM Neural Networks* // Elektronika ir elektrotechnika. Kaunas: Technologija, ISSN 1392-1215, 2007. Vol. 3(75). - p. 77-82.
5. Gricius G., Drungilas D., Šliamin A., Lotužis K., Bielskis A.A. *Multi-Agent-Based E-Social Care System for People with Movement Disabilities*// Technologijos mokslo darbai Vakarų Lietuvoje. Klaipėda: Klaipėdos universiteto leidykla, ISSN 1822-4652, 2008, VI.-p.67-77.
6. Severina J., E.Žalys, A.A.Bielskis.. *Creating of a model of ECG, EDA and human temperature measurement system.*//Vadyba, ISSN 1648-7974 Klaipėda: Klaipėdos universiteto leidykla, 2008, Nr.1 (12), p. 79-85.
7. Šriupša E., A.Ruzgys, A.A.Bielskis. *Modelling of patient EDA, ECG and temperature measurements based emotion recognition system*// .//Vadyba, ISSN 1648-7974 Klaipėda: Klaipėdos universiteto leidykla, 2008, Nr.1 (12), p. 86-92.
8. Vaitonytė A., R.Gedvilas, T.Petrulis, A.A.Bielskis.. *System modeling of provided services by the physiological state portable agent.*// .//Vadyba, ISSN 1648-7974 Klaipėda: Klaipėdos universiteto leidykla, 2008, Nr.1 (12), p. 98-102.
9. Healey J.A. *Wearable and Automotive Systems for Affect Recognition from Physiology. PhD thesis*, Massachusetts Institute of Technology, 2000.
10. Tapia E. M., Marmasse N., Intille S. S., Larson K. *MITes: Wireless Portable Sensors for Studying Behavior* // Proceedings of the UbiComp, Sept. 2004
11. *EDA Sensor*, [interaktyvus, žiūrėta 2008 m. spalio 13 d.].http://instruct1.cit.cornell.edu/courses/ee476/FinalProjects/s2006/hmm32_pjw32
12. Hollý B., Špilák L. *Digital Filtration Of Artifacts In ECG*. 2004. [interaktyvus, žiūrėta 2008 m. spalio 13 d.] <http://www.urel.feec.vutbr.cz/ra2008/archive/ra2004/abstracts/105.pdf>
13. Healey J.A. *Wearable and Automotive Systems for Affect Recognition from Physiology. PhD thesis*, Massachusetts Institute of Technology, 2000.

DEVELOPMENT OF AN AUTONOMOUS FRAMEWORK FOR EMOTION RECOGNITION

Antanas Andrius Bielskis, Darius Drungilas, and Gediminas Gricius

Summary

An approach of development of an autonomous emotion recognition system for creating of an intelligent e-health care environment is described. The process of emotion recognition is based on measurements of very small physiological signals taken from electrodes noninvasively attached on human body. The amplified ECG, EDA, and human's body temperature si-

gnals are used in the model for emotion recognition. The ECG, EDA, and human's body temperature data acquisition module is designed based on usage of AD620 type instrumentation amplifier and ATmega16 microcontroller. To realizing actual emotion recognition process, the following data pre-processing steps are described in this paper: the phases of amplifying, discrimination, filtering, recording, and storing into database of the system. The steps of development of recently proposed of new

experimental environment for digital data acquisition and representation, the multi-channel oscilloscope called as *Atmega Oscilografas* are described in this paper. The original 10 bit data transferring algorithm has been discussed based on incremental usage of 8 bit data for effectively realizing of USART protocol of Atmel microcontrollers.