

Zbornik 21. mednarodne multikonference

INFORMACIJSKA DRUŽBA - IS 2018

Zvezek I

Proceedings of the 21st International Multiconference

INFORMATION SOCIETY - IS 2018

Volume I

**Delavnica za elektronsko in mobilno zdravje
ter pametna mesta**

**Workshop Electronic and Mobile Health
and Smart Cities**

Uredila / Edited by
Matjaž Gams, Aleš Tavčar

<http://is.ijs.si>

8.–12. oktober 2018 / 8–12 October 2018
Ljubljana, Slovenia

Zbornik 21. mednarodne multikonference
INFORMACIJSKA DRUŽBA – IS 2018
Zvezek I

Proceedings of the 21st International Multiconference
INFORMATION SOCIETY – IS 2018
Volume I

**Delavnica za elektronsko in mobilno zdravje
ter pametna mesta
Workshop Electronic and Mobile Health
and Smart Cities**

Uredila / Edited by

Matjaž Gams, Aleš Tavčar

<http://is.ijs.si>

8.–12. oktober 2018 / 8–12 October 2018
Ljubljana, Slovenia

Urednika:

Matjaž Gams
Odsek za inteligentne sisteme
Institut »Jožef Stefan«, Ljubljana

Aleš Tavčar
Odsek za inteligentne sisteme
Institut »Jožef Stefan«, Ljubljana

Založnik: Institut »Jožef Stefan«, Ljubljana
Priprava zbornika: Mitja Lasič, Vesna Lasič, Lana Zemljak
Oblikovanje naslovnice: Vesna Lasič

Dostop do e-publikacije:
<http://library.ijs.si/Stacks/Proceedings/InformationSociety>

Ljubljana, oktober 2018



PREDGOVOR MULTIKONFERENCI INFORMACIJSKA DRUŽBA 2018

Multikonferenca Informacijska družba (<http://is.ijs.si>) je z enaindvajseto zaporedno prireditvijo osrednji srednjeevropski dogodek na področju informacijske družbe, računalništva in informatike. Letošnja prireditev se ponovno odvija na več lokacijah, osrednji dogodki pa so na Institutu »Jožef Stefan«.

Informacijska družba, znanje in umetna inteligenca so še naprej nosilni koncepti človeške civilizacije. Se bo neverjetna rast nadaljevala in nas ponesla v novo civilizacijsko obdobje ali pa se bo rast upočasnila in začela stagnirati? Bosta IKT in zlasti umetna inteligenca omogočila nadaljnji razcvet civilizacije ali pa bodo demografske, družbene, medčloveške in okoljske težave povzročile zadušitev rasti? Čedalje več pokazateljev kaže v oba ekstrema – da prehajamo v naslednje civilizacijsko obdobje, hkrati pa so notranji in zunanji konflikti sodobne družbe čedalje težje obvladljivi.

Letos smo v multikonferenco povezali 11 odličnih neodvisnih konferenc. Predstavljenih bo 215 predstavitev, povzetkov in referatov v okviru samostojnih konferenc in delavnic. Prireditve bodo spremljale okrogle mize in razprave ter posebni dogodki, kot je svečana podelitev nagrad. Izbrani prispevki bodo izšli tudi v posebni številki revije Informatica, ki se ponaša z 42-letno tradicijo odlične znanstvene revije.

Multikonferenco Informacijska družba 2018 sestavljajo naslednje samostojne konference:

- Slovenska konferenca o umetni inteligenci
- Soočanje z demografskimi izzivi
- Kognitivna znanost
- Sodelovanje, programska oprema in storitve v informacijski družbi
- Izkopavanje znanja in podatkovna skladišča (SiKDD)
- Vzgoja in izobraževanje v informacijski družbi
- 5. študentska računalniška konferenca
- Mednarodna konferenca o prenosu tehnologij (ITTC)
- Delavnica AS-IT-IC
- Delavnica za elektronsko in mobilno zdravje ter pametna mesta
- Mednarodna konferenca o visokozmogljivi optimizaciji v industriji (HPOI)

Soorganizatorji in podporniki konference so različne raziskovalne institucije in združenja, med njimi tudi ACM Slovenija, Slovensko društvo za umetno inteligenco (SLAIS), Slovensko društvo za kognitivne znanosti (DKZ) in druga slovenska nacionalna akademija, Inženirska akademija Slovenije (IAS). V imenu organizatorjev konference se zahvaljujemo združenjem in institucijam, še posebej pa udeležencem za njihove dragocene prispevke in priložnost, da z nami delijo svoje izkušnje o informacijski družbi. Zahvaljujemo se tudi recenzentom za njihovo pomoč pri recenziranju.

V letu 2018 bomo šestič podelili nagrado za življenjske dosežke v čast Donalda Michieja in Alana Turinga. Nagrado Michie-Turing za izjemen življenjski prispevek k razvoju in promociji informacijske družbe bo prejel prof. dr. Saša Divjak. Priznanje za dosežek leta bo pripadlo doc. dr. Marinki Žitnik. Že sedmič podeljujemo nagradi »informatična limona« in »informatična jagoda« za najbolj (ne)uspešne poteze v zvezi z informatično družbo. Limono letos prejme padanje državnih sredstev za raziskovalno dejavnost, jagodo pa Yaskawina tovarna robotov v Kočevju. Čestitke nagrajencem!

Mojca Ciglarič, predsednik programskega odbora

Matjaž Gams, predsednik organizacijskega odbora

FOREWORD - INFORMATION SOCIETY 2018

In its 21st year, the Information Society Multiconference (<http://is.ijs.si>) remains one of the leading conferences in Central Europe devoted to information society, computer science and informatics. In 2018, it is organized at various locations, with the main events taking place at the Jožef Stefan Institute.

Information society, knowledge and artificial intelligence continue to represent the central pillars of human civilization. Will the pace of progress of information society, knowledge and artificial intelligence continue, thus enabling unseen progress of human civilization, or will the progress stall and even stagnate? Will ICT and AI continue to foster human progress, or will the growth of human, demographic, social and environmental problems stall global progress? Both extremes seem to be playing out to a certain degree – we seem to be transitioning into the next civilization period, while the internal and external conflicts of the contemporary society seem to be on the rise.

The Multiconference runs in parallel sessions with 215 presentations of scientific papers at eleven conferences, many round tables, workshops and award ceremonies. Selected papers will be published in the *Informatika* journal, which boasts of its 42-year tradition of excellent research publishing.

The Information Society 2018 Multiconference consists of the following conferences:

- Slovenian Conference on Artificial Intelligence
- Facing Demographic Challenges
- Cognitive Science
- Collaboration, Software and Services in Information Society
- Data Mining and Data Warehouses (SiKDD)
- Education in Information Society
- 5th Student Computer Science Research Conference
- International Conference of Transfer of Technologies (ITTC)
- Workshop AS-IT-IC
- Workshop Electronic and Mobile Health and Smart Cities
- International Conference on High-Performance Optimization in Industry (HPOI)

The Multiconference is co-organized and supported by several major research institutions and societies, among them ACM Slovenia, i.e. the Slovenian chapter of the ACM, Slovenian Artificial Intelligence Society (SLAIS), Slovenian Society for Cognitive Sciences (DKZ) and the second national engineering academy, the Slovenian Engineering Academy (IAS). On behalf of the conference organizers, we thank all the societies and institutions, and particularly all the participants for their valuable contribution and their interest in this event, and the reviewers for their thorough reviews.

For the sixth year, the award for life-long outstanding contributions will be presented in memory of Donald Michie and Alan Turing. The Michie-Turing award will be given to Prof. Saša Divjak for his life-long outstanding contribution to the development and promotion of information society in our country. In addition, an award for current achievements will be given to Assist. Prof. Marinka Žitnik. The information lemon goes to decreased national funding of research. The information strawberry is awarded to the Yaskawa robot factory in Kočevje. Congratulations!

Mojca Ciglarič, Programme Committee Chair

Matjaž Gams, Organizing Committee Chair

KONFERENČNI ODBORI

CONFERENCE COMMITTEES

International Programme Committee

Vladimir Bajic, South Africa
Heiner Benking, Germany
Se Woo Cheon, South Korea
Howie Firth, UK
Olga Fomichova, Russia
Vladimir Fomichov, Russia
Vesna Hljuz Dobric, Croatia
Alfred Inselberg, Israel
Jay Liebowitz, USA
Huan Liu, Singapore
Henz Martin, Germany
Marcin Paprzycki, USA
Karl Pribram, USA
Claude Sammut, Australia
Jiri Wiedermann, Czech Republic
Xindong Wu, USA
Yiming Ye, USA
Ning Zhong, USA
Wray Buntine, Australia
Bezalel Gavish, USA
Gal A. Kaminka, Israel
Mike Bain, Australia
Michela Milano, Italy
Derong Liu, USA
Toby Walsh, Australia

Organizing Committee

Matjaž Gams, chair
Mitja Luštrek
Lana Zemljak
Vesna Koricki
Mitja Lasič
Blaž Mahnič
Jani Bizjak
Tine Kolenik

Programme Committee

Franc Solina, co-chair
Viljan Mahnič, co-chair
Cene Bavec, co-chair
Tomaž Kalin, co-chair
Jozsef Györkös, co-chair
Tadej Bajd
Jaroslav Berce
Mojca Bernik
Marko Bohanec
Ivan Bratko
Andrej Brodnik
Dušan Caf
Saša Divjak
Tomaž Erjavec
Bogdan Filipič
Andrej Gams

Matjaž Gams
Marko Grobelnik
Nikola Guid
Marjan Heričko
Borka Jerman Blažič Džonova
Gorazd Kandus
Urban Kordeš
Marjan Krisper
Andrej Kuščer
Jadran Lenarčič
Borut Likar
Mitja Luštrek
Janez Malačič
Olga Markič
Dunja Mladenič
Franc Novak

Vladislav Rajkovič
Grega Repovš
Ivan Rozman
Niko Schlamberger
Stanko Strmčnik
Jurij Šilc
Jurij Tasič
Denis Trček
Andrej Ule
Tanja Urbančič
Boštjan Vilfan
Baldomir Zajc
Blaž Zupan
Boris Žemva
Leon Žlajpah

KAZALO / TABLE OF CONTENTS

Delavnica za elektronsko in mobilno zdravje ter pametna mesta / Workshop Electronic and Mobile Health and Smart Cities	1
PREDGOVOR / FOREWORD	3
PROGRAMSKI ODBORI / PROGRAMME COMMITTEES	5
Študija o pooperativni atrijski fibrilaciji / Čarman Dominik, Cvetkovič Tom, Avbelj Viktor, Kališnik Jurij Matija, Žibert Janez	7
EMZ in EkoSMART-asistent / Drnovšek Mateja, Gams Matjaž	11
Pregled asistentov IJS E9 / Drnovšek Mateja, Gams Matjaž, Tavčar Aleš, Grasselli Gregor	15
Varnostna ura IJS / Drnovšek Mateja, Kolenik Tine, Gams Matjaž	20
New HRV biofeedback technique and monitoring its effects in a psychotherapeutic group of coronary patients with SAVVY mini ECG devices installed / Enova Dušan, Trobec Roman, Mesarič Katja, Slevce Katarina, Ambrožič Borut, Enova Tej	24
The Summoner – "Izbirčnež" / Glavač Aljaž, Zupančič Jernej, Gams Matjaž	28
Zaznavanje srčnega popuščanja z analizo srčnih tonov / Gradišek Anton, Gjoreski Martin, Budna Borut, Simjanoska Monika, Gams Matjaž, Poglajen Gregor	32
Elektrokardiografski senzor: uporaba med družinskimi zdravniki / Kocjančič Staša, Avbelj Viktor	35
Pametno okolje za učinkovito ščetkanje zob / Kokol Peter, Colnarič Matjaž, Moravs Stanislav, Zorman Milan, Žlahtič Gregor, Završnik Jernej, Blažun Vošner Helena, Turčin Marko, Završnik Tadej, Jurič Simon, Slemnik Bojan, Detela Jernej	37
Time Series or Relational Database for Edge and IoT / Luzar Anže, Stanovnik Sašo, Cankar Matija	40
Spletni obrazec in REST API za naročanje receptov / Pavliha Denis, Kalan Aleš, Planinc Nataša	44
Postopki in priporočila za izgradnjo govorne zbirke za potrebe sinteze slovenskega govora / Šef Tomaž	46
Telemetric ECG monitoring during physical activity in field tests / Širaiy Boris, Trobec Roman	50
Napredni pogovorni svetovalci / Tavčar Aleš, Gams Matjaž	53
The potential of Blockchain technology in health monitoring / Tošič Aleksandar, Burnard Michael, Vičič Jernej	57
Prenos projekta "Asistent IJS" na Python 3.6 / Valič Jakob	61
Časovna sinhronizacija brezžičnih EKG senzorjev / Vilhar Andrej, Depolli Matjaž	62
Integration of Oncology Information System with Proton Therapy Software and Think!EHR Platform / Vitorovič M., Kroflič Ž., Bobnar J., Savadkouhi R., Smokvina A.	65
Training of precise movements in 3D or 2D for persons with Parkinson's disease? / Cikajlo Imre, Matjačić Zlatko, Burger Helena, Peterlin Potisk Karmen	67
Forecasting the physical fitness and all-cause mortality based of schoolchildren's fitness measurements / Cigale Matej, Gradišek Anton, Mlakar Miha, Luštrek Mitja	69
Zapestnica za pomoč starejšim / Kompara Tomaž	73
A Protocol for Joint Acquisition of Heterogeneous Resources / Grasselli Gregor	75
Sistem za podporo odločanju zdravniku / Brodnik Andrej, Lukšič Nal, Žibert Janez, Živković Nenad, Rus Andrej	78
Razvoj intervencij za srčne bolnike in bolnike z motnjami gibanja / Cukjati Iztok, Bon Jure, Kališnik Jurij Matija, Žibert Janez, Pirtošek Zvezdan	82
Indeks avtorjev / Author index	85

Zbornik 21. mednarodne multikonference
INFORMACIJSKA DRUŽBA – IS 2018
Zvezek I

Proceedings of the 21st International Multiconference
INFORMATION SOCIETY – IS 2018
Volume I

**Delavnica za elektronsko in mobilno zdravje
ter pametna mesta
Workshop Electronic and Mobile Health
and Smart Cities**

Uredila / Edited by

Matjaž Gams, Aleš Tavčar

<http://is.ijs.si>

**8.–9. oktober 2018 / 8–9 October 2018
Ljubljana, Slovenia**

PREDGOVOR

V letu 2016 je bil sprejet Raziskovalno Razvojni in Inovacijski (RRI) program EkoSMART v domeni pametne specializacije S4 na področju pametnih mest in skupnosti, kjer EMZ predstavlja enega od šestih nosilnih stebrov programa v obliki RRP (Raziskovalno-Razvojnega Projekta). V okviru javnega razpisa »RRI v verigah in mrežah vrednosti« – sklop 1: »Spodbujanje izvajanja raziskovalno-razvojnih programov (TRL 3-6)« je predvidenih 5,9 milijona evrov nepovratnih javnih sredstev za program EkoSMART.

V letu 2017 smo pripravili tretjo delavnico na temo »EM-zdravstva« (elektronsko in mobilno zdravstvo, kratko **EMZ**), tj. predlog izvedbe infrastrukture in vpeljave uporabe informacijsko in mobilno podprte celostne zdravstvene oskrbe za izboljševanje preventivne, diagnostične in terapevtske obravnave državljanov, ki bi zmanjšala stroške, obenem pa povečala dostopnost zdravstvene oskrbe v obdobju 2016-2020.

V letu 2018 smo izpeljali četrto delavnico na temo EMZ in jo združili s pametnimi mesti.

Program EkoSMART sestavlja 6 projektov:

- RRP 1 – Zasnova ekosistema pametnega mesta
- RRP 2 – Pametna mobilnost
- RRP 3 – Aktivno življenje in dobro počutje
- RRP 4 – Elektronsko in mobilno zdravstvo
- RRP 5 – Integrirane zdravstvene storitve
- RRP 6 – Prototipi rešitev

Projekt EMZ (RRP 4) sestavlja 5 delovnih sklopov oziroma delovnih paketov (DP), ki jih vodijo UKCL, IJS, FERI UM in FRI UL:

- Informacijske tehnologije za podporo celostni oskrbi / bolnice
- Podpora na domu za zdrave, starejše in za kronične bolnike / doma
- Mobilno spremljanje vitalnih in okolijskih podatkov / mobilno
- Računalniška podpora, podatki, kreiranje novih znanj /algoritmi
- IKT platforma

Delavnica EMZ omogoča celoletno pregledovanje in usklajevanje sklopa EMZ znotraj programa EkoSMART. Podobno kot v letu 2018 se bodo partnerji javno predstavili vsem drugim z že precej usklajenim predlogom. Vse predstavitve bomo nato dokončno uskladili in pripravili specifikacijo dela na programu za naslednje obdobje. Določili bomo podskupine partnerjev, ki bodo integrirale svoje prispevke v smiselno celoto in jih skušale premakniti naprej po TRL lestvici v smeri dejanske uporabe. Povezovali jih bomo najprej znotraj delovnih sklopov (delovnih paketov), nato znotraj RRP EMZ, nato pa še znotraj celotnega programa EkoSMART. Na delavnici bomo vse prispevke poskušali povezati tudi z osnovno integrirno platformo oz. z več platformami, ki se razvijajo znotraj EkoSMARTa.

Program EM-zdravstvo so vzpodbudile potrebe po uvajanju novih IKT rešitev v Slovenijo, po horizontalnem in vertikalnem povezovanju. Predlagana pobuda EM-zdravje vpeljuje v zdravstveno oskrbo nove koncepte, ki bodo s svojimi multiplikacijskimi in sinergijskimi učinki

sprožili hitrejšo in učinkovitejšo prilagoditev obstoječega sistema celostne zdravstvene oskrbe na današnje izzive. Ključna strokovna komponenta je umetna inteligenca, ki bo po napovedih strokovnjakov revolucionirala zdravstvo skupaj z novimi IKT rešitvami. Javno zdravstvo po vsem svetu se otepa izrednih problemov, najboljšo rešitev pa strokovnjaki po svetu vidijo v vpeljavi storitev IKT in umetne inteligence.

EM-zdravstvo (EMZ) vidimo kot eno najbolj perspektivnih smeri v več pobudah od zdravstva do pametnih mest. EM-storitve nudijo izboljšano kvaliteto življenja državljanom ob zmanjšanih stroških, hkrati pa omogočajo preboj Slovenije v svet na EM-področju. EM -zdravstvo se bo predvidoma vsebinsko oblikovalo delno kot samostojna pobuda s svojo platformo, organizacijo in projekti, ki bo povezana tako s pametnimi mesti kot z zdravjem. Ključne komponente za uspešno izvedbo EMZ so inovativni človeški viri, njihovo usklajeno delovanje in vpeljava EMZ v Sloveniji.

ZDA generirajo dvakrat več pomembnih inovacij v zdravstvu kot EU ter vlagajo štirikrat več sredstev v nova, z medicino povezana podjetja. Kitajska namenja največ sredstev za znanost, medtem ko je Slovenija tretja najslabša po državnem financiranju znanosti v Evropi. Leta 2025 bo več kot milijarda, ali skoraj osmina svetovnega prebivalstva, starejša od 60 let. Stroški za zdravstveno oskrbo starejše populacije predstavljajo v EU skoraj polovico vseh stroškov za zdravstvo, kar pomeni, da grozi zdravstvenemu in gospodarskemu sistemu in kvaliteti življenja zlom, če ne bomo vpeljali storitev EM-zdravja.

Druga pomembna komponenta je povezovanje in ustvarjanje kritične mase komplementarnih partnerjev, ki edino omogoča uspešen prodor na svetovna tržišča. Slovenija potrebuje sodelovanje in koordiniranje že zaradi svoje relativne majhnosti, kar dokazuje relativno slaba izkušnja z velikim številom malih in razdrobljenih projektov, ki nimajo dovolj podpore za vpeljavo novih rešitev.

Tretja ključna komponenta je vpeljava EMZ v slovensko zdravstvo, ki bo na ta način dobilo novo priložnost, da vzpostavi nacionalno platformo in mednarodne standarde, preseže ujetost v nedopustno dolge čakalne dobe za pregled pri specialistih, poveže razdrobljene in nekompatibilne sisteme in že samo s tem opraviči vložena sredstva. Po zadnjem povečanju sredstev za področje zdravstva so se čakalne vrste povečale, kar kaže, da sedanji tradicionalni pristop ne zmore prinesiti realnih izboljšav ob povečanih zahtevah zaradi staranja prebivalstva.

Marko Bajec, Matjaž Gams, Aleš Tavčar

PROGRAMSKI ODBOR / PROGRAMME COMMITTEE

Matjaž Gams, IJS (chair)

Marko Bajec, FRI (co-chair)

Roman Trobec, IJS (co-chair)

Zvezdan Pirtošek, UKCLJ (co-chair)

Roland Petek, Marand

Jure Bon, UKCLJ

Peter Kokol, FERI

Andrej Kos, FE

Marko Hren, SVRK

Aleš Tavčar, IJS

Stanislav Erzar, ISKRA

Janez Uplaznik, IKTS

Študija o pooperativni atrijski fibrilaciji

Dominik Čarman
študent Medicinske fakultete
Univerze v Ljubljani
Vrazov trg 2
1000 Ljubljana
dominik.carman@gmail.com

Tom Cvetkovič
študent Medicinske fakultete
Univerze v Ljubljani
Vrazov trg 2
1000 Ljubljana
tom.cvetkovi@gmail.com

Viktor Avbelj
Institut Jožef Stefan
Jamova cesta 39
1000 Ljubljana
viktor.avbelj@ijs.si

Jurij Matija Kališnik
Klinični oddelek za kirurgijo srca in ožilja
Univerzitetni klinični center Ljubljana
Zaloška cesta 7
1000 Ljubljana
jmkalisnik@gmail.com

Janez Žibert
Katedra za radiološko tehnologijo
Zdravstvena fakulteta UL
Zdravstvena pot 5
1000 Ljubljana
janez.zibert@zf.uni-lj.si

POVZETEK

Atrijska fibrilacija (AF) je najpogostejša kronična motnja ritma. Predstavlja pogost zaplet po operaciji srca. Eden od vzrokov je porušen avtonomna modulacija, ki jo lahko določimo s pomočjo analize variabilnosti srčne frekvence, predvsem nelinearni kazalci. Poleg 12-kanalnega elektrokardiograma (EKG) se vse bolj uveljavlja tudi snemanje visokoločljivostnega EKG signala, v zadnjem času tudi na brezžični način.

Ključne besede: atrijska fibrilacija, Savvy, nelinearni kazalci avtonomne modulacije, P-val

1. UVOD

1.1 Atrijska fibrilacija

Splošno

Atrijska fibrilacija je najpogostejša kronična motnja ritma [1,2], katere prevalenca znaša okoli 1% in narašča s starostjo [2,3]. Znaki in simptomi se pri bolnikih razlikujejo. Pri nekaterih poteka AF popolnoma brez simptomov, drugi so prisiljeni poiskati zdravniško pomoč zaradi utrujenosti, slabše telesne zmogljivosti, palpitacij, bolečine v prsih ali omotice. Najhujši zaplet je tromboembolija [4]. Med morfološke dejavnike tveganja spadata tudi povečan volumen in debelejša stena levega preddvora [3,5,6]. Povečano tveganje predstavljajo tudi stanja, ki zmanjšajo hitrost prevajanja oz. skrajšajo refrakturno dobo [8]. Glede na trajanje ločimo paroksizmalno (manj kot 7 dni), perzistentno (več kot 7 dni), dolgotrajno perzistentno (več kot 1 leto) in permanentno (ne vzpostavimo sinusnega ritma) [5,7,8,9]. Pri napredovanju iz ene oblike v drugo imata pomembno vlogo električna in strukturna remodelacija [6,8,9].

Diagnostika

Diagnostika atrijske fibrilacije temelji na anamnezi in kliničnem pregledu, potrdi pa se z EKG posnetkom v vsaj 1 odvodu med aritmijo in z ustaljenimi kliničnimi protokoli nadzora. Tako lahko v ta namen uporabimo večdnevno (več)kanalno snemanje EKG. Pomembno diagnostično orodje predstavlja tudi ultrazvok. Sodobni trendi in razvijajoča se tehnologija težijo k poenostavitvi in tem bolj intuitivni uporabi diagnostičnih orodij, zato ne preseneča, da je v ospredju znanstvenih prizadevanj

uveljavitev enokanalnih EKG senzorjev, ki bi jih bolniki lahko imeli nameščene na sebi nepretrgoma po več dni skupaj, lahko tudi v domačem okolju.

Po operaciji srca

Atrijska fibrilacija je še posebej značilen zaplet po operacijah na srcu. To je do neke mere pričakovano, saj se veliko dejavnikov tveganja za atrijsko fibrilacijo pojavi takoj po operaciji (ishemija atrijev, draženje epikarda s sproščanjem faktorjev vnetja, hipoksija, kirurška poškodba) [10,11,12]. Po dosedanjih ugotovitvah se atrijska fibrilacija najpogosteje pojavlja 2. in 3. dan po operaciji [2,11,13,14]. Pogosteje se pojavlja po ponovnih operacijah zaradi zapletov, pri podaljšani ventilaciji ali ob potrebi po ponovni intubaciji [4].

Dejavnike tveganja med drugim lahko delimo na preoperativne, perioperativne in pooperativne. Med preoperativne štejemo starost, hipertenzijo, sladkorno bolezen, hipertiroidizem, moški spol, predhodno epizodo atrijske fibrilacije, srčno popuščanje, povečan levi atrij [2,4,15,16]. Raziskave kažejo, da je pomemben dejavnik tudi interatrijski blok, ki se kaže kot podaljšan in morfološko spremenjen P-val na EKG [13]. Med perioperativne dejavnike sodijo čas pretisnjenja aorte, mesto venske kanulacije, bikavalna kanulacija, ishemija miokarda in poškodba srčne mišice med operacijo [17]. Med pooperativne dejavnike tveganja pa štejemo respiratorne zaplete, ventilacijo, ki je daljša od 6 ur, hipotenzijo, vnetje, atrijske ekstrasistole, neravnovesje avtonomnega živčevja in podaljšan čas hospitalizacije [4,10,11,13,18,19,27].

1.2 Variabilnost srčne frekvence

Avtonomni sistem ima pri nastanku pooperativne AF zelo pomembno vlogo. Eden izmed načinov kako opredeliti njegovo aktivnost je preko neinvazivnega določanja variabilnosti srčne frekvence. Slednjo lahko določimo z linearnimi in nelinearnimi metodami. Med linearne spadata časovna in frekvenčna analiza, ki pa imata slabo napovedno vrednost pooperativne AF, saj ne uspeja prikazati najbolj občutljivih sprememb v stanju avtonomne regulacije, ki privedejo do pojava aritmije [20,21]. Nelinearne metode po drugi strani temeljijo na teoriji kaosa, ki skuša pojasniti lastnosti signala s t. i. fraktalno geometrijo oz. s fraktalno analizo fizioloških časovnih serij [22]. Tako govorimo o samopodobnosti, kjer neko fiziološko časovno serijo razdelimo na manjše dele, od teh pa vsi odražajo strukturo prvotne celote [21]. Samopodobnost ima določene meje, znotraj katerih govorimo, da omenjena lastnost poudenot drži. Pri trendni fluktuacijski analizi (DFA) jo opisujemo z eksponentom α , za katerega velja, da bližje kot je vrednosti 1, večja je samopodobnost [22].

Variabilnost srčne frekvence vsebuje vrsto pomembnih informacij. Razpad fraktalne organizacije variabilnosti srčne frekvence v prekomeren red ali v nepovezano naključje je znak zmanjšane sposobnosti prilagajanja srčno-žilnega sistema na zunanje dejavnike in je značilno prisoten pred pojavom atrijske fibrilacije, česar pa linearne metode ne pokažejo [21].

2. HIPOTEZE

Prva hipoteza, ki smo jo preverjali, govori o tem, da brezžični enokanalni EKG senzor Savvy zazna več epizod atrijske fibrilacije kot obstoječi trenutni klinični protokoli. Z drugo hipotezo smo preverjali ali ima skupina bolnikov z atrijsko fibrilacijo statistično značilne različne vrednosti trajanja P-vala in statistično značilno različno obliko P-vala predoperativno od skupine bolnikov brez atrijske fibrilacije. S tretjo hipotezo pa smo preverjali, ali se obe skupini razlikujeta v vrednostih indeksov DFA $\alpha 1$ in $\alpha 2$ po operaciji in ali sta razliki obeh parametrov pred in po operaciji statistično značilno različni.

3. METODE

Leta 2015 izvedena pilotna študija o pooperativni atrijski fibrilaciji je bila prvič predstavljena na konferenci Informacijska družba IS 2015 [23], leta 2016 tudi v reviji Informatica [24]. Medtem ko je bil pilotni sistem zasnovan za sočasno spremljanje 6 oseb, smo v izvedbi študije leta 2018 uporabili komercialno dostopen EKG senzor Savvy, s katerim smo sočasno merili do 10 oseb.

Soglasje komisije za medicinsko etiko za izvedbo raziskave smo pridobili v začetku leta 2018 – za soglasje smo zaprosili v začetku leta 2017 in prošnjo med letom dopolnili.

Raziskava je bila prospektivne narave. Izvajala se je na Kliničnem oddelku za kirurgijo srca in ožilja UKC Ljubljana, od marca do julija 2018.

Študijo je uspešno zaključilo 47 bolnikov. Vsi so sodelovanje v študiji potrdili s podpisom obveščenega pristanka, prav tako so vsi izpolnjevali vključitvene kriterije in nobenega od izključitvenih (kronična atrijska fibrilacija predoperativno, AV blok II. ali III. stopnje, srčni spodbujevalnik, urgentni bolniki, bolniki iz drugih oddelkov UKC Ljubljana). Meritve so tekle predoperativni dan in nato od 1. dne pooperativno nepretrgoma do 5. pooperativnega dne. Predoperativni dan smo bolniku izmerili 20-minutni visokoločljivostni EKG (Cardiax), obenem smo mu namestili brezžični enokanalni EKG senzor Savvy, ki ga je imel bolnik nameščenega do jutra pred operacijo. Prvi pooperativni dan smo bolniku zopet namestili brezžični enokanalni EKG senzor Savvy in ga pustili na njem do 5. dne nepretrgoma; 2., 3. in 5. dan smo izmerili tudi 20-minutni visokoločljivostni EKG posnetek (Cardiax). Meritve smo izvajali z 10 napravami Savvy, 10 pametnimi telefoni oz. tablicami ter visokoločljivostnim 12-kanalnim EKG aparatom (Cardiax).

Pri analizi dokumentacije smo bolnike razvrstili v skupino z atrijsko fibrilacijo in skupino brez atrijske fibrilacije. V prvi skupini so imeli bolniki na katerikoli način (Savvy ali s klinično ustaljenimi protokoli) dokazano atrijsko fibrilacijo. AF je morala trajati vsaj 30 sekund, da smo jo označili kot epizodo AF.

4. REZULTATI

Izmed 47 bolnikov jih je 13 razvilo atrijsko fibrilacijo. Od tega smo vseh 13 zaznali z napravo Savvy, medtem ko jih je bilo s klinično ustaljenimi protokoli in napravami zabeleženih 9. Izključno z napravo Savvy smo tako na novo odkrili 4 primere atrijske fibrilacije. Skupina z atrijsko fibrilacijo je imela povprečno daljši čas intubacije. Izmed elektrofizioloških parametrov je imela skupina z atrijsko fibrilacijo večjo razliko v trajanju P-vala (računana kot razlika pooperativne in predoperativne vrednosti), daljši PQ interval, nižjo vrednost

DFA $\alpha 1$ pooperativno, večjo absolutno razliko DFA $\alpha 1$ ter večjo absolutno razliko DFA $\alpha 2$.

5. RAZPRAVLJANJE

Izsledki kliničnih študij pri bolnikih s ponavljajočo atrijsko fibrilacijo potrjujejo hipotezo, da pojav aritmije lažje opazimo v daljših obdobjih merjenj – drugače: dlje trajajoči nadzor pomeni več opaženih motenj ritma [25,26]. Stalni nadzor z enokanalnim EKG-jem je v naši študiji zaznal skoraj 1/3 več bolnikov s pooperativno atrijsko fibrilacijo, kot jih je bilo zabeleženih na temperaturnem listu, kar je v kliničnem smislu pomembno več. Pri tem količina dodatnega dela, morebitno bolnikovo neudobje in stroški niso zelo povečani. To ponuja številne možnosti in ideje za prihodnje študije, taki načini spremljanja srčnih aritmij predstavljajo v prihodnosti velike možnosti in še neizkoriščen potencial.

Pri dveh izmed štirih primerov atrijske fibrilacije, ki smo ju videli samo s Savvyjem, opazamo, da je bil vzrok temu manj intenziven nadzor. Oba bolnika sta bila namreč takrat že na oddelku, hkrati pa sta razvila epizodo atrijske fibrilacije v večernih urah. Boljše spremljanje bolnikov izven enot intenzivne terapije ali nege tako predstavlja enega izmed pomembnih izzivov sodobne medicine.

Mehanska ventilacija povzroča spremembe v intratorakalnem tlaku, ki imajo direkten vpliv na srce, osrčnik in krvne žile, saj s pozitivnim tlakom poveča intratorakalni tlak in s tem tlak v desnem atriju. Slednji pa je povezan z nastankom atrijske fibrilacije. Obenem mehanska ventilacija poveča aktivnost simpatika, ki igra pomembno vlogo pri nastanku atrijske fibrilacije [13,27].

Bistveno krajši čas trajanja P-vala pooperativno glede na predoperativno vrednost pri skupini z atrijsko fibrilacijo govori v prid temu, da je tudi povečana prevodnost med atrijema proaritmogena [28].

Daljši PQ interval govori o tem, da je AV blok povezan z nastankom atrijske fibrilacije, kar so pokazale pretekle študije [6,29,30,31].

Nižja vrednost DFA $\alpha 1$ pooperativno pri skupini z atrijsko fibrilacijo nakazuje na razpad fraktalne geometrije oz. samopodobnosti signala, ki smo ga dobili iz RR intervalov pred pojavom prve epizode pooperativne atrijske fibrilacije [32,33]. Podobno lahko gledamo tudi na večjo absolutno razliko DFA $\alpha 1$ pri skupini z atrijsko fibrilacijo. Ker se je pooperativna vrednost pri skupini z AF relativno bolj zmanjšala glede na predoperativno vrednost, to prav tako kaže na razpad samopodobnosti signala in bi lahko v prihodnosti služil kot pomemben napovedni dejavnik za razvoj atrijske fibrilacije [32,33]. Večja absolutna razlika DFA $\alpha 2$ pri skupini z atrijsko fibrilacijo nakazuje na, podobno kot opisano zgoraj, razpad samopodobnosti signala, tokrat pri nizu RR intervalov večjih od 11. To govori v prid porušenemu simpatično-vagalnemu ravnovesju pooperativno, kar se odraža v znižanju obeh kazalcev DFA α [21].

6. ZAKLJUČEK

Z brezžičnim enokanalnim EKG senzorjem Savvy smo odkrili več bolnikov z atrijsko fibrilacijo, kot jih je bilo zabeleženih s klinično ustaljenimi protokoli, zato smo potrdili prvo hipotezo. Pri analizi dolžine P-vala in njegove morfologije nismo odkrili razlik med obema skupinama, zato smo drugo hipotezo zavrnili. Razloge iščemo predvsem v majhnem naboru preiskovancev. Kljub temu smo z analizo razlike trajanja P-vala pred in po operaciji pokazali relativno večje skrajšanje P-vala po operaciji glede na stanje pred operacijo pri skupini z atrijsko fibrilacijo. Opazili smo pomembno razliko v trajanju PQ intervala po operaciji, s čimer smo potrdili daljše trajanje tega intervala kot dejavnik tveganja za pojav atrijske fibrilacije. Potrdili smo nižjo vrednost DFA $\alpha 1$ pooperativno ter večjo absolutno razliko v

DFA $\alpha 1$ in DFA $\alpha 2$ pri skupini z atrijsko fibrilacijo, s čimer smo prepoznali porušeno avtonomno modulacijo srca tik pred pojavom atrijske fibrilacije, zato lahko potrdimo tretjo hipotezo - avtonomni kazalci so pri bolnikih z atrijsko fibrilacijo različni kot pri bolnikih, ki atrijske fibrilacije ne razvijejo.

Naša študija predstavlja pomemben korak v smeri lažje in hitrejše zaznave motenj ritma s pomočjo pametnih tehnologij. Rezultati kažejo na velik potencial takega načina merjenja in na številne možnosti, ki se odpirajo s prepoznavo novih napovednih kazalcev za pojav atrijske fibrilacije po operacijah srca. Verjamemo, da nas v prihodnjih letih čaka velik razmah na področju odkrivanja motenj srčnega ritma. Hkrati upamo, da bo ta študija predstavljala kvalitetno podlago naslednjim obširnejšim raziskavam, ki bodo sčasoma vodile do novih rešitev za izboljšanje kakovosti življenja bolnikov.

7. REFERENCE

- [1] Benjamin EJ, Wolf PA, D'Agostino RB, Silbershatz H, Kannel WB, Levy D. Impact of atrial fibrillation on the risk of death: the Framingham Heart Study. *Circulation*. 1998 Sep 8;98(10):946-52.
- [2] Schotten U, Verheule S, Kirchhof P, Goette A. Pathophysiological mechanisms of atrial fibrillation: a translational appraisal. *Physiological reviews*. 2011 Jan;91(1):265-325.
- [3] Go AS, Hylek EM, Phillips KA, Chang Y, Henault LE, Selby JV, Singer DE. Prevalence of diagnosed atrial fibrillation in adults: national implications for rhythm management and stroke prevention: the AnTicoagulation and Risk Factors in Atrial Fibrillation (ATRIA) Study. *Jama*. 2001 May 9;285(18):2370-5.
- [4] Fuster V, Rydén LE, Cannom DS, Crijns HJ, Curtis AB, Ellenbogen KA, Halperin JL, Kay GN, Le Huez JY, Lowe JE, Olsson SB. 2011 ACCF/AHA/HRS focused updates incorporated into the ACC/AHA/ESC 2006 c: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines developed in partnership with the European Society of Cardiology and in collaboration with the European Heart Rhythm Association and the Heart Rhythm Society. *Journal of the American College of Cardiology*. 2011 Mar 15;57(11):e101-98.
- [5] De Caterina R, Atar D, Hohnloser SH, Hindricks G. 2012 focused update of the ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation. *European heart journal*. 2012;33:2719-47.
- [6] Andrade J, Khairy P, Dobrev D, Nattel S. The clinical profile and pathophysiology of atrial fibrillation: relationships among clinical features, epidemiology, and mechanisms. *Circulation research*. 2014 Apr 25;114(9):1453-68.
- [7] Allessie MA, Boyden PA, Camm AJ, Kléber AG, Lab MJ, Legato MJ, Rosen MR, Schwartz PJ, Spooner PM, Van Wagoner DR, Waldo AL. Pathophysiology and prevention of atrial fibrillation. *Circulation*. 2001 Feb 6;103(5):769-77.
- [8] Nattel S, Burstein B, Dobrev D. Atrial remodeling and atrial fibrillation: mechanisms and implications. *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology*. 2008 Apr 1;1(1):62-73.
- [9] Iwasaki YK, Nishida K, Kato T, Nattel S. Atrial fibrillation pathophysiology: implications for management. *Circulation*. 2011 Nov 15;124(20):2264-74.
- [10] FRCPS PP, Mitchell LB, Crystal E, Heilbron B. Atrial fibrillation following cardiac surgery. *Can J Cardiol*. 2005 Sep;21:45B.
- [11] Almassi GH, Schowalter T, Nicolosi AC, Aggarwal A, Moritz TE, Henderson WG, Tarazi R, Shroyer AL, Sethi GK, Grover FL, Hammermeister KE. Atrial fibrillation after cardiac surgery: a major morbid event?. *Annals of surgery*. 1997 Oct;226(4):501.
- [12] Creswell LL, Schuessler RB, Rosenbloom M, Cox JL. Hazards of postoperative atrial arrhythmias. *The Annals of thoracic surgery*. 1993 Sep 1;56(3):539-49.
- [13] Maisel WH, Rawn JD, Stevenson WG. Atrial fibrillation after cardiac surgery. *Annals of internal medicine*. 2001 Dec 18;135(12):1061-73.
- [14] Nair SG. Atrial fibrillation after cardiac surgery. *Annals of cardiac anaesthesia*. 2010 Sep 1;13(3):196.
- [15] Hayashida N, Shojima T, Yokokura Y, Hori H, Yoshikawa K, Tomoeda H, Aoyagi S. P-wave signal-averaged electrocardiogram for predicting atrial arrhythmia after cardiac surgery. *The Annals of thoracic surgery*. 2005 Mar 1;79(3):859-64.
- [16] Aytemir K, Aksoyek S, Ozer N, Aslamaci S, Oto A. Atrial fibrillation after coronary artery bypass surgery: P wave signal averaged ECG, clinical and angiographic variables in risk assessment. *International journal of cardiology*. 1999 Apr 30;69(1):49-56.
- [17] Omae T, Kanmura Y. Management of postoperative atrial fibrillation. *Journal of anaesthesia*. 2012 Jun 1;26(3):429-37.
- [18] Koch CG, Li L, Van Wagoner DR, Duncan AI, Gillinov AM, Blackstone EH. Red cell transfusion is associated with an increased risk for postoperative atrial fibrillation. *The Annals of thoracic surgery*. 2006 Nov 1;82(5):1747-56.
- [19] Kaireviciute D, Aidietis A, Lip GY. Atrial fibrillation following cardiac surgery: clinical features and preventative strategies. *European heart journal*. 2009 Jan 27;30(4):410-25.
- [20] Heart Rate Variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Eur Heart J*. 1996; 17(3): 354-81.
- [21] Kšela J. Novejši kazalci avtonomne regulacije srca kot napovedni dejavniki za pojav aritmij po aortokoronarnih obvodih na delujočem srcu [doktorsko delo]. Ljubljana: Univerza v Ljubljani; 2009.
- [22] Goldberger AL, Amaral LA, Hausdorff JM, Ivanov PC, Peng CK, Stanley HE. Fractal dynamics in physiology: alterations with disease and aging. *Proceedings of the national academy of sciences*. 2002 Feb 19;99(suppl 1):2466-72.
- [23] Kališnik J M, Poplas-Susič T, Semeja A, Korošec T, Trobec R, Avbelj V, Depolli M, Stanič U. Mobile health monitoring pilot systems. *Proceedings of the 18th International Multiconference Information Society - IS 2015, October 9th and 12th, 2015, Ljubljana, Slovenia. Volume G, pp. 62-65.*
- [24] Depolli M, Avbelj V, Trobec R, Kališnik J, Korošec T, Poplas-Susič T, Stanič U, Semeja A. PCARD platform for mHealth monitoring. *Informatica*. 2016;40:117-123.
- [25] Dilaveris PE, Kennedy HL. Silent atrial fibrillation: epidemiology, diagnosis, and clinical impact. *Clinical cardiology*. 2017 Jun;40(6):413-8.
- [26] Fetsch T, Bauer P, Engberding R, Koch HP, Lukl J, Meinertz T, Oeff M, Seipel L, Trappe HJ, Treese N, Breithardt G. Prevention of atrial fibrillation after cardioversion: results of the PAFAC trial. *European heart journal*. 2004 Aug 1;25(16):1385-94.
- [27] Erdil N, Gedik E, Donmez K, Erdil F, Aldemir M, Battaloglu B, Yologlu S. Predictors of postoperative atrial fibrillation after on-pump coronary artery bypass grafting: is duration of mechanical ventilation time a risk factor?. *Annals of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2014;20(2):135-42.
- [28] Nielsen JB, Kühl JT, Pietersen A, Graff C, Lind B, Struijk JJ, Olesen MS, Sinner MF, Bachmann TN, Haunsø S, Nordestgaard BG. P-wave duration and the risk of atrial fibrillation: Results from the Copenhagen ECG Study. *Heart Rhythm*. 2015 Sep 1;12(9):1887-95.

- [29] Cheng S, Wang TJ. Outcomes in Patients With Prolonged PR Interval or First-Degree Atrioventricular Block—Reply. *JAMA*. 2009 Nov 11;302(18):1967-8.
- [30] Nielsen JB, Pietersen A, Graff C, Lind B, Struijk JJ, Olesen MS, Haunsø S, Gerds TA, Ellinor PT, Køber L, Svendsen JH. Risk of atrial fibrillation as a function of the electrocardiographic PR interval: results from the Copenhagen ECG Study. *Heart Rhythm*. 2013 Sep 1;10(9):1249-56.
- [31] Nielsen JC, Thomsen PE, Højberg S, Møller M, Riahi S, Dalsgaard D, Mortensen LS, Nielsen T, Asklund M, Friis EV, Christensen PD. Atrial fibrillation in patients with sick sinus syndrome: the association with PQ-interval and percentage of ventricular pacing. *Europace*. 2011 Nov 20;14(5):682-9.
- [32] Huikuri HV, Mäkikallio TH, Perkiömäki J. Measurement of heart rate variability by methods based on nonlinear dynamics. *Journal of electrocardiology*. 2003 Dec 1;36:95-9.
- [33] Shin DG, Yoo CS, Yi SH, Bae JH, Kim YJ, Park JS, Hong GR. Prediction of paroxysmal atrial fibrillation using nonlinear analysis of the RR interval dynamics before the spontaneous onset of atrial fibrillation. *Circulation Journal*. 2006;70(1):94-9.

EMZ in EkoSMART-asistent

Mateja Drnovšek
Department of Intelligent Systems
Jozef Stefan Institute
Jamova cesta 39
1000 Ljubljana
mateja.drnovsek@ijs.si

Matjaž Gams
Department of Intelligent Systems
Jozef Stefan Institute
Jamova cesta 39
1000 Ljubljana
matjaz.gams@ijs.si

POVZETEK

V prispevku "EMZ in EkoSMART-asistent" je podrobneje opisan program EkoSMART, ki je razdeljen na šest projektov, med njimi je tudi projekt EMZ (Elektronsko in mobilno zdravje). Le-ta je podrobneje opisan v 3. poglavju, v nadaljevanju pa je povezan z občinami in zdravjem (4. in 5. poglavje). EkoSMART-asistent, ki je bil razvit na Institutu "Jozef Stefan", se nahaja na spletni strani EkoSMART [6], v 6. poglavju so našteje in podrobno opisane vse aplikacije, ki jih asistent ponuja.

Ključne besede

elektronsko in mobilno zdravje, virtualni asistent, občine, EkoSMART-asistent

1. UVOD

Prispevek "EMZ in EkoSMART-asistent" obravnava sestavo programa EkoSMART v 6 raziskovalno-razvojnih projektih, med njimi je tudi RRP 4 – EMZ (Elektronsko in mobilno zdravje). V današnjem času tehnologije sta umetna inteligenca in IKT zelo pomembna faktorja k napredku v znanosti, k implementaciji na nove produkte ter, kar je bistveno, k aplikativni uporabi v vsakdanjem življenju. Namen projekta EMZ je bil izboljšati varstvo in varnost zdravih, starejših, kroničnih bolnikov in ljudi s posebnimi potrebami z vpeljavo sodobnih informacijsko-komunikacijskih tehnologij (IKT) v celostno elektronsko in mobilno zdravstveno oskrbo (EMZ). Namen je nadgraditi kakovost obravnave in oskrbe omenjenih skupin s pomočjo elektronskih in mobilnih naprav ter s pripadajočimi programskimi rešitvami, zlasti z uporabo telesnih senzorjev in nosljivih pripomočkov, ki omogočajo spremljanje počutja in zdravja na podlagi meritev ter umetne inteligence nad podatki v EkoSMART-platforni. Za lažji dostop do informacij je bil razvit tudi EkoSMART-asistent z vsemi pripadajočimi aplikacijami.

2. PROGRAM EKOSMART

Ekosmart Pametnega Mesta (EkoSMART) [1] je program, ki je bil sprejet na Javnem razpisu »Spodbujanje izvajanja raziskovalno-razvojnih programov (TRL3-6)«, in sicer prednostno področje S4: Pametna mesta in skupnosti. Glavni cilj tega programa je razviti ekosistem pametnega mesta z vsemi podpornimi mehanizmi, ki so potrebni za učinkovito, optimizirano in postopno integracijo posameznih področij v enovit in povezan sistem vrednostnih verig. Z zagotavljanjem kakovostnih storitev za državljane in gospodarstvo želimo omogočiti dvig kakovosti življenja in rast splošne blaginje.

Program EkoSMART sestavlja šest projektov, ki vsak po svoje prispevajo k uresničevanju vizije programa (kratica RRP pomeni Raziskovalno-razvojni projekt).

- RRP 1: Zasnova ekosistema pametnega mesta
- RRP 2: Pametna mobilnost - sistemi za nadzor in upravljanje prometnih tokov

- RRP 3: Aktivno življenje, dobro počutje
- RRP 4: Elektronsko in mobilno zdravje (EMZ)
- RRP 5: Pametni sistem integriranega zdravstva in oskrbe
- RRP 6: Razvoj prototipov

Poleg štirih projektov, ki se ukvarjajo z digitalizacijo izbranih področij (RRP2-RRP5), sta v program predvidena še dva skupna projekta. Eden se ukvarja s skupnim jedrom oziroma arhitekturo ekosistema (RRP1), eden pa je namenjen razvoju prototipnih rešitev in njihovemu preskušanju v relevantnih okoljih (RRP6).

S takšno projektno sestavo sledimo dobrim praksam, ki pravijo, da je sisteme sistemov, kar pametna mesta so, potrebno graditi upoštevajoč oba razvojna modela: od spodaj navzgor (RRP2 do 5, začeni s posameznimi področji in potem z njihovo integracijo v celoto) in od zgoraj navzdol (RRP1, izhajajoč iz strateških usmeritev mesta in potem z osredotočanjem na posamezna področja). Ključno je enostavno dodajanje novih storitev pametnih mest, kar omogoča univerzalna skupna arhitektura.



Slika 1. Spletna stran EkoSMART, dostopna na [2].

3. PROJEKT EMZ

Projekt RRP4: EMZ (Elektronsko in mobilno zdravje) [1] je bistveni del programa EkoSMART. Namen projekta EMZ je izboljšati varstvo in varnost zdravih, starejših, kroničnih bolnikov in ljudi s posebnimi potrebami z uporabo modernih tehnologij in pristopov. Cilj projekta je bil tudi izdelati sisteme za pomoč slepim in slabovidnim, gluhim, kognitivno, vedenjsko in gibalno motenim ter starejšim, ki so sami doma, in omogočiti kvalitetnejše življenje ljudem s kroničnimi boleznimi, ki občasno ali stalno potrebujejo zdravniško oskrbo.

Projekt EMZ je nastal iz širše iniciative elektronskega in mobilnega zdravstva, ki zajema okrog 300 partnerjev, ki želijo sodelovati in si želijo biti seznanjeni z dogajanjem na tem področju. Za potrebe izvedbe projekta RRP4 so bile iz nabora partnerjev EMZ skrbno izbrane naslednje organizacije:

1. Institut »Jožef Stefan« (IJS)
2. UL - Medicinska fakulteta (MF)
3. Univerzitetni klinični center Ljubljana (UKCL)
4. Marand d.o.o. (MAR)
5. UL - Fakulteta za računalništvo in informatiko (FRI)
6. UM - Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko (FERI)
7. URI-Soča (SOČA)
8. ZD Adolfa Drolca (ZDM)
9. Cosylab (CSL)
10. Elgoline d.o.o. (ELGO)
11. SRC sistemske integracije d.o.o. (SRC)
12. Špica International d.o.o. (ŠPI)
13. Inova IT d.o.o. (INO)
14. Medis d.o.o. (MED)
15. Nela razvojni center d.o.o. (NELA)

4. EMZ in OBČINE

Razvili smo ogrodje in večino sistemov občin [3,4] kot korak dlje od pametnih mest in oboje sistematično vpeljali v občine, društva upokojencev in druga društva ter v širšo družbo z namenom, da Slovenija ponudi boljše izkušnje mest oz. občin Slovenije za vse, domače in turiste. Asistenti za posamezne občine ponujajo pomembne informacije o občini, storitve in podporo kvalitetnejšemu življenju. Umetna inteligenca in IKT napredujeta zelo hitro, raziskovalni oddelki razvijajo zelo dobre nove sisteme, poleg tega pa se razvijajo tudi sistemi, ki jih lahko namestijo in vzdržujejo lokalne institucije in družba.

Sistem sestavljajo naslednji bloki:

- Občinska televizija – vsakdo lahko razvije svojo občinsko televizijo s sledenjem navodilom. Potreben je prenosnik in kamera in nekaj znanja računalništva. Običajno občinska TV prenaša ali sprotno dogajanje v živo, ali pa se vrtilni vnaprej pripravljena datoteka z informacijami za tekoči teden.
- 3D virtualni asistent – ponovno je z nekaj znanja računalništva po navodilih možno izdelati sistem 3D virtualnega asistenta, ki vodi po stavbah, recimo upravni stavbi občine.
- Turizem – sistem omogoča informiranje o turističnih znamenitostih v naravnem jeziku in načrtovanje turističnih obiskov. Sistem vsebuje preko 3000 znamenitosti v Sloveniji in je zato izjemno uporaben.
- Asistenti – za vsako izmed 200 slovenskih občin je narejen občinski asistent, ki odgovarja na vprašanja v naravnem jeziku. Obstajata tudi pokrajinski asistent in slovenski asistent – slednja sta sestavljena iz pripadajočih občinskih asistentov. Asistent za starejše občane (ZDUS) se imenuje Zdusko, le-ta je v pomoč starejšim ljudem, ki iščejo informacije. V poglavju spodaj je bolj podrobno opisan EkoSMART-asistent, vključno z namenom razvoja asistenta in njegovimi aplikacijami [3]. Več o asistentih si lahko preberete v prispevku za IS 2018: "Pregled IJS E9 asistentov".

5. EMZ in ZDRAVJE

Na spletni strani Občin [4] je Zdravje najpomembnejši blok EMZ-ja [3,5]. Tu so informacije o prvi pomoči, zdravstveni nasveti iz Slovenije in tujine, informacije iz NIJZ, iz programa pametne specializacije EkoSMART ter podprojekta Elektronsko in mobilno zdravje, repozitorijev domen in prototipov, sistemov za nadziranje stresa in o skrbi za starejše. Storitve je dostopna v

asistentih – kliknete na svojo občino, levo zgoraj, izberete aplikacijo »Zdravstvo in sociala«.



Slika 2. Del spletne strani Zdravje[5], kjer so podsistemi za zdravje.

Asistent vam ponudi sledeče podsisteme:

- **Prva pomoč:** Tu dobite nasvete v primeru nujne pomoči (Mobilno Android IOS).
- **Zdravstveni nasveti (slovensko):** Če potrebujete zdravstveni nasvet, si lahko pomagate s strokovnjaki na spletu.
- **Zdravstveni nasveti (angleško):** Poučne spletne strani o zdravstvu v angleškem jeziku.
- **NIJZ (Nacionalni inštitut za javno zdravje):** Povezava na njihovo spletno stran.
- **PROJEKTI:**
 - IN LIFE: Pametna varnostna ura je najpomembnejši produkt, ki je bil razvit v okviru projekta IN LIFE. Ura je namenjena starejšim ljudem za izboljšanje njihove varnosti in podaljšanje avtonomije. Ura je že pripravljena za prodajo.
 - E-gibalec: mobilna aplikacija, razvita z namenom povečanja športnih aktivnosti in gibanja osnovnošolcev. Hkrati smo s tem preprečevali debelost v otroštvu, ki je v današnjem času čedalje pogostejša [7].
 - ASPO: spletna aplikacija za prepoznavanje in informiranje o spolno prenosljivih okužbah.
 - Zaznavanje stresa: Spletni pogovorni svetovalec OSVET je namenjen zaznavanju stresa in nudenju psihosocialne pomoči preko spleta. Z anketo lahko preverite stopnjo svojega stresa.
 - EkoSMART, EMZ: namen programa EkoSMART je razviti ekosistem pametnega mesta. Prav tako je bil razvit tudi EkoSMART-asistent, ki je podrobneje opisan v spodnjem poglavju.
 - HEP-Y: Spletna aplikacija za prepoznavanje in informiranje o virusnih hepatitisih.
 - Čakalne vrste: Asistent Čakalne vrste je namenjen iskanju čakalnih dob za določene zdravstvene posege pri posameznih ustanovah (več v prispevku "Pregled IJS E9 asistentov").

6. EKOSMART-ASISTENT

Kratek opis: Asistent je namenjen posredovanju informacij o programu pametne specializacije EkoSMART. V trenutni realizaciji odgovarja na vsebinska vprašanja o posameznih projektih, ki so vključeni v program. Posreduje organizacijske podrobnosti in podatke o prototipih produktov, storitvah in

izdelkov, ki se razvijajo v okviru programa. V končni različici pa bo asistent omogočal iskanje različnih vrst podatkov v zdravstvenih platformah in razviti integracijski platformi pametnega mesta [2,5].

Aplikacije:

- Opis: Ekosmart-asistent odpre v ozadju na spletni strani EkoSMART zavihek "Rešitve", kjer je navedeno, da je program EkoSMART sestavljen iz šestih projektov. V nadaljevanju so projekti naštet, ob kliku na projekt pa lahko vidimo njegov opis.
- Partnerji/ljudje: V Ekosmart-asistenta lahko vpišete ime in priimek osebe zaposlene na projektu EkoSMART, nato pa vam asistent sporoči kontaktne podatke. V ozadju se na spletni strani EkoSMART odpre zavihek "Partnerji", kjer je naštetih 25 partnerjev.
- RRP 1 - Zasnova ekosistema pametnega mesta: EkoSMART-asistentu lahko postavite vprašanje glede projekta RRP 1. Na spletni strani v ozadju pa se odpre zavihek "Rešitve" in opis slednjega projekta. V opisih projektov najdete vodjo projekta, namen, ključne partnerje ter glavne cilje in rezultate. Bistvena je povezava pametnega mesta v celovit ekosistem.
- RRP 2 - Pametna mobilnost: EkoSMART-asistentu lahko postavite vprašanje glede projekta RRP 2. Na spletni strani v ozadju pa se odpre zavihek "Rešitve" in opis projekta. Projekt se osredotoča na problem rigidnih semaforških sistemov, ki so neodzivni na realno stanje v prometu.
- RRP 3 - Aktivno življenje in dobro počutje: EkoSMART-asistentu lahko postavite vprašanje glede projekta RRP 3. Na spletni strani v ozadju pa se odpre zavihek "Rešitve" in opis projekta. Poudarjena je pomembnost družine kot osnovne celice ter možnosti medgeneracijskega povezovanja znotraj družine. Poslovni cilj je programska rešitev MyFamily, ki bo v ekosistemu EkoSMART omogočala večjo povezanost družine ter vključevanje v medgeneracijsko povezanost za boljše kakovost življenja.
- RRP 4 - Elektronsko in mobilno zdravstvo (EMZ): V ozadju se na spletni strani odpre širši opis projekta. Glavni poslovni in tehnološki cilji RRP 4 so sledeči: izkoristiti potencial gospodarstva, medicine in znanosti za razvoj celovitega Sistema EMZ v Sloveniji, ki bo znižal naraščajoče stroške na področju zdravstva in sociale, okrepi, obogatiti in nadgraditi ponudbo proizvodov in storitev, podprtih z IKT na področju zdravstva ter drugi.
- RRP 5 - Integrirane zdravstvene storitve: EkoSMART-asistentu lahko postavite vprašanje glede projekta RRP 5. Na spletni strani EkoSMART v ozadju se odpre zavihek "Rešitve" in opis projekta. Opisani so tudi glavni rezultati in cilji projekta, med drugim tudi povečanje kakovosti in varnosti življenja kroničnih bolnikov in daljša oskrba v domačem okolju.
- RRP 6 - Prototipi rešitev: EkoSMART-asistentu lahko postavite vprašanja glede projekta RRP 6.

Na spletni strani EkoSMART v ozadju se odpre zavihek "Rešitve" in opis projekta RRP 6. Glavni rezultati in cilji so zagotovitev, vzpostavitev in testiranje prototipov sistemov v ciljnih okoljih, vključno z izvedbami, ki bodo podobne delovanju v realnih okoliščinah.

- Partnerji/institucije: Konzorcij programa Ekosmart sestavlja 25 partnerjev z različnih področij delovanja, naštetih so na spletni strani v ozadju.
- Program Ekosmart: Na spletni strani EkoSMART v ozadju se odpre zavihek "O projektu", kjer si lahko ogledate splošen opis in namen projekta EkoSMART.
- Prototipi: Povezava na seznam prototipov.



Slika 3. prikazan je EkoSMART-asistent, ki je dostopen na spletni strani [6].

7. ZAKLJUČEK

V prispevku "EMZ in EkoSMART-asistent" je bil v celoti predstavljen program EkoSMART, ki je sestavljen iz 6 raziskovalno-razvojnih projektov, med njimi tudi EMZ (Elektronsko in mobilno zdravje). Glavni namen EMZ je z umetno inteligenco in IKT izboljšati zdravje in kvaliteto življenja ljudem, hkrati pa s programskimi rešitvami razbremeniti zdravstveni sistem. Na Odseku za inteligentne sisteme na Institutu "Jožef Stefan" je bil razvit tudi EkoSMART-asistent s številnimi aplikacijami za lažji dostop do informacij.

8. ZAHVALA

Raziskave in razvoj so bile izvajane v okviru programa EkoSMART in so delno sofinancirane s strani Ministrstva za izobraževanje, znanost in šport ter Evropske unije iz

Evropskega sklada za regionalni razvoj (ESRR). Zahvaljujemo se tudi sodelavcu Alešu Tavčarju, ki je največ prispeval pri programu in vsem ostalim sodelavcem.

9. REFERENCE

- [1] Bela knjiga EMZ EkoSMART [28. 9. 2018], dostopno na <http://library.ijs.si/Stacks/Literature/Bela%20knjiga%20EMZ%20EkoSMART.pdf>
- [2] Spletna stran EkoSMART [20. 9. 2018], dostopno na <http://ekosmart.net/sl/ekosmart/>
- [3] Gams, M. in Tavčar, A. 2017. *Zbornik 20. mednarodne multikonference INFORMACIJSKA DRUŽBA – IS 2017 Delavnica za elektronsko in mobilno zdravje*, dostopno na <https://is.ijs.si/archive/proceedings/2017/files/Zbornik%20-%20I.pdf>
- [4] Spletna stran Ui-Občine IJS [20. 9. 2018], dostopno na <https://ui-obcine.ijs.si/>
- [5] Spletna stran Zdravje [20. 9. 2018], dostopno na <https://ui-obcine.ijs.si/zdravje/>
- [6] Povezava na EkoSMART-asistenta [20. 9. 2018], dostopno na <http://projekt-asistent.si/ekosmart>
- [7] Projekt »Uživajmo v zdravju«: Za zmanjšanje debelosti otrok in mladostnikov [20. 9. 2018], dostopno na <http://www.nijz.si/sl/projekt-uzivajmo-v-zdravju-za-zmanjsanje-debelosti-otrok-in-mladostnikov-0>

Pregled asistentov IJS E9

Mateja Drnovšek
Department of Intelligent Systems
Jozef Stefan Institute
Jamova cesta 39
1000 Ljubljana
mateja.drnovsek@ijs.si

Matjaž Gams
Department of Intelligent Systems
Jozef Stefan Institute
Jamova cesta 39
1000 Ljubljana
matjaz.gams@ijs.si

Aleš Tavčar
Department of Intelligent Systems
Jozef Stefan Institute
Jamova cesta 39
1000 Ljubljana
ales.tavcar@ijs.si

Gregor Grasselli
Department of Intelligent Systems
Jozef Stefan Institute
Jamova cesta 39
1000 Ljubljana
gregor.grasselli@ijs.si

POVZETEK

Asistenti so v zadnjih letih čedalje bolj pogosti in dobrodošli na spletnih straneh. V tem prispevku so opisani asistenti, ki so bili razviti na Odseku za inteligentne sisteme na Institutu »Jozef Stefan«. Zajetih je več asistentov, med drugim asistent IJS, asistent za pametna mesta, asistenta za zdravjem, meta asistent, ki povezuje vse občinske asistente, 3D-asistent in asistent ZDUS.

Ključne besede

Virtualni asistent, asistent IJS, zdravje, pametna mesta, meta asistent, občine.

1. UVOD

Virtualni asistenti so koristni na spletnih straneh, saj nas zelo hitro pripeljejo do željenih odgovorov in nam podajo informacije, ki nas zanimajo. V prispevku je narejen kratek pregled asistentov in opis asistentovih aplikacij, ki so bili razviti na IJS v okviru Odseka za inteligentne sisteme. Razvoj asistentov je bil usmerjen predvsem na točne informacije v povezavi s spletno stranjo v ozadju asistenta. Kot najboljši se je izkazal asistent IJS, zelo pomembni pa so tudi občinski asistenti, ki obiskovalca spletne strani informirajo o dogajanju v občinah. Zanimivi so tudi ostali asistenti, vsi so opisani v 2. poglavju.

2. PREGLED ASISTENTOV

Vsi asistenti so v obliki spletne aplikacije / spletnega agenta, ki se po klicu (kliku) prikaže v obliki okenca. V zgornjem delu je neka slika, povezana s predstavitvijo sistema, nad njo je rob z aplikacijami levo, pomočjo in izhoda desno. Aplikacije zgoraj levo so pomembne, ker povedo, na katere teme se asistent posebej spozna. Če izberemo aplikacijo, asistent najprej pogleda v omenjenem modulu, ali je kje pripravljena primerna aktivnost. Recimo v primeru, da imamo izbrano aplikacijo zaposleni (Slika 1), potem bo sistem iskal najprej po imenih, priimkih in drugih podatkih o zaposlenih in v primeru zadetka prikazal tovrstne odgovore. Če pa isto vprašanje napišemo splošno, potem so moduli enakovredni in lahko sistem najde povsem drug odgovor kot bolj smiseln.



Slika 1. Asistent Robi, ki je na spletnih straneh Instituta »Jozef Stefan« [1].

V sredinsko polje uporabnik vpiše vprašanje in spodaj se pojavi odgovor v obliki spletnega besedila. V ozadju se na spletni strani pojavi zadetek iskalnika, tako da uporabnik vidi odgovor asistenta in iskalnika v ozadju. Četudi asistent nič ne najde, še vedno dobimo odgovor spletnega iskalnika.

Sledi opis asistentov.

2.1 Asistent IJS, Robi

Kratek opis: Asistent Robi odgovarja na vprašanja obiskovalcev IJS in zaposlenih na IJS. Na vprašanja odgovarja v slovenščini, angleščini, francoščini. Zna govoriti slovensko in angleško, zna komunicirati preko robota, npr. Nao, zna izvajati animacije preko robota animirano na zaslonu in dejansko, kadar je fizično priključen na robota.

Aplikacije:

- Zaposleni/imenik: Če vpišete ime ali priimek ali kak drug podatek o zaposlenem, bo Robi poiskal vse zaposlene, ki ustrezajo opisu.
- Prireditve, novice: Robi vam ponudi koledar prireditve, ki vas usmeri na napovednik dogodkov.
- Vprašanja iz podjetij: Robi odpre obrazec, ki je namenjen podjetjem pri navezovanju stikov z IJS.
- Organizacijska struktura IJS: Odpre se spletna stran, kjer najdete organizacijske enote Instituta.

- Zaposlitve, študentsko delo: Robi vas usmeri na objavo prostih delovnih in študentskih mest.
- Raziskovalna oprema: Spisek pomembnejše inštitutske raziskovalne opreme na strani Nanocenter.
- Znotraj hiše, notranji akti in obrazci: Robi v ozadju odpre spletno stran, kjer zaposleni dobijo pomembne informacije. Del informacij je dostopen samo zaposlenim.
- Obvestila vzdrževalcem: Zaposleni lahko preko aplikacije posredujejo vzdrževalcem podatke o okvarah na infrastrukturi IJS.
- Počitnice: Robi vas usmeri na počitniške kapacitete, ki jih ima IJS.
- Malica: Robi vas seznanja s tedenskim jedilnikom v menzi na IJS.
- Računalniški slovarček: Robi odpre spletno stran z računalniškim slovarčkom.
- Slovarji: Robi vam odpre slovarje v ozadju.
- Vreme: V ozadju se prikaže ARSO petdnevna vremenska napoved.
- Znamenitosti Slovenije: Robi vam pomaga najti željene znamenitosti po Sloveniji.
- Turist: Robi odpre spletno stran e-Turist, s katerim lahko načrtujete izlet.
- 3D IJS: Robi odpre 3D IJS robota, ki zna tudi zaplesati in vas vodi po IJS kot virtualni vodič. Pelje vas do iskane osebe po simuliranem IJS.
- IJS TV, napovednik IJS: V ozadju si lahko ogledate vsebino, ki se predvaja na IJS kanalu, zasedenost predavalnic itd.

2.2 Čakalne vrste

Kratek opis: Asistent Čakalne vrste, dostopen na [2], je namenjen iskanju čakalnih dob za zdravstvene posege pri posameznih ustanovah. Asistent deluje tako, da v iskalno okno vpišemo poseg, ki ga želimo (asistent nam lahko sam ponudi več opcij), nato izberemo, kako hitro potrebujemo poseg in regijo Slovenije, zatem pa nam asistent ponudi vse možne ustanove, pri čemer jih razporedi v vrstnem redu od najkrajše do najdaljše časovne dobe. Asistent izpiše tudi kontaktne podatke od zdravstvenih ustanov, zato se lahko hitro naročimo na željeni poseg [3].

2.3 Stres

Kratek opis: Cilj študentskega projekta OSVET je spletni pogovorni svetovalec za zaznavanje stresa pri uporabnikih in nudenje psihosocialne pomoči preko spleta. V spodnjem okencu vpišemo svojo težavo oz. počutje, virtualni svetovalec pa nam pomaga s svojo bazo podatkov. Če nečesa ne ve, nas prosi, da svojo težavo opišemo kako drugače. Svojo stopnjo stresa lahko ocenimo tudi z uporabo ankete [3].

Pogovori se z OSVET
virtualnim svetovalcem

Prisnitite 'Enter', da pošljete in 'Esc', da zbristete natipkano.

Pošlj.

Slika 2. Spletni pogovorni svetovalec za zaznavanje stresa [4].

2.4 EkoSMART-asistent

Kratek opis: Asistent je namenjen posredovanju informacij o programu pametne specializacije EkoSMART. V trenutni realizaciji odgovarja na vsebinska vprašanja o posameznih projektih, ki so vključeni v program. Posreduje organizacijske podrobnosti in podatke o prototipih produktov, storitvah in izdelkih, ki se razvijajo v okviru programa. V končni različici pa bo asistent omogočal iskanje različnih vrst podatkov v zdravstvenih platformah in razviti integracijski platformi pametnega mesta [3, 5].

Aplikacije:

- Opis: Ekosmart-asistent v ozadju odpre kratek opis projekta Ekosmart.
- Partnerji/ljudje: Aplikacija za pomoč iskanju ljudi zaposlenih na projektu Ekosmart.
- RRP 1 - Zasnova ekosistema pametnega mesta: V ozadju se odpre kratek opis RRP 1.
- RRP 2 - Pametna mobilnost: V ozadju se odpre kratek opis RRP 2.
- RRP 3 - Aktivno življenje in dobro počutje: V ozadju se odpre kratek opis RRP 3.
- RRP 4 - Elektronsko in mobilno zdravstvo: V ozadju se odpre kratek opis RRP 4.
- RRP 5 - Integrirane zdravstvene storitve: V ozadju se odpre kratek opis RRP 5.
- RRP 6 - Prototipi rešitev: V ozadju se odpre kratek opis RRP 6.
- Partnerji/inštitucije: Konzorcij programa Ekosmart sestavlja 25 partnerjev z različnih področij delovanja.
- Program Ekosmart: V ozadju si lahko ogledate opis in namen projekta Ekosmart.
- Prototipi: Povezava na seznam prototipov.



Slika 3. EkoSMART- asistent, dostopen na spletni strani [6].

2.5 Meta asistent

Kratek opis: Meta asistent, imenovan Metka, nam da povezavo na ostale občinske asistente.

V levem zgornjem kotu asistenta so na voljo vse aplikacije, pod njimi lahko izberemo tudi regije in občine [7, 8] za zožitev interakcije.

Aplikacije:

- Splošno: Asistent vam da splošne informacije o občini, občinskem svetu, zaposlenih in zanimivostni občine.
- Okolje, prostor in komunala: Asistent vam odgovori na vprašanja v zvezi s prometom, okoljem in komunalo.

- Kultura, šport in izobraževanje: Asistent vam odgovori na vprašanja glede kulture, športa in izobraževanja.
- Zdravstvo in sociala: Asistent vam odgovori na vprašanja v zvezi z zdravstvenim domom, zdravniki, oskrbo na domu in socialno službo.
- Zaščita in reševanje: Asistent vam odgovori na vprašanja povezana s civilno zaščito, gasilci, policijo, načrti zaščite in reševanja.
- Vloge in obrazci: Asistent za vas poišče različne vloge in obrazce.
- Kmetijstvo in gospodarstvo: Asistent odgovori na vprašanja glede kmetijstva, gozdarstva, prehrane in gospodarstva.
- Storitve in obrtniki: Asistent odgovori na vprašanja glede storitvenih dejavnosti v občini (npr. seznam trgovin, lokacije bankomatov, kinodvorane, banke, seznam obrtnikov ipd.).
- Turizem: Asistent vam odgovori na vprašanja glede turizma (prenočišča, znamenitosti, turistično informacijski centri).
- Moja občina: Asistent v ozadju odpre spletno stran, kjer si lahko preberete novice, dogodke in zanimivosti posameznih občin.
- Vreme: V ozadju se odpre spletna stran ARSO, kjer lahko vidite petdnevno vremensko napoved.
- Prevajanje: V ozadju se vam prikaže prevajalnik podjetja Amebis, kjer lahko prevajate med slovenščino, nemščino in angleščino.
- Slovarji: V ozadju lahko uporabite slovarje za večje evropske jezike.



Slika 4. Meta asistent, ki je dostopen na [8].

2.6 Občine

Kratek opis: Vsaka izmed 200 občin ima svojega občinskega asistenta, do seznama asistentov lahko dostopate na spletni strani [8], pod zavihkom Občine. Po kliku na "Asistenti za občine" se vam odprejo vse povezave na občinske asistente. Izberemo občino in odpre se nam spletna stran občine in občinski asistent v levem zgornjem kotu. Na Sliki 5 je primer asistenta, ki prikazuje pokrajine. Ponujene aplikacije so pri vseh občinskih asistentih enake.



Slika 5. Povpraševanje je možno po Sloveniji, pokrajinah ali občinah.

Aplikacije:

- Splošno: Asistent vam da splošne informacije o občini, občinskem svetu, zaposlenih in zanimivostni občine.
- Okolje, prostor in komunalna: Asistent vam odgovori na vprašanja v zvezi s prometom, okoljem in komunalno.
- Kultura, šport in izobraževanje: Asistent vam odgovori na vprašanja povezana z različnimi športnimi kot tudi kulturnimi društvi in klubi, izobraževalnimi ustanovami in o prireditvah.
- Zdravstvo in sociala: Kontaktni podatki za prvo pomoč.
- Zaščita in reševanje: Asistent vam odgovori na vprašanja povezana s civilno zaščito, gasilci, policijo, načrti zaščite in reševanja, ravnanjem v primeru naravnih nesreč.
- Vloge in obrazci: Asistent vam lahko poišče različne vloge in obrazce.
- Kmetijstvo in gospodarstvo: Asistent vam odgovori na vprašanja povezana s kmetijstvom, gozdarstvom, prehrano in gospodarstvom na splošno.
- Storitve in obrtniki: Asistent odgovori na vprašanja povezana s storitvenimi dejavnostmi v občini (seznam trgovin, lokacije bankomatov, kinodvorane, banke, seznam obrtnikov, itd.)
- Turizem: Asistent vam nudi koristne informacije glede turizma.
- Novice in prireditve: Na spletni strani v ozadju si lahko ogledate novice in prihajajoče prireditve v občini.
- Moja občina: Spletna storitev Moja občina je namenjena seznanjenju občanov slovenskih občin z novicami.
- Vreme: V ozadju se odpre spletna stran ARSO, kjer si lahko ogledate vremensko napoved.
- Slovenski turizem: V ozadju se odpre spletna stran e-Turist, kjer lahko načrtujete ogled.
- Občinska TV: V ozadju se odpre spletna stran TV IJS.

2.7 3D-asistent

Kratek opis: 3D-asistent je virtualni vodič po IJS. Če ga vprašate, kje je določeni posameznik, vas popelje pred njegova vrata, tako da hodi pred vami v virtualni 3D resničnosti.

3D-asistent omogoča tudi, da vsak zgradi svoj virtualni posnetek resničnega prostora in svojega 3D-asistenta. 3D-asistenti povezujejo številne sisteme, razvite na Odseku za inteligentne sisteme IJS, ki omogočajo virtualno izkušnjo. Uporablja se ga lahko preko spletnega portala, enostavno pa se vzpostavi tudi samostojna aplikacija za pametni telefon Android ali iPhone, računalnik Windows ali Mac. 3D-asistent pride do izraza predvsem pri uporabi v občinskih stavbah, podjetjih, inštitutih, muzejih ali znamenitostih, saj do neke mere nadomešča vodiča ali vratarja.



Slika 6. 3D IJS asistent, ki ga lahko upravljamo s pomočjo tipk: W, A, S, D. Po kliku na robotovo glavo mu lahko zastavimo vprašanje.

Do 3D-asistenta dostopate tako, da v svojem občinskem asistentu kliknete levo zgoraj "Aplikacije" in nato "3D-asistent". Primer zanimivega 3D-asistenta je 3D IJS asistent, ki je prikazan na Sliki 6. Nudi druge funkcije, recimo če kliknete na glavo 3D robota, po želji tudi zapleše [9, 10].

2.8 ZDUS

Kratek opis:

ZDUS (Zveza društev upokojencev Slovenije) ima na svoji spletni strani ZDUS asistenta, imenovanega Zdusko. Le ta vam odgovori na vprašanja, ki mu jih zastavite. V levem zgornjem kotu asistenta pa so na voljo tudi aplikacije, ki jih lahko izberete.



Slika 7. prikazuje ZDUS asistenta, ki je dostopen na spletni strani [11].

Aplikacije:

- Splošno: Na spletni strani v ozadju si lahko preberete splošno o društvu ZDUS.
- Društva: V ozadju lahko vidite vsa društva in klube. Društva so prikazana na zemljevidu, tako da se lažje orientirate.
- Aktivno staranje: V ozadju lahko dobite koristne informacije o aktivnem staranju, vključno s predlogi o tem, katere vaje izvajati.
- Zdravje: V ozadju lahko dobite koristne informacije o zdravju (pomoč pri različnih boleznih, kaj je priporočljivo jesti, zdravilne rastline).
- Bivalna kultura: Na spletni strani v ozadju si lahko preberete več o bivalni kulturi starejših.
- Letovanje: V ozadju lahko dobite informacije o zanimivih izletih in potovanjih.
- Zakonodaja: V ozadju si lahko preberete več o sprejetih zakonih.
- Aktivno državljanstvo: Na spletni strani v ozadju lahko dobite koristne informacije o aktivnem državljanstvu, ki spodbuja, da starejši ostanejo aktivni in avtonomni.
- Informatika: V ozadju lahko dobite koristne informacije o tem kako starejše naučiti uporabe IKT, ki je v današnjem času nujna.
- Medgeneracijsko sodelovanje: V ozadju je opis načinov medgeneracijskega sodelovanja in primeri dobre prakse.
- Slovarji: Zdusko vam pomaga razložiti neznane besede.
- Vreme: V ozadju se vam odpre spletna stran ARSO, kjer lahko vidite vremensko napoved.
- Slovenski turizem: Zdusko vas poveže s spletno stranjo e-Turist, kjer lahko načrtujete svoj ogled Slovenije.

2.9 SVIZ

Kratek opis: Na spletni strani SVIZ (Sindikat vzgoje, izobraževanja, znanosti in kulture Slovenije) je dostopen virtualni asistent, imenovan Svizec. V levem zgornjem kotu lahko izberete aplikacije, v iskalno okno pa vpišete vprašanje.



Slika 8. Asistent SVIZec.

Aplikacije:

- Splošno: Asistent vam odgovori na splošna vprašanja o SVIZu.
- Vreme: V ozadju se odpre spletna stran ARSO, na kateri si lahko ogledate vremensko napoved.
- Prevajanje: V ozadju se pokaže prevajalnik podjetja Amebis, kjer lahko prevajate stavke med slovenščino, nemščino in angleščino.
- Slovarji: V ozadju se odpre slovar za večje evropske jezike.
- Računalniški slovarček: V ozadju se nahaja slovarček računalniških izrazov.
- Matematika / Znanje: Odpre se spletna stran Wolfram Alpha, zmogljivo orodje za reševanje matematičnih, fizikalnih, kemijskih in drugih znanstvenih nalog.
- Počitnice: V ozadju se odpre spletna stran Odpočij.si, kjer lahko najdete počitniški kraj.
- Predpisi in zakoni: Dostopni splošni zakoni na spletni strani v ozadju.

3. ZAKLJUČEK

V prispevku je bil predstavljen pregled večine asistentov, ki so bili razviti na Odseku za inteligentne sisteme Instituta "Jožef Stefan". Skupno jih je med 200 in 300. Kot prvi in

najpomembnejši je bil opisan Asistent IJS (2.1.), v nadaljevanju pa še dva, ki sta povezana z zdravjem, to sta Čakalne vrste (2.2.) in Stres (2.3.). Sledijo asistent za pametna mesta EkoSMART-asistent (2.4.), nato pa Meta asistent (2.5.), ki pokriva Občine (2.6.). Sledi bolj zabaven 3D-asistent (2.7.), do katerega lahko dostopamo iz občinskih asistentov. Na koncu je opisan asistent ZDUS (2.8.), ki je v pomoč starejšim.

4. REFERENCE

- [1] Povezava na asistenta IJS [20. 9. 2018], dostopna na <http://www.projekt-asistent.si/ijs>
- [2] Povezava na asistenta Čakalne vrste [20. 9. 2018], dostopna na <https://salty-retreat-14326.herokuapp.com/>
- [3] Spletna stran Zdravje [20. 9. 2018], dostopna na <https://ui-obcine.ijs.si/zdravje/>
- [4] Spletni pogovorni svetovalec za zaznavanje stresa [20. 9. 2018], dostopno na <http://poluks.ijs.si:12345/>
- [5] Spletna stran EkoSMART [26. 9. 2018], dostopno na <http://ekosmart.net/sl/ekosmart/>
- [6] Povezava na EkoSMART-asistent [28. 9. 2018], dostopno na <http://projekt-asistent.si/ekosmart>
- [7] Spletna stran Asistenti [28. 9. 2018], dostopno na <https://ui-obcine.ijs.si/asistenti/>
- [8] Spletna stran Meta asistent [28. 9. 2018], dostopno na <http://projekt-asistent.si/meta-asistent>
- [9] Spletna stran 3D-asistent [28.9. 2018], dostopno na <https://ui-obcine.ijs.si/3d-asistent/>
- [10] Povezava na 3D-asistent [28. 9. 2018], dostopno na <http://3d.ijs.si/>
- [11] Povezava na asistenta ZDUS [26. 9. 2018], dostopno na <http://www.projekt-asistent.si/zdus>

Varnostna ura IJS

Mateja Drnovšek
Odsek za inteligentne sisteme
Institut »Jožef Stefan«
Jamova cesta 39
1000 Ljubljana
mateja.drnovsek@ijs.si

Tine Kolenik
Odsek za inteligentne sisteme
Institut »Jožef Stefan«
Jamova cesta 39
1000 Ljubljana
tine.kolenik@ijs.si

Matjaž Gams
Odsek za inteligentne sisteme
Institut »Jožef Stefan«
Jamova cesta 39
1000 Ljubljana
matjaz.gams@ijs.si

POVZETEK

Starejša populacija se vse pogosteje spoprijema s težavami kakovostnega, varnega in samostojnega življenja. Situacija odpira vrata za inovativne rešitve z uporabo umetne inteligence. Na Institutu »Jožef Stefan« na Odseku za inteligentne sisteme že vrsto let razvijamo sisteme za pomoč starejšim. Med njimi je tudi pametna ura, ki omogoča podaljšanje samostojnega življenja, hkrati pa poveča varnost in udobje. Zaradi slednjega je primerna tudi za druge ciljne skupine, kot so odročni delavci, reševalci, raziskovalci, avanturisti ipd. V prispevku je splošno predstavljena najnovejša različica ure, ki je zmožna nenehne spremljanja uporabnika. Med najpomembnejšimi funkcijami sta zaznavanje padcev in mirovanja, obenem pa ura vsebuje več kot 15 funkcij, ki so predstavljene v prispevku.

Ključne besede

EMZ, pametna ura, skrb za starejše, aktivno staranje, zaznavanje padcev, zaznavanje mirovanja, srčni utrip.

1. UVOD

Razvoj medicine in izboljšanje življenjskih pogojev sta pripomogla k podaljšani življenjski dobi, a tudi hitrejši tempo življenja ter povečan obseg dela in zmanjšanje rodnosti, zaradi česar se je prebivalstvo začelo starati [1]. Daljše življenje je velik civilizacijski dosežek, eden od ključnih izzivov pa je, kako ohraniti samostojnost in varnost starejših ter kako narediti starost dostojno in prijetno tako za starejše kot njihove sorodnike [2]. S tem namenom je bila razvita pametna ura za starejše. Razvoj pametne ure temelji na večletnem raziskovalnem delu prepoznavanja aktivnosti in padcev ter dolgotrajnega in natančnega testiranja različnih prototipov pri številnih ciljnih uporabnikih [3,4,5]. Končni rezultat je pametna ura, ki uporabniku ne poveča le varnosti, ampak tudi izboljša življenje s številnimi uporabniškimi funkcijami.

Sistem povezuje starejše in njihove skrbnike ter jim pomaga pri komunikaciji in hitri pomoči pri nezgodah. Primeren je za starejše, ki želijo dlje časa bivati v domačem okolju, za živeče v domovih za starejše in za uporabnike, ki delajo na tveganih območjih. V prispevku predstavimo osrednjo komponento našega sistema, pametno uro, ki je namenjena izboljšanju varnosti uporabnika.

2. PAMETNA URA

2.1 Osnovne funkcije

Varnostna pametna ura IJS ima skupaj s komandnim modulom naslednje osnovne funkcije:

1. **Čas in datum:** Na domačem zaslonu vidite čas, datum, signal, baterijo, števec korakov ter način delovanja.

2. **Opomniki:** Opomnike lahko nastavite na spletnem portalu ali jih pošljete preko SMS-a. Lahko so enkratni ali periodični.
3. **Socialni klici (prijatelji):** Če od domačega zaslona s prstom po zaslonu potegnete 2-krat v desno stran, prispete do kontaktov. Pokličete lahko do 4 shranjene številke.
4. **Zunanji klici:** Kdorkoli lahko pokliče na uro in začne pogovor – kot z mobilnim telefonom.
5. **Spremljanje aktivnosti:** Pametna ura spremlja aktivnost uporabnika. Če se nenavadno malo ali preveč giblje, kot se običajno, ura to sporoči skrbniku. Lahko se nastavi, da se sprememba dnevne aktivnosti sporoči na določeno številko.
6. **Geo-lociranje:** Lociranje uporabnika v primeru nevarnosti.
7. **Peskovnik:** Če uporabnik zaide preko določenega območja, ura o tem obvesti skrbnika.
8. **Števec korakov:** Dnevno štetje korakov. Ura nas opomni, če se moramo več gibati ali pa če smo že naredili dovolj korakov v dnevu.
9. **Merjenje srčnega utripa:** Ura meri srčni utrip eno minuto in nato izpiše povprečni utrip.
10. **Avtomatski klic na pomoč v primeru padca:** Pametna ura pokliče skrbnika, če se zgodi padec.
11. **Avtomatski klic na pomoč v primeru mirovanja:** Pametna ura pokliče skrbnika, če uporabnik obmiruje 1-5 min (odvisno od načina delovanja).
12. **Klic na pomoč s pomočjo gumba:** Ročni klic na pomoč, ki ga lahko izvede uporabnik sam, če potrebuje pomoč.
13. **Prekinitev klicanja na pomoč.** Če se sproži klic na pomoč, ga lahko uporabnik prekine.
14. **Nastavljanje ure s komandnim modulom.** Preko komandnega modula je možno nastavljati uro.
15. **Nastavljanje ure.** Uro je možno nastaviti na več načinov delovanja, parametrov itd. Nastavitve je možno doseči na skrit način, da ne bi npr. dementni uporabniki narobe nastavljali ure.
16. **Tovarniške funkcije pametne ure.** Ura predstavlja nekoliko okrnjen mobilni telefon in ima vse osnovne funkcije tovrstnih naprav. Možen je dostop do tovarniških funkcij, vendar na skrit način.

Nekaj teh funkcij je podrobneje opisanih v nadaljevanju.

2.2 Varnost

Glavna funkcionalnost in razlog, zakaj si uporabniki sploh želijo takšen sistem, je varnost. En poglavitnih strahov, zakaj se

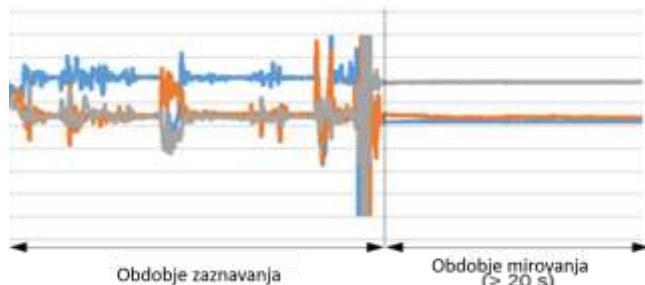
starejši odločijo za zapustitev domačega okolja ter prehod v varovano okolje (dom za ostarele, varovana stanovanja), je ravno strah pred poškodbo in nezmožnostjo klica na pomoč. Žal se dandanes, kljub vsej sodobni tehnologiji, pogosto dogaja, da se starejša oseba poškoduje (pade) v domačem okolju, ni pa zmožna vstati in poklicati na pomoč. Zaradi dolgotrajnega (tudi večdnevnega) ležanja na tleh s poškodbo se zdravstveno stanje izredno poslabša, okrevanje se podaljša, v najhujših primerih pa lahko to privede do smrti.

Sistem je zasnovan tako, da prepozna določene tipe nevarnosti in samodejno pokliče na pomoč v primeru, da prepozna nevarnost.

2.2.1 Zaznavanje padcev

Zaznavanje padcev temelji na prepoznavanju značilnih pospeškov, ki nastanejo med padanjem in po padanju. Glavni senzor, ki ga za to uporabljamo, je pospeškomer. Z uporabo dodatnih senzorjev, kot so barometer, giroskop in PPG, pa lahko natančnost algoritma še izboljšamo. Žal imajo osnovne (cenejše) ure le pospeškomer, višji cenovni razred pa omogoča dodatne senzorje ter s tem višjo natančnost in manj lažnih alarmov.

Glavna ideja algoritma je prepoznavanje treh obdobij padca: gibanje pred padcem, visok pospešek, ki nakazuje padeč in mirovanje po padcu (glej sliko 1). Na ta način lahko prepoznamo vse hujše padce, po katerih je oseba tako poškodovana, da se ne more več premikati (niti poklicati na pomoč). V primeru, da se oseba še lahko premika, predpostavimo, da lahko pokliče na pomoč z uporabo gumba. Na ta način drastično zmanjšamo število lažnih alarmov, obenem pa zagotavljamo visok nivo varnosti.



Slika 1. Prepoznavanje padcev iz pospeškov. Ob padcu nastanejo izstopajoči pospeški, po njem pa se stanje umiri.

2.2.2 Prepoznavanje mirovanja

Pogosto se zgodi, da osebi postane slabo, omedli ipd., a ker ne stoji, pri tem ne pride do padca, zato sistem za prepoznavanje padcev ne sproži alarma. Z namenom, da bi prepoznali takšne težave, smo razvili metodo za prepoznavanje nenavadnega mirovanja. Metoda ves čas spremlja premikanje osebe (zapestja). Ker merimo mikro-gibe, ki so prisotni skorajda vedno, ko je oseba budna (npr. tudi ko tipkamo po tipkovnici), enostavno določimo mejo, ki predstavlja, da je oseba omedlela. Z namenom zmanjševanja lažnih alarmov sistem v takšnem primeru najprej opozori uporabnika z 10-sekundnim vibriranjem. Če je uporabnik priseben, premakne zapestje, kar pomeni, da je vse v redu. V primeru, da se to ne zgodi, sistem sproži alarm.

2.3 Povezljivost

Majhen zaslon na uri onemogoča enostavno upravljanje kompleksnih nastavitvev, to je še posebej poudarjeno pri starejših uporabnikih, ki imajo pogosto težave z vidom. Zato smo se odločili, da uro povežemo s spletnim portalom (komandnim modulom), ki omogoča upravljanje ure na daljavo,

poročanje o morebitnih alarmih in stanju ure ter enostaven vpogled svojcem ter skrbnikom.

Zaradi boljše pokritosti in zanesljivejšega delovanja je primarni sistem, ki se uporablja za komunikacijo s strežnikom, SMS, naknadno pa smo omogočili tudi uporabo podatkovnega prometa z uporabo REST-protokola.

Zaradi varovanja osebnih podatkov se na strežniku shranjuje le uporabniško ime (ki je poljubno), geslo ter telefonska številka ure, ki je hkrati tudi identifikacija naprave. Uporabnik lahko sam izbira, ali želi določeni osebi (uporabniku, skrbniku) dodeliti vpogled do podatkov. Da pa bi bilo delovanje sistema razširljivo, smo omogočili določene API-klice, ki omogočajo povezljivost z drugimi sistemi. To je predvsem primerno za klicne centre, ki želijo ohraniti svoj obstoječ sistem za prejemanje klicev in hranjenje podatkov ter ga na enostaven način nadgraditi z dodatnimi funkcionalnostmi, ki jih omogoča pametna ura.

3. NAVODILA

Sistem umetne inteligence skuša izvajati nekatere funkcije, ki bi jih skrbnik-človek s pridom uporabljal. Ura poveča varnost starejših, odraslih in otrok ter podaljša samostojnost življenja starejših. Možni so trije načini uporabe:

- aktivni način, ko se sproži alarm ob vsakem daljšem mirovanju (npr. na izletu, ob zahtevnih hišnih opravilih, za varnostnike, vlakovodje, delavce; trajanje baterije 8 ur),
- normalni način, ko se sproži alarm ob velikem pospešku in nato mirovanju, tj. padcu (npr. izlet; trajanje baterije 24 ur), in
- varčni način, ko ura ne zaznava padcev in mirovanja, ampak samo SOS-gumb (trajanje baterije 3 dni).

Video na YouTube: Varnostna ura IJS (https://youtu.be/bokP2_x-Q3s)

Več informacij na spletni strani: <http://ura.ijs.si>

3.1 Vklp/izklop

- Za vklop pritisnemo in držimo srednji gumb (slika 2), dokler se na zaslonu ne izpiše »Lemfo 5«, to je znak, da se ura prižiga (ugaša). Po nekaj sekundah bo pametna ura v stanju pripravljenosti in na zaslonu se bo prikazal domači zaslon z uro in dnevom.
- Za izklop zopet pritisnemo in držimo srednji gumb, dokler se na zaslonu ne pokaže slika 2.
 - Če želimo uro ugasniti, pritisnemo modri gumb na zaslonu (glej sliko 2).
 - Če želimo uro ponovno zagnati, pritisnemo zeleni gumb na zaslonu (glej sliko 2).
 - Na sredini zgoraj je tudi SOS-gumb za ročni alarm.



Slika 2. Pametna ura s prikazanim SOS-gumbom.

3.2 Kako pogledamo čas in datum?

- Po prižigu ure se pokaže domači zaslon. Na sredini zaslona se samodejno izpišejo čas, datum, signal, baterija, dan, števec korakov in način delovanja (glej sliko 3).
- Ura varčuje z energijo, zato se zaslon po nekaj sekundah zatemni. Če je zaslon temen, ga oživimo s pritiskom na srednji gumb.



Slika 3. Domači zaslon pametne ure.

3.3 Polnjenje baterije

Uro polnimo preko magnetnega polnilnika. Kabel za polnjenje ima na eni strani magnet ovalne oblike, ki ga prislonimo na rumene kontakte na zadnji strani ure (glej sliko 4). Na drugi strani kabla je USB-priključek, ki ga vstavimo v adapter, le-tega pa v vtičnico. Ob začetku polnjenja pametne ure zaslišimo zvočni signal, govor in vibriranje, na zaslonu pa se pojavi znak za polnjenje.



Slika 4. Polnjenje pametne ure.

3.4 Prehod med načini delovanja

Način delovanja nastavimo tako, da na domačem zaslonu s prstom potegnemo od desne proti levi. Pojavi se okno »Moduli« in tri možne izbire (kot je opisano na začetku):

- aktivni način, tu je možnost izbire dveh:
 - zaznavanje padcev
 - zaznavanje mirovanja
- normalni način
- varčni način

Izbrati je mogoče eno možnost izmed a), b) in c) s pritiskom znotraj ustreznega kroga.

3.5 Klic prijateljev

Do kontaktov lahko dostopamo tako, da na domačem zaslonu s prstom dvakrat potegnemo z leve proti desni. Pojavi se okno »Kontakti« z vnaprej shranjenimi številkami. Prijatelje pokličemo tako, da držimo prst na željenem kontaktu.

Opomba: Za klice mora biti vstavljena SIM kartica.

3.6 Samodejni klic na pomoč v primeru padca

V primeru, da padete in obmirujete 20 sekund ali eno minuto (se nastavi v »Napredne nastavitve«), bo pametna ura samodejno poklicala na pomoč in bo klicala toliko časa, dokler koga ne prikličete. Navodila za preklic klica so spodaj.

Pomembno: Uro nosite na roki, v roki, v žepu oz. nekje na sebi, da lahko zazna padec.

3.7 Ročni klic na pomoč

Če želimo sami poklicati na pomoč, pritisnemo najprej srednji gumb, da je ura v stanju pripravljenosti, nato pa tri sekunde držimo spodnji gumb. Ura bo poklicala na pomoč, na zaslonu pa se bo pojavila slika 5: »Kličem na pomoč. Pritisni in drži za preklic.«

Če želimo, lahko klic na pomoč prekinemo – glej navodila spodaj.

3.8 Preklic klica na pomoč

Ko ura kliče na pomoč, se na zaslonu pojavi slika 5: »Kličem na pomoč. Pritisni in drži za preklic.« Klic prekličemo tako, da pritisnemo na zaslon in držimo. Barva zaslona se bo spremenila z rdeče na zeleno (slika 5) in klic se bo prekinil.



Slika 5. Prikazan je postopek za sprožitev in preklic klica na pomoč.

3.9 Srčni utrip

Okno za merjenje srčnega utripa se nahaja levo od okna »Domači zaslon«. Ko je na zaslonu izpisan »Domači zaslon«, s prstom po zaslonu potegnemo z leve proti desni, tako da se na

zaslonu prikaže slika 6. Za začetek merjenja srčnega utripa pritisnemo in držimo na zaslon. Ura približno 25 sekund meri srčni utrip in ga nato prikaže na sredini zaslona.

Za izhod na »Domači zaslon« s prstom potegnemo po zaslonu od desne proti levi.



Slika 6. Zaslon pred začetkom merjenja srčnega utripa.

4. ZAKLJUČEK

V prispevku je opisana najnovejša različica Varnostne ure IJS. Ura vsebuje več kot 15 funkcij, med katerimi sta najbolj pomembni funkciji za avtomatsko zaznavanje padcev in mirovanja. Pametna ura je bila razvita na podlagi večletnih izkušenj in številnih preizkusov prototipov na različnih stopnjah razvoja z dejanskimi uporabniki, kar je tudi pripeljalo do trenutnega izdelka, ki je že preizkušen in primeren za končne uporabnike. S pomočjo spletnega API-ja je tudi omogočena enostavna integracija v že obstoječe sisteme za e-oskrbo ter pomoč na daljavo, s čimer upamo na hiter in učinkovit prodor na trg, najprej v Sloveniji, nato pa v Evropi.

5. ZAHVALA

Raziskave in razvoj so nastale v okviru programa EkoSMART in so delno sofinancirane s strani Ministrstva za izobraževanje, znanost in šport ter Evropske unije iz Evropskega sklada za regionalni razvoj (ESRR).

Zahvaljujemo se vsem, ki so sodelovali pri razvoju pametne ure: Jani Bizjak, Anton Gradišek, Hristijan Gjoreski, Luka Stepančič, Nejc Mlakar, Nejc Kovač, Tadej Magajna, Kristian Remsak, Samo Remec ter ostali sodelavci odseka E9.

6. REFERENCE

- [1] Lutz, W., Sanderson, W., in Scherbov, S. 2008. The coming acceleration of global population ageing. *Nature*. 451, 7179 (2008), 716–719. DOI=<https://doi.org/10.1038/nature06516>.
- [2] WHO, 'Active ageing: a policy framework', 2002. [Splet]. Dostopno na: http://www.who.int/ageing/publications/active_ageing/en/. [Dostop: 21–Sept–2018]
- [3] 'Varnostna ura ijs – Safety watch JSI', 2018. [Splet]. Dostopno na: <http://ura.ijs.si>. [Dostop: 21–Sept–2018]
- [4] Bizjak, J., Gradišek, A., Stepančič, L., Gjoreski, H., and Gams, M. 2017. Intelligent assistant carer for active aging. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*. 2017, 1 (2017), 76.
- [5] Bochanovski, M., Gjoreski, H., Bizjak, J., and Gams, M. 2016. Smartwatch fall detection. V *Proceedings 19th international multiconference IS 2016*, M. Bajec, Ur. Jožef Stefan Institute, 17–20.

New HRV biofeedback technique and monitoring its effects in a psychotherapeutic group of coronary patients with SAVVY mini ECG devices installed

Dušan Enova

UMC Ljubljana, Division of Internal
Medicine
Zaloška cesta 7, 1525 Ljubljana
+386 1 522 81 52
dusan.enova@kclj.si

Roman Trobec

Institut »Jožef Stefan«
Jamova 39
1000 Ljubljana, Slovenija
roman.trobec@ijs.si

Katja Mesarič

UMC Ljubljana, Division of Internal
Medicine
Zaloška cesta 7, 1525 Ljubljana
katja.mesaric@kclj.si

Katarina Slevce

UMC Ljubljana, Division of Internal
Medicine
Zaloška cesta 7, 1525 Ljubljana
katarina.slevce@gmail.com

Borut Ambrožič

UMC Ljubljana, Division of Internal
Medicine
Zaloška cesta 7, 1525 Ljubljana
ambrozicborut@gmail.com

Tej Enova

Gimnazija Bežigrad
Peričeva ulica 4, 1001 Ljubljana
tej.enova@gimb.org

ABSTRACT

In the past years, two techniques for raising heart rate variability (HRV) were presented; 1) resonant breathing with a frequency of 0.1 Hz and 2) rhythmic isometric contraction of skeletal muscles with a frequency of 0.1 Hz. Research has shown greater efficiency for resonant breathing techniques.

In our study, we want to test Combined respiratory and muscular HRV technique, or CBM-HRV, in which muscular and respiratory techniques are combined. For this technique, preliminary experiments have shown greater efficiency, as compared to other techniques, since it has greatest contribution to the increase in HRV. Because the technique is not physical demanding, it could be practiced by patients in the first days after myocardial infarction (MI) in the lying position. In addition, a possibility to use the SAVVY medical device (mini ECG device, developed at the Jožef Stefan Institute) for the purpose of psychophysiological coronary rehabilitation is stressed.

Keywords

Heart rate variability, Biofeedback, Resonant breathing, Rhythmic isometric contraction of skeletal muscles, Combined respiratory and muscular HRV technique, SAVVY medical device

1. INTRODUCTION

There is a worldwide occurring trend of increasing the number of scientific studies on biofeedback training aimed to increase heart rate variability (HRV-BFB) in patients following a heart attack, as well as in other coronary patients, and in patients with some other somatic and psychiatric illnesses [1,2,3]. In the Internal Clinic, UKCL (Ljubljana UMC), at the Department of Cardiac Rehabilitation, we are also preparing a study in cooperation with colleagues from the USA, in which we will investigate the impact of psychophysiological coronary rehabilitation (standard physiotherapeutic rehabilitation + stress management + HRV-BFB) on the reduction of psychogenic and oxidative stress in patients following a heart attack (MI).

2. NEW USE OF THE SAVVY DEVICE

We believe that we should have a possibility to use the SAVVY medical device (mini ECG device, developed at the Jožef Stefan Institute) for the purpose of psychophysiological coronary rehabilitation. With these devices applied on each patient, we could simultaneously measure heart rate variability (HRV) on the whole group of cardiac patients during psychophysical relaxation exercises and during exercises aimed at increasing the HRV. The next step, however, would be the possibility of lending these devices to patients for home use during a period of three months of coronary rehabilitation. In this way, it would be easier to monitor the progress and cooperation of patients in means of regular practicing of these exercises at home. We believe that this would also increase the motivation of patients to carry out exercises at home. The results of home HRV measurements could be sent by patients to Psychophysiological rehabilitation clinic via e-mail or in some other, even more elegant way- for instance telemetry.

3.1. NEW HRV BIOFEEDBACK TECHNIQUE

One of the authors of the HRV biofeedback training, professor Vaschillo E.G., presented two techniques for increasing the heart rate variability: resonant breathing with a frequency of 0.1 Hz and a rhythmic isometric contraction of skeletal muscles with a frequency of 0.1 Hz [4]. In his research, he found that the technique of resonance abdominal breathing with a frequency of 0.1 Hz was more effective than the aforementioned muscles contraction technique. By reviewing professor Vaschillo's article [4], authors Dušan Enova and Tej Enova found that participants in the study of isometric muscular contractions technique did not have a fixed, specific, breathing rhythm during the exercise, but they breathed spontaneously, each with their own rhythm. From the results of one of the participants in the study, it is evident that the latter was breathing with an average rhythm of 0.3 Hz or approx. 18 breaths per minute. Dušan and Tej Enova have, by trials on themselves, came up with biofeedback technique: simultaneous isometric tensioning of the muscles of the crossed lower limbs

in a sitting position, namely for 4 seconds during the inhalation phase; and relaxation of all muscles for 6 seconds in the exhalation phase (the entire respiratory cycle is 10 seconds, 6 breaths per minute, frequency 0.1 Hz). Thus, the respiratory and muscular techniques are combined, both in the rhythm of 0.1 Hz (Combined respiratory and muscular HRV technique or CBM-HRV). It turned out that this new HRV technique is significantly more effective than resonant breathing technique. We are now planning a study to confirm these preliminary results on a sample of young and healthy people. In case of confirmation of this hypothesis, we will use this new HRV technique in the aforementioned planned study at the UKCL Internal Clinic. The technique is not physically demanding and could already be practiced (in the lying position) in the first days after the MI by hospitalized patients.

3.2. PRELIMINARY RESULTS OF THE NEW HRV BIOFEEDBACK TECHNIQUE

Figures 1 to 4 show the results of HRV measurements parameters of the four techniques performed by the author himself in a state after experiencing stress (Saturday, 22.9.2018, in the morning). Measurements were done with the Nexus 10, MindMedia medical device. Results of the combined CBM1 technique (tensioning the leg muscles during the inhalation phase with a rhythm of 0.1 Hz) are presented in the final Figure 4. It is evident that, when practicing this technique, SDNN as a classical measure of heart rate variability, is significantly higher than when practicing other techniques. This technique was performed after a breathing phase of 12 breaths per minute (0.2 Hz). The other two techniques were carried out later.

Duration of each of four measurements presented in Figures 1. to 4. was 3 minutes, but only those intervals without artifacts were counted for calculation.

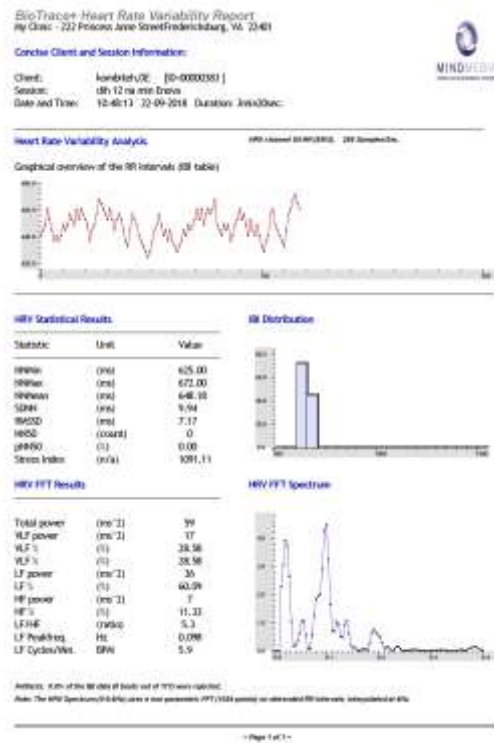


Figure 1. Breathing with a frequency of 0.2 Hz (average breathing 12 breaths per minute). SDNN 9.94; Stress Index 1091.11

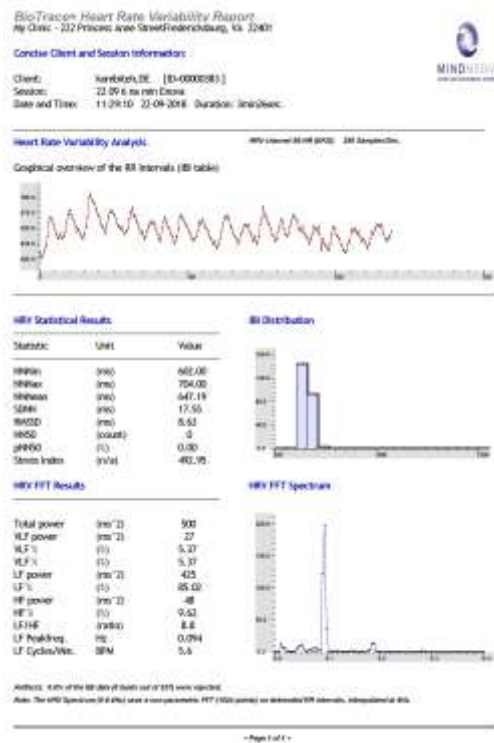


Figure 2. Breathing with a frequency of 0.1 Hz (resonant therapeutic breathing 6 breaths per minute). SDNN 17.55; Stress Index 492.95

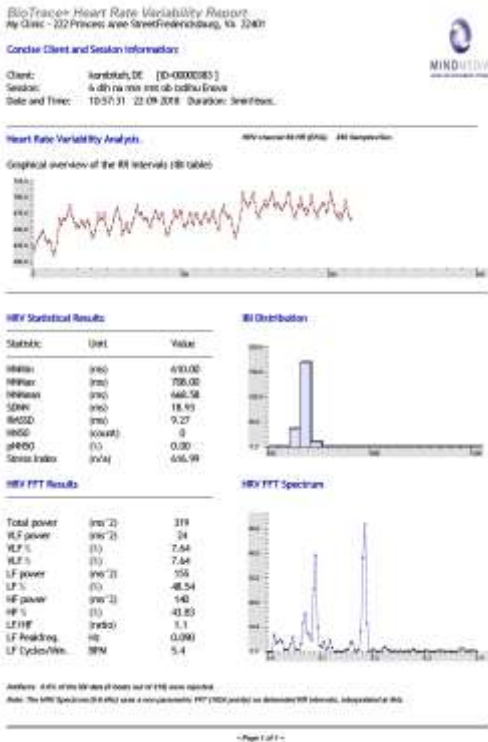


Figure 3. Combined CBM2 technique (tensioning skeletal muscles during the exhalation phase with a 0.1 Hz rhythm). SDNN 18.93; Stress Index 616.99



Figure 4. Combined CBM1 technique (tensioning skeletal muscles during the inhalation phase with a rhythm of 0.1 Hz). SDNN 35.71; Stress Index 159.62

3.3. PROPOSED PHYSIOLOGICAL EXPLANATION OF THE COMBINED HRV- BFB TECHNIQUE FUNCTIONING

According to the explanation in professor Vaschillo's article, it is evident that the physiological effect of isometric contractions of skeletal muscles slightly increases the overall body blood pressure. With a delay of about 5 seconds, the heart rate is adjusted after this change of blood pressure [5]. Therefore, it is clear that, by the principle of respiratory sinus arrhythmia (RSA), the heart rate rises slightly during the inhalation phase and slightly decreases during the exhalation phase, and that the amplitude of this variability is maximally increased during breathing with a frequency of 0.1 Hz - there occurs some sort of cardiac-vascular-vegetative nervous system resonance. By tensioning skeletal muscles, blood pressure is slightly increased, after 5 seconds the heart rate is slightly reduced. Within the resonance breathing with 0.1 Hz frequency, the ratio of 4sec / 6 sec was selected between inhalation and exhalation phase. With muscles tensioning for 4 seconds from the start to the end of the inhalation phase (CBM1), and after a time interval of 5 seconds (counted from the start of the inhalation), an additional slight increase in blood pressure in the exhalation phase (lasting 6 seconds) occurs. Consequently, the heart rate frequency in the exhalation phase is further reduced, which leads to a higher amplitude in the curve of heart rate variability. In the opposite case, when using CBM2 combined technique, muscles tensioning is present only in the exhalation phase. As a consequence, there occurs some inhibition of heart frequency variability - thus a lower efficiency of this combined technique in comparison with CBM1. Therefore, we suggest that only CBM1 technique is really more effective.

4. CONCLUSION

In the paper, we presented the possibility of using a new HRV biofeedback technique to increase the heart rate variability, and at the same time suggested that the effects of this technique could be measured with Savvy medical device (mini ECG device, developed at the Jožef Stefan Institute) for the purpose of psychophysiological coronary rehabilitation. It turned out that this new HRV technique is significantly more effective than resonant breathing technique. We are now planning a study to confirm these preliminary results on a sample of young and healthy people.

5. REFERENCES

- [1] Yu, L., Lin, I., Fan, S., Chien, C. and Lin, T. 2018. One-Year Cardiovascular Prognosis of the Randomized, Controlled, Short-Term Heart Rate Variability Biofeedback Among Patients with Coronary Artery Disease. *International Journal of Behavioral Medicine* 25, 3 (Jun. 2018), 271-282. DOI=<https://doi.org/10.1007/s12529-017-9707-7>
- [2] Lehrer, P. M., Vaschillo, E. G. and Vaschillo, B. 2000. Resonant frequency biofeedback training to increase cardiac variability: Rationale and manual for training. *Applied Psychophysiology & Biofeedback*, 25, 3 (Sep. 2000), 177-191.
- [3] Vaschillo, E. G., Lehrer, P. M., Rische, N. and Konstantinov, M. 2002. Heart rate variability biofeedback as a method for assessing baroreflex function: a preliminary study of resonance in the cardiovascular system. *Applied Psychophysiology & Biofeedback*, 27, 1 (Mar. 2002), 1-27.
- [4] Vaschillo, E. G., Vaschillo, B., Padina, R. J. and Bates, M. E. 2011. Resonances in the Cardiovascular System Caused by

Rhythmical Muscle Tension. *Psychophysiology*, 48, 7 (Jul. 2011) 927-936. DOI = [10.1111/j.1469-8986.2010.01156.x](https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2010.01156.x)

Significance of Resonance in the Heart Rate and Vascular Tone Baroreflexes, In *Biostec*, A. Fres, J. Filipe and H. Gamboa, Eds. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 224-237.

[5] Vaschillo, E. G., Vaschillo, B., Buckman, J. F., Padina, R. J. and Bates M. E. 2010. The Investigation and Clinical

The Summoner – "Izbirčnejž"

Aljaž Glavač
Fakulteta za računalništvo in
informatiko
Večna pot 113
Ljubljana, Slovenia
aljaz.glavac97@gmail.com

Jernej Zupančič
"Jožef Stefan" Institute and
Jožef Stefan International
Postgraduate School
Jamova cesta 39
Ljubljana, Slovenia
jernej.zupancic@ijs.com

Matjaž Gams
"Jožef Stefan" Institute
Jamova cesta 39
Ljubljana, Slovenia
matjaz.gams@ijs.si

ABSTRACT

More and more human to human interactions are these days converted into the human to computer interaction. So called agents are replacing human role in serving the users with basic information and executing basic tasks. These interactions are getting better over time, approaching the point where humans cannot make the difference, whether there is a real human or a computer agent (virtual assistant) on the other end of the dialog. Similar to a society of humans, there are also societies of virtual assistants. In this paper we describe a meta-agent, i.e. a meta virtual assistant, that given a question asks a society of virtual assistants and summons the best reply from them all. The "Summoner", as we call our system, is therefore an online service that finds the best answer to the users' question from a predefined list of systems according to the chosen heuristics.

Keywords

best answer, assistant, text distance, intersect, information retrieval

1. INTRODUCTION

Virtual assistants [2] represent a fast developing field with several companies developing at least one of them, e.g. Microsoft, Apple, Google, etc. In Slovenia, Department of intelligent systems of Jožef Stefan Institute developed several hundred virtual assistants [1]. For 220 Slovenian municipalities we managed to design 200 virtual assistants, where the knowledge base was extracted from the municipalities' web pages. 20 municipalities did not have any web page to start with. We call virtual assistants agents and vice versa continuously. Each agent can answer questions for their municipality. If a user wants to know something about Ljubljana, the user needs to find the agent of Ljubljana and ask this agent a specific question. However, the users who don't know which agent to ask have the problem of finding the right agent. We wanted to resolve this gap so that the users could get the most out of the already working 200 agents.

This project had another goal – to combine all of the already working agents into one general agent. Previous experience demonstrated that often some agents find a good reply, but it is hard to predict which one will provide the best one for a particular question. Therefore, dynamic selection from several reply suggestions of different agents is needed. To achieve this, several heuristics had to be applied, tested and improved in order to get the desired performance.

The paper continues with Sections 2 and 3, where the prototypes and "summon" heuristics are described, in Section 4 we describe the agent selection, in Section 5 the user experience is addressed and Section 6 concludes the paper.

2. FIRST PROTOTYPE

The first approach in creating a prototype was to ask all available 200+ agents a given question and then calculate a weight, based on which the Summoner would choose the most suitable answer. The most suitable answer gives the user the most information about the question, or at least guides the user in the right direction, where the answer can be found. The process is presented in Figure 1.

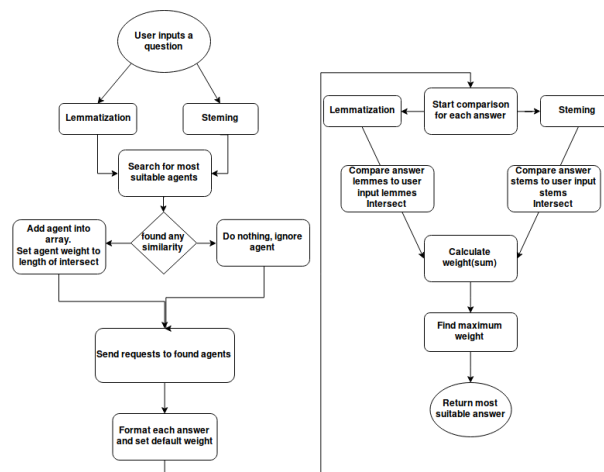


Figure 1: Basic concept flow chart of the Summoner

The user input is processed by removing symbols and stop-words and running it through lemmatization and stemming services. Out of this step three sets of words are created: raw (original), lemmas and stems.

The original question is then sent to each agent according to the municipality agent application programming interface (API) specification. Each agent, when asked, responds with a Javascript object notation (JSON) object with included the answer ID, the answer text and the corresponding link. The link is present if the agent does not find the answer or if the agent wants to display more information about the answer. Each answer is then processed in the same way as the question – removing symbols and stop-words and perform-

ing lemmatization and stemming. Each answer is stored in a hash map, where the key is the unformatted answer and value is the score or the weight of the answer.

Only the user input and agent answers are used for calculating answer weight. We use the simple method of word intersection between formatted user input and formatted answer, which are a set of lemmas and stems. The weight is simply the size of the intersect. The answer with the most words that also co-occur in the user input is ranked the highest.

3. SECOND PROTOTYPE

After the testing of the first prototype, it turned out that retrieving answers from all 220 agents took most of the response time. First improvement was to use threads for sending and retrieving questions from all 220 agents. This feature reduced the answer fetch time in average to about a quarter of the original time (Table 1).

Table 1: Use of threads and without threads, when requesting all agents with the same question

	No threads	Threads
Time(s)	201	54

In order to measure the performance of the Summoner, a benchmarking system was set-up, which includes 100 (question, correct answer) pairs. The benchmarking system inserts all 100 questions into the Summoner and compares the obtained answers to the correct ones that were defined manually. Using the prototype described in Section 2, i.e. calculating the size of word intersect, we get 93 of 100 answers right.

In order to improve this score, we included several more complex text distance¹ calculations that compare the user input and the answer. The computed text distance is then used as the weight assigned to each answer. The performance of different text distances was then assessed using the benchmarking system (Table 2).

Table 2: Different text distances used for weight calculation and their performance in the benchmark

Text distance	Jaccard	Sorensen	Bag	Overlap	Overlap, qval is None
Score	91	92	92	93	92

According to the results none of the added text distance metrics improved our score. The best solution for matching user input with answer remained the simplest one – set of the processed words intersection. The response is provided in the JSON format (Figure 2).

4. AGENT SELECTION

Many of the user questions already have some information about which municipality a question is referring to. So the next improvement idea was to remove the agents that we know will not provide a suitable answer. The question is forwarded to an agent only if the user input has any similarity

¹<https://pypi.org/project/textdistance>

```
{
  "answer": best_answer_formatted,
  "data": Izbircnez.data[best_answer],
  "score": Izbircnez.data[best_answer]["weight"],
  "assistant": Izbircnez.data[best_answer]["answerer"],
  "assistant_address": answerer_url,
  "did we ask all:": ask_all,
  "timeout": timeout,
  "number_of_sent_requests": n_agents,
  "number_of_response_ok": n_data,
  "number_of_response_fail": n_agents - n_data
}
```

Figure 2: JSON response format

to the agent title. Doing so reduces the number of suitable agent significantly for almost every question. The similarity is again computed using the text distance calculations, which might help to improve agent selection. After some simple testing we discovered that we had to compare stems and lemmas of both, user input question and agent title too. We also added full match intersect, i.e. set of words intersect without the transformations of stemming and lemmatization. Additionally, we added a function over this weight that takes into account the agent title length. Each agent score is defined as the sum of sizes of intersect (raw, stems and lemmas) each divided by the number of words in the agent title. The final answer score is calculated as the sum of the weights obtained in computing the agent title similarity to the question and agent answer similarity to the user question, where the second weight is computed as described in the first prototype (Figure 3). See Table 3 for benchmark results.

Table 3: Benchmark score after implementing text distances into agent selection

Text distance	Jaro	Stems and lemmas	Stems, lemmas and full match
Score	94	98	97

According to the benchmarking results the best score is obtained when only the agents, whose title similarity to the user question is computed as the intersect of lemmatized and stemmed words, are asked a question. After the agent selection process we get a list of agents that are most suitable for questioning. We identify three typical situations:

1. Only one agent is found. We ask this agent and return the answer.
2. More than one and less than ten agents are found. In this situation only the found agents are queried for the answer. The best answer is chosen according to the heuristic described in Section 2.
3. If more than ten agents are found all the agents are queried for answer. In order to obtain all the answers a special care has to be taken so that the requests to the API are not timed out.

4.1 Response time

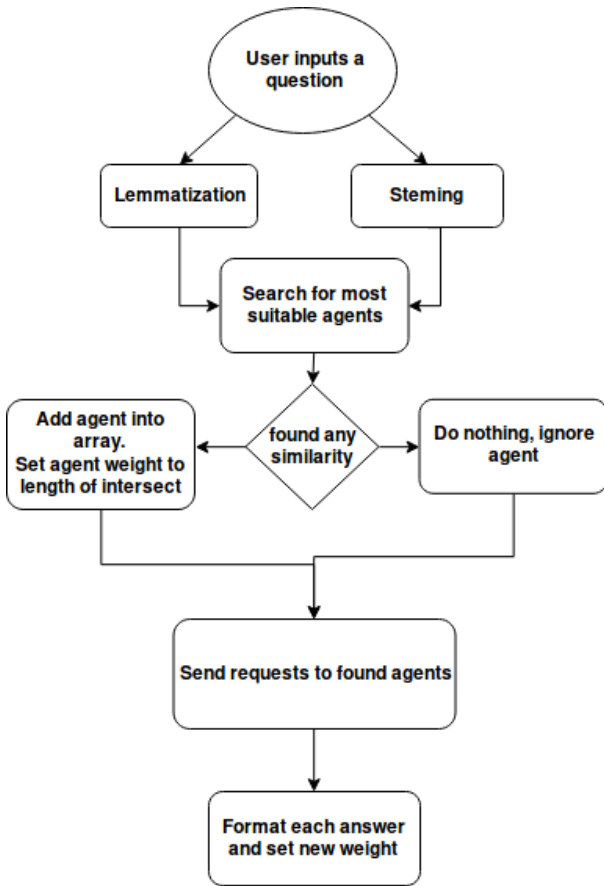


Figure 3: Summoner flowchart after implementing the agent selection

A study² shows that when computer program takes more than 0.1 second but less than 1 second to respond, user notices the short delay but stays focused on their current train of thoughts. More than 10 seconds and the flow is broken. Users will often leave the site rather than wait. The goal is to provide the correct answer in less than 10 seconds, however, the response time in cases when all the agents are queried is very long (Table 4).

Table 4: Time it takes to return answer in different situations of agent selection

Situation	1 agent selected	2 – 10 agents selected	>10 agents selected
Time(s)	1.1	6.4	54

We ran the profiling of the source code to determine what function or part of the program takes the most time. Evidently, the time to get all the agents to respond takes the most time (Figure 4) – it is the only function that runs in threads.

4.2 The “unknown answer” problem

²<https://www.nngroup.com/articles/powers-of-10-time-scales-in-ux/>

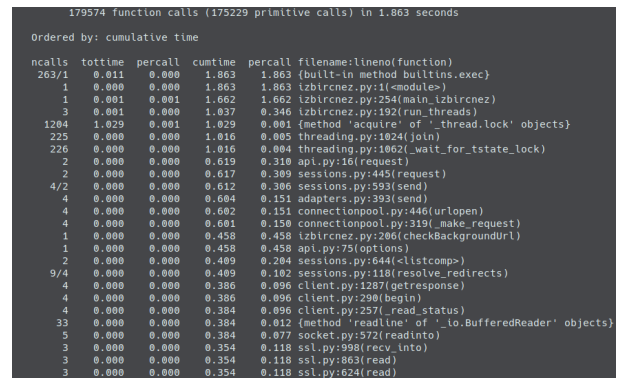


Figure 4: Profiling sorted by cumulative time

The agent endpoint returns an answer as well as a background website link. This link adds additional information to the answer. If the question is about the mayor of the municipality then the answer contains information about this mayor and the background website gives the user further and more in depth information about the mayor and the municipality.

When investigated, these website links fall in one of three categories. Each of them is treated differently:

- First category. Website is fully working and displaying correct information about the user question. No further processing is made and the link is stored into the response.
- Second category. When checking the website availability, status code 404 is returned. Several municipality website links stored in the virtual assistants’ databases are outdated and those pages don’t exist anymore. When this happens, link gets parsed and only base of the link is stored into the response, presenting the user the main municipality web page. To test or filter a website link, a request to the municipality website has to be done.
- Third category. The website link is a redirect to najdi.si³, a Slovenian search engine. This happens when the agent does not have the answer to the given question. By redirecting the user to the search engine, the agent hopes that the user will get the information he is searching for. To overcome this problem, we simply ignore the answers that include search engine results.

5. USER EXPERIENCE

Two main goals of every virtual assistant are to give the user correct answer to his question and to respond as quickly as possible. In order to enable easy user interaction the visual look of the user interface needs to give a user an intuitive way of using the assistant: providing input and answer display fields and the feedback about the state of the system.

We provide a simple user interface (Figure 6). On the bottom of the page there is the user input field, above it are the

³<https://najdi.si>

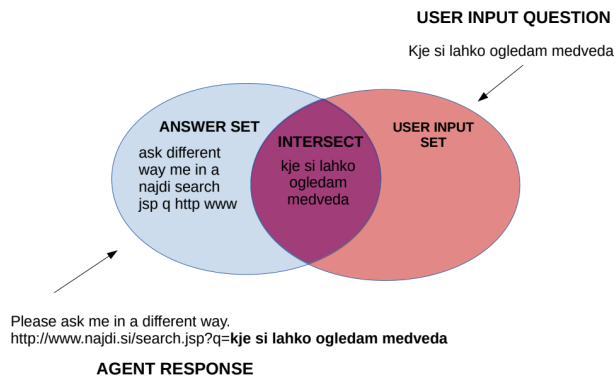


Figure 5: Unknown answer problem visualized

response messages from the system, followed by the system status line and the web page with additional information regarding the system or the website that corresponds to the provided answer.



Figure 6: Summoner web site user interface

As mentioned before, if requests are made to all agents, the long time to retrieve the answer can make the user leave the site, leaving the impression that the system does not work. To give a proper feedback about the state of the system we added an animated status bar, that gives the user visual feedback when the Summoner is processing the input. The animation is a banner above answer display field which uses different colors, depending on the state of the system. Blue animation is displayed when the Summoner is processing the answer and it makes the user feel like the website is thinking. When the answer from the service is retrieved, successful or not, the color changes according to the status. Green marks successful and red unsuccessful response (Figure 7).

6. CONCLUSION



Figure 7: Different system status banners: top – in progress, middle – success, bottom – error

We have developed a meta-assistant that enables choosing the correct answer for a given question, when several answers are provided by the agent society. Development process and system heuristic for choosing the right agent and answer were described together with a short presentation of the web application that enables the user to interact with the Summoner system.

Virtual assistants don't possess true human intelligence, but only try to imitate human interaction and respond to some sort of user request based on some heuristics. Disadvantage of this type of virtual assistants is that they, unlike real artificial intelligence⁴, cannot learn on their own. For example, with municipality elections new mayor might be elected. Consequently, a person would need to rewrite some entities of the assistants' knowledge database, which would then enable the Summoner to obtain the correct answer.

Looking forward, this type of virtual assistants is improving with user interaction, since the interactions are stored in the database, a system could be designed in the future that would learn to answer user questions on its own. However, in order to implement such a system, several hundred question-answer pairs have to be obtained first.

Our Summoner has room for improvement, with the first step of improving the underlying agents by decreasing the response time and improving the knowledge base. Future work will also include improving the user experience in using the web application. Additionally, the goal is to provide search across the municipalities in Slovenian, English and German language, enabling wider user base. Further, other publicly available virtual assistants could be included into the agent society, enabling the Summoner to provide the answer to a wider range of questions.

7. ACKNOWLEDGMENTS

The work was co-funded by Cooperation Programme Inter-reg V-A Slovenia-Austria 2014-2020, project AS-IT-IC.

8. REFERENCES

- [1] D. Kužnar, A. Tavčar, J. Zupančič, and M. Duguleana. Virtual assistant platform. *Informatica*, 40(3):285, 2016.
- [2] M. Ožek, M. Gams, and J. Krivec. Analiza delovanja virtualnega svetovalca. In *Proceedings of the 12th International Multiconference Information Society - IS 2009*, volume A, pages 116–119, Ljubljana, Slovenia, 2009. Jožef Stefan Institute.

⁴http://www.alanturing.net/turing_archive/pages/Reference%20Articles/What%20is%20AI.html

Zaznavanje srčnega popuščanja z analizo srčnih tonov

Anton Gradišek
Institut "Jožef Stefan"
Ljubljana, Slovenija
anton.gradisek@ijs.si

Martin Gjoreski
Institut "Jožef Stefan"
Ljubljana, Slovenija

Borut Budna
Institut "Jožef Stefan"
Ljubljana, Slovenija

Monika Simjanoska
Faculty of Computer Science and
Engineering
Ss. Cyril and Methodius University
Skopje, Makedonija

Matjaž Gams
Institut "Jožef Stefan"
Ljubljana, Slovenija

Gregor Poglajen
Univerzitetni klinični center Ljubljana
Ljubljana, Slovenija

POVZETEK

Kronično srčno popuščanje je pogosta kronična bolezen predvsem pri starejših od 65 let. Ob poslabšanju zdravstvenega stanja je pogosto potrebna hospitalizacija, zato razvijamo novo telemedicinsko metodo, ki bo na podlagi analize zvoka srčnih tonov sposobna prepoznati poslabšanje stanja in tako preprečiti prepogoste hospitalizacije. V prispevku se osredotočimo na prvi korak te metode, na prepoznavanje zdravih posameznikov in pacientov s poslabšanjem srčnega popuščanja. Metoda je sestavljena iz filtriranja in segmentacije posnetkov, izračuna značilnk, gradnje modelov strojnega učenja in združevanja klasifikacijskih algoritmov. Na bazi posnetkov 158 zdravih posameznikov in 40 bolnikov smo dosegli 98,2 % natančnost.

Ključne besede

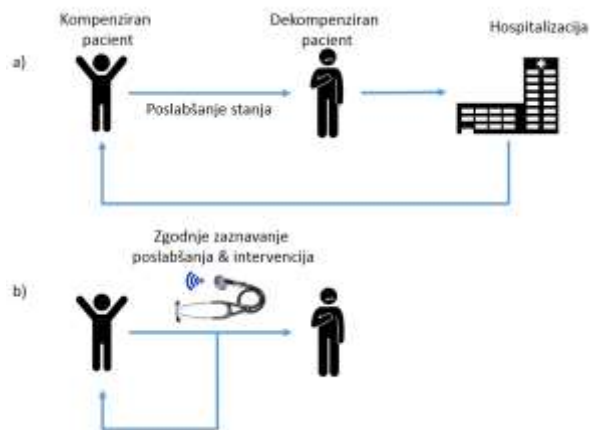
Srčno popuščanje, analiza zvoka, strojno učenje.

1. UVOD

Kronično srčno popuščanje (angleško: Chronic Heart Failure, CHF) je kronična progresivna bolezen, pri katerem srce ni sposobno črpati dovolj krvi, da bi zadostila potrebam telesa [1]. V razvitem svetu bolezen prizadene 1-2 % splošne populacije in 6-10 % starejših nad 65 let. Glede na trenutno veljavna priporočila Evropskega združenja za kardiologijo srčno popuščanje (SP) diagnosticiramo s pomočjo kliničnega pregleda, z določitvijo nivoja biološkega označevalca SP v krvi (NT-pro BNP ali BNP) ter z ultrazvokom srca. Kljub velikemu napredku na področju medikamentozne in nemedikamentozne obravnave kroničnega srčnega popuščanja je prognoza te bolezni še vedno slaba, saj se tudi v zadnjih letih 5-letno preživetje giblje okrog 50 %. Tipično se v kliničnem poteku CHF izmenjujejo obdobja dobrega počutja (tj. kompenzirane faze) in obdobja poslabšanja SP (tj. faze dekompenzacije), kjer bolniki opazijo izrazitejšo poslabšanje telesne zmogljivosti, težje dihanje in otekanje v okončine in/ali trebuh. Pogosto je potrebno poslabšanje SP zdraviti hospitalno, saj ti bolniki potrebujejo intravenozna zdravila za učinkovito rekompensacijo. Zgodnja prepoznavna poslabšanja SP pa omogoča, da lahko z ustreznimi terapevtskimi ukrepi (največkrat z omejitvijo vnosa tekočine in povečanjem odmerka zdravil za odvajanje vode) bolniku hospitalizacijo prihranimo. Izkušen zdravnik lahko nastajajoče poslabšanje SP prepozna glede na slabšanje bolnikovega počutja in glede na poslabšanje znakov SP, ki jih lahko ugotovi ob pregledu bolnika. Pri nekaterih bolnikih s poslabšanjem SP lahko pri osluškovanju (fonokardiografija) srčnih tonov opazimo dodatne srčne tone (tipično tretji ton, ki se pojavi 0,1-0,2 s za drugim tonom). Žal

slabšanje simptomov in znakov srčnega popuščanja največkrat že pomeni, da gre za polno razvito epizodo poslabšanja SP. V zadnjem času pa ugotavljamo, da se nekateri fiziološki parametri (npr. dodatni srčni toni, porast tlakov v pljučnem krvotoku) pričnejo spreminjati že nekaj tednov preden pride do klinično očitnega poslabšanja SP. Prve analize [2] že kažejo, da zgodnje ugotavljanje spreminjanja teh parametrov pomeni precej učinkovitejšo obravnavo SP, saj je epizod polno razvitega poslabšanja srčnega popuščanja manj, s tem pa je tudi manj potrebe po hospitalni obravnavi teh bolnikov.

V zadnjem času smo pričeli hitremu razvoju telemedicine, ki omogoča spremljanje pacientov na daljavo in tako znatno razbremeni tako pacienta kot tudi zdravstveni sistem. V pričujočem prispevku predstavimo začetke študije, v kateri uporabimo analizo zvoka srčnih tonov za prepoznavanje poslabšanja srčnega popuščanja. Cilj je razviti metodo, s pomočjo katere bo uporabnik lahko sam spremljal svoje zdravstveno stanje. Uporabnik bo občasno z mikrofonom posnel bitej svojega srca, algoritem pa bo ocenil, če se je stanje srčnega popuščanja poslabšalo do te mere, da je potreben posvet z zdravnikom. Dolgoročno bo ta pristop omogočil pravočasno prepoznavanje poslabšanja in posledično zmanjšal število hospitalizacij. Koncept



Slika 1. Shematski prikaz razvoja poslabšanja srčnega popuščanja. V zgornjem primeru mora pacient zaradi poslabšanja v bolnišnico, v spodnjem primeru poslabšanje zaznamo dovolj zgodaj, da lahko z ustrežno intervencijo preprečimo nadaljnjo poslabšanje.

V tej študiji se osredotočimo na prvi korak te metode, tj. na prepoznavanje zdravih posameznikov in dekompenziranih pacientov. Za snemanje srčnih tonov smo uporabili profesionalni digitalni stetoskop, za prepoznavanje pa metodo, ki temelji na strojnem učenju. V nadaljevanju opišemo metodo in trenutne rezultate.

2. MATERIALI IN METODE

2.1 Baza podatkov

V študiji smo zbrali posnetke 158 zdravih posameznikov in 40 posnetkov bolnikov z razvito epizodo srčnega popuščanja (dekompenziranih). V vzorcu zdravih je bilo 104 moških in 54 žensk, povprečna starost 33,2 let. Z izrazom zdravi tu označujemo posameznike, ki niso imeli nobenih medicinskih stanj, ki bi imele za posledico neobičajne srčne tone. V vzorcu bolnih je bilo 22 moških in 18 žensk, povprečna starost 47,7 let. Bolnike smo posneli v bolnišnici med hospitalizacijo.

Za snemanje smo uporabili profesionalni medicinski digitalni stetoskop 3M Littmann Electronic Stethoscope Model 3200. Posnetek, fonokardiogram, je bil vedno sneman na Erbovi točki, nad tretjim medrebrnim prostorom levo od grodnice. Posamezen posnetek je dolg do 30 s, pri nekaterih posameznikih smo posneli več kot en posnetek, da smo povečali količino podatkov v učni množici. Pred začetkom študije smo pridobili pozitivno mnenje Komisije za medicinsko etiko.

2.2 Metoda

Metoda za prepoznavanje bolnikov in zdravih je sestavljena iz treh ključnih korakov, kot prikazuje Slika 2. Prvi korak obsega filtriranje in segmentacijo signala. Za filter je bil izbran nizkopasovni Butterworthov filter s pragom 1 kHz, ta prag je bil izbran na podlagi študije [3], kjer so ugotovili, da večina relevantnih srčnih tonov nastane pod tem frekvenčnim območjem. Signal smo razbili na segmente, dolge 1 s, pri tem so se zaporedni segmenti prekrivali po pol sekunde (segmentacija z drsečim oknom). Nato odstranimo segmente z energijo, manjšo od mediane posameznega posnetka – tako odstranimo segmente, kjer se bitje srca slabo sliši.

V naslednjem koraku iz vsakega segmenta izračunamo vrsto značilnk. Pri tem uporabimo odprto knjižnico značilnk OpenSmile [4]. Knjižnica vsebuje značilke tako v časovni kot tudi v frekvenčni domeni, skupaj jih je 1582. Po izračunu značilnk je tako vsak segment predstavljen z vektorjem 1582 vrednosti, ki jih uporabimo za gradnjo modelov strojnega učenja.

Tretji korak je sestavljen iz treh faz. V prvi fazi zgradimo modele strojnega učenja na podlagi posameznih segmentov. Pri tem testiramo vrsto različnih algoritmov, kot so J48, Naivni Bayes, Random Forest, kNN, SVN in drugi. Tu nas vodi ideja, da se lahko posamezni algoritmi drugače odzivajo na določene strukture v podatkih. V drugi fazi združimo napovedi modelov na posameznih segmentih v napoved na celotnem posnetku. Tu izhajamo iz dejstva, da vsi segmenti istega posnetka pripadajo istemu razredu (zdravi ali bolni). Združevanje poteka z uporabo minimuma, maksimuma in povprečja napovedi modelov na posameznih segmentih. Če denimo uporabljamo pet različnih modelov in vsak posnetek razdelimo na deset segmentov, bo vsak model za vsak segment določil verjetnost, da gre za bolnika. Iz teh verjetnosti izračunamo povprečno vrednost, minimum in maksimum, torej skupno 15 značilnk. V tretji fazi poženemo

algoritme strojnega učenja na teh 15 značilnkah, iz tega dobimo končno odločitev ali gre za zdravega ali za bolnika.



Slika 2. Posamezni koraki metode za prepoznavanje srčnega popuščanja.

3. REZULTATI

Delovanje metode smo preizkusili po načelu »izpusti en posnetek«. To izvedemo tako, da iz baze podatkov izločimo en posnetek, uporabimo preostale posnetke kot učno množico, na kateri naučimo metodo, potem pa jo uporabimo za določitev izločenega posnetka. Postopek ponovimo za vsak posnetek v bazi.

Pri evaluaciji natančnosti algoritma naletimo na manjši problem z interpretacijo. Ker smo uporabili izrazito neuravnotežen vzorec

(158 zdravih in 40 bolnikov, pri tem, da smo pri zdravih pogosto posneli vsaj dva posnetka, da smo povečali učno množico), je večinski razred skoraj 90 % - zanesljivost algoritma, ki je nad 90 %, je tako pravzaprav pričakovana. Tu zato navedemo rezultate, ki smo jih dobili na nekoliko manjšem set podatkov iz prejšnjega koraka te študije [5]. Na množici 99 zdravih in 23 bolnikov, kjer smo imeli večinski razred 81 %, smo dosegli 96 % natančnost. Pri študiji se pokaže, da z uporabo pristopa s kombinacijo klasifikatorjev vsakič dobimo bistveno boljše klasifikacijske rezultate kot če bi upoštevali samo večinski razred. Če se osredotočimo samo na bolnike, vidimo, da naša metoda pravilno zazna 87 % primerov, pri zdravih pa je ta natančnosti 97 %.

4. ZAKLJUČEK

Predstavili smo metodo za prepoznavanje srčnega popuščanja na podlagi zvoka srčnih tonov. Metoda uporablja kombinacijo algoritmov strojnega učenja in lahko dobro razpozna med zdravimi posamezniki in bolniki z razvito epizodo srčnega popuščanja. Začetni rezultati so obetavni, seveda pa je za resno oceno potrebno testiranje na večji množici posnetkov. Poleg tega se moramo zavedati, da smo v tej začetni študiji ločevali le med ekstremnima primeroma – med popolnoma zdravimi posamezniki in med hospitaliziranimi pacienti. V nadaljevanju študije načrtujemo analizo posnetkov pacientov z različno izraženimi stopnjami poslabšanja srčnega popuščanja. To nam bo omogočalo, da bomo zaznali poslabšanje in pacienta napotili k zdravniku, še preden bi bila potrebna hospitalizacija. V tej fazi smo za snemanje srčnih tonov uporabili profesionalni stetoskop. Cilj je, da bo pacient lahko za snemanje uporabil mikrofona, ki ga prikljubi na telefon, metoda za zaznavanje popuščanja pa bo tekla na telefonu ali v oblaku.

5. ZAHVALA

Raziskave in razvoj so bile izvajane v okviru programa EkoSMART in so delno sofinancirane s strani Ministrstva za izobraževanje, znanost in šport ter Evropske unije iz Evropskega sklada za regionalni razvoj (ESRR). Zahvaljujemo se tudi vsem, ki so sodelovali pri zbiranju posnetkov.

6. REFERENCE

- [1] J. J. V. McMurray et al., 2005, Heart failure, *Lancet*, 365, 1877-1889.
- [2] W. T. Abraham et al., 2016, Sustained efficacy of pulmonary artery pressure to guide adjustment of chronic heart failure therapy: complete follow-up results from the CHAMPION randomised trial, *Lancet*, 387, 453-461.
- [3] S. Choi and Z. Jiang, 2008, Comparison of envelope extraction algorithms for cardiac sound signal segmentation, *Expert Systems with Applications*, 34, 2, 1056-1069.
- [4] F. Eyben, M. Wöllmer, and B. Schuller, 2010, Opensmile: the munich versatile and fast open-source audio feature extractor, in *Proceedings of the 18th ACM international conference on Multimedia*. ACM, 1459-1462.
- [5] M. Gjoreski, M. Simjanoska, A. Gradišek, A. Peterlin, M. Gams, G. Poglajen, 2017, Chronic heart failure detection from heart sounds using a stack of machine-learning classifiers. *The 13th International Conference on Intelligent Environments*, 14-19.

Elektrokardiografski senzor: uporaba med družinskimi zdravniki

Staša Kocjančič
Zdravstveni dom Murska Sobota
Grajska ulica 24
SI-9000 Murska Sobota
stasa.kocjancic@gmail.com

Viktor Avbelj
Institut Jožef Stefan
Jamova cesta 39
SI-1000 Ljubljana
viktor.avbelj@ijs.si

IZVLEČEK

Motnje ritma so pogosto prisotne pri bolnikih v ambulantah družinske medicine in tako so družinski zdravniki in tudi specialisti drugih kliničnih strok soočeni s problemom, kako obravnavati take bolnike. V Zdravstvenem domu Ljubljana smo pod okriljem Instituta Jožef Stefana v oktobru 2016 začeli s pilotnim sistemom za presejanje bolnikov s sumom na nereden srčni utrip. Z raziskavo smo želeli dobiti vpogled v praktično uporabo elektrokardiografskega senzorja pri bolnikih, obiskovalcih ambulant družinske medicine, ki v anamnezi navajajo motnje srčnega ritma. Ta metoda lahko revolucionizira oskrbo bolnikov s srčno-žilnimi obolenji v domačih ambulantah, nam privarčuje denar in premosti prepad med primarnim in sekundarnim nivojem.

Ključne besede

motnje ritma, EKG senzor, telekardiologija, napotovanje

1. UVOD

Motnja srčnega ritma ali aritmija je vsak ritem, ki ni normalni sinusni ritem z normalnim prevajanjem preko prevajalnega sistema; normalni ritem se torej začne z impulzom v sinoatrialnem vozlu v zgornjem delu desnega atrija, srčni utrip je v normalnem območju, torej od 60 do 100 utripov na minuto, P-valovi so normalni na EKG-posnetku in ritem je stabilen. Motnje ritma so pogosto prisotne pri bolnikih v ambulantah družinske medicine in tako so družinski zdravniki in tudi specialisti drugih kliničnih strok soočeni s problemom, kako obravnavati take bolnike.

Po podatkih Zdravstvenega statističnega letopisa je bilo leta 2014 na primarnem zdravstvu opravljenih 1.229.195 preventivnih in 7.525.179 kurativnih pregledov, kar znaša 596 preventivnih in 3.650 kurativnih obiskov na 1.000 prebivalcev. Tako se Slovenija z 6,5 obiskov pri zdravniku na prebivalca letno uvršča na sredino seznama evropskih držav. Gledano po razlogih za obisk na primarni ravni predstavljajo boleznin srca in ožilja 5,73% vseh obiskov letno, to je 290.086 pregledov, in so na šestem mestu po pojavnosti [1].

Med najbolj pogoste aritmije štejemo: supraventrikularne prezgodnje utripe, ventrikularne prezgodnje utripe, bradikardijo, ventrikularno tahikardijo, atrijsko fibrilacijo in undulacijo, supraventrikularno tahikardijo, avtriventrikularne bloke ali ventrikularno tahikardijo in fibrilacijo. Simptomi določajo, kako je treba k bolniku pristopiti in so lahko odvisni od aritmije same (npr. palpitacije) ali hemodinamskih posledic aritmije (npr. dispneja, vrtoglavica). Lahko so podobni drugim medicinskim stanjem in vključujejo palpitacije, vrtoglavico, sinkopo, bolečine v prsih in vratu, dispnejo, slabost in anksioznost. Gre pa lahko tudi za posledico nekega srčnega obolenja, kot so kongestivno srčno popuščanje, ishemija ali tromboembolični zapleti [2].

Obravnava bolnika z motnjo ritma v ambulanti družinskega zdravnika

Pri obravnavi vsakega bolnika z aritmijo je potrebno odgovoriti na naslednja vprašanja: katera motnja ritma je prisotna; ali ga ta motnja ritma ogroža trenutno in ali ima dolgoročne posledice; ali bolnik motnjo ritma dobro prenaša (kakšni so simptomi in vrednost krvnega tlaka); ali je potrebno takojšnje ukrepanje; ali je potrebna takojšnja hospitalizacija in ali je potreben posvet s specialistom ter če ja, kdaj [3].

Palpitacije so eden najpogostejših problemov bolnikov, ki jih zdravniki na primarni ravni napotujemo h kardiologom; po podatkih študije, ki je zajemala 500 bolnikov, naj bi jih zaradi palpitacij bilo pregledanih 16 % [4]. Vendar pa dejanske motnje ritma najdemo pri manj kot polovici [5]. Palpitacije so senzorni simptom, ki ga spremlja neprijeten občutek močnega, hitrega ali nepravilnega bitja srca; bolniki radi opisujejo, kot da jim razbija v prsih ali v vratu [6]. Diferencialna diagnoza palpitacij je obširna; v študiji, v katero je bilo vključenih 190 bolnikov, so ugotovili vzroke pri 84%. Pri 43% bolnikov je bil vzrok kardialni, pri 31% psihogen in pri 10% mešani vzroki kot tireotoksikoza, uživanje kofeina ali kokaina, anemija in podobno [7].

Da lahko postavimo diagnozo pri bolniku, ki navaja motnje ritma, v praksi uporabimo EKG. Po enkratnem posnetku, ki nujno ne odraža motnje ritma, ki je lahko prehodnega značaja, se poslužujemo bolj kontinuiranih metod. V široki uporabi pri specialistih kardiologih je holter monitoring, kjer gre za 24- ali 48-urno nepretrgano merjenje EKG-ja [8]. V izogib nepotrebnemu napotovanju in zaradi dolgih čakalnih vrst lahko v ambulanti uporabimo osebne prenosne merilnike kot npr. *event loop monitor*, *zio patch* ali implantabilni loop recorder; gre za manjše prenosne naprave, ki jih ima bolnik nameščene dlje časa [9].

2. RAZISKAVA

Namen, cilji in metode

V Zdravstvenem domu Ljubljana smo pod okriljem Instituta Jožefa Stefana v oktobru 2016 začeli s pilotnim sistemom za presejanje bolnikov s sumom na nereden srčni utrip. Z raziskavo smo želeli dobiti vpogled v praktično uporabo EKG-senzorja (Savvy, [10]) pri bolnikih, obiskovalcih ambulant družinske medicine, ki v anamnezi navajajo motnje srčnega ritma. Pri njih smo želeli ugotoviti uporabnost EKG-senzorja, določiti delež bolnikov, ki v anamnezi navajajo motnje ritma in so le-te objektivno potrjene s pomočjo EKG-senzorja, ugotoviti delež posameznih tipov motenj ritma, ki jih registrira EKG-senzor, ugotoviti skladnost anamnestičnih motenj počutja z dejanskimi motnjami srčnega ritma, ki jih zabeleži EKG-senzor in ugotoviti način ukrepanja zdravnikov glede na izvid EKG-senzorja. Raziskava je prospektivna, tipa primer – kontrola. Vključeni so bili nekateri družinski zdravniki in njihovi bolniki, ki so navajali

motnje srčnega ritma in so ob pregledu imeli normalni izvid 12-kanalnega EKG-ja.

Pacienti, ki so sodelovali v raziskavi, so bili izmenoma vključeni v eno od dveh skupin. Prva je bila testna skupina, kjer so bolniki prejeli EKG-senzor in navodila za ravnanje z njim, druga skupina je bila kontrolna, katere bolniki so bili obravnavani brez EKG-senzorja po ustaljeni poti. Vsi v raziskavo vključeni pacienti so prejeli dnevnik opažanj, ki so ga pisali doma in se po 5 do 10 dneh vrnili na kontrolni pregled. Odvisno od situacije je lahko posamezen bolnik ponovil EKG meritve in tako senzor dobil večkrat, a največ trikrat.

Sestavni del EKG-senzorja je bil tudi mobilni telefon, ki pa je bil v raziskavi uporabljen le kot snemalna naprava za EKG. V pripravah na pilotno študijo smo ugotovili, da bo prikaz EKG na zaslonu telefona paciente verjetno preveč motil in smo zato ta prikaz pacientom onemogočili. Sam EKG-senzor Savvy sicer omogoča meritve do 7 dni, telefon pa so bolniki polnili vsako noč, če je meritev trajala več dni.

3. REZULTATI

Od oktobra 2016 do januarja 2018 je bilo v raziskavo vključenih 30 zdravnikov iz ZD Ljubljana in ZD Murska Sobota ter njihovih 110 bolnikov, od katerih je imelo senzor nameščen 100 bolnikov (90,9%), podatki kontrolnih skupin so trenutno na voljo le pri 10 bolnikih. Podatki so bili zbrani od vključenih zdravnikov in njihovih bolnikov.

Zdravnikov, ki so sodelovali, je bilo 30, od tega 23 žensk in 7 moških; 2 sta specializanta družinske medicine, 2 pediatria, ostalo specialisti družinske medicine; povprečna starost je bila 49,18 let, povprečna delovna doba je 22,12 leti. Odgovarjali so na vprašanja o uporabnosti te metode: zadovoljni oziroma zelo zadovoljni z jasnostjo odčitka so bili v 93,5%, z enostavnostjo odčitka v 77,1%, s postavljeno diagnozo v 88,7%; 83,9% jih je odgovorilo, da jim je metoda olajšala oziroma zelo olajšala obravnavo in 83,9% zdravnikov je bilo zadovoljnih oziroma zelo zadovoljnih z uporabo te metode.

Vključenih je bilo 110 bolnikov, od tega je do sedaj zbranih podatkov za 10 kontrolnih bolnikov, ostali podatki so v fazi pridobivanja. Bolniki, ki so bili vključeni v raziskavo, so imeli pri zdravniku normalen posnetek EKG-ja, vseeno pa je obstajal sum na motnjo ritma, bodisi anamnestični (72,2%), klinični (18,7%) ali oba (9,1%). Med bolniki je bilo 71,8% žensk, stari so bili od 18 do 61 let, v povprečju 49,1 let; 41,2% jih je zaposlenih, 28,2% upokojenih, 21,2% nezaposlenih; 71% jih je nekadilcev, za 58,7% jih je njihov zdravnik opredelil kot tvegane pivce alkohola. Bolniki so kot najpogostejše vzroke za prihod k zdravniku navedli razbijanje srca (45,3%), nato preskakovanje srca (20,3%), ter tiščanje v prsih, bolečina v prsih, omotica in težko dihanje. Bili so tudi povprašani o tem, kako se jim je zdela uporaba te metode: 69,7% se je zdela namestitev enostavna, 68,7% se je zdela uporaba enostavna; 53,5% jih nameščen senzor ni motil, 64,3% ga je z veseljem nosilo in 67,1% jih je ocenilo, da večjih težav s senzorjem niso imeli.

Po odčitku posnetka smo ugotovili, da je vzrok bolnikovim težavam v 39,3% v benignih motnjah ritma, kot prezgodnji utripi, sinusna tahikardija, paroksizmi supraventrikularne tahikardije, v 1% je šlo za paroksizem atrijske fibrilacije, v 13,1% je šlo za ventrikularne motnje ritma, v 30,3% pa je šlo za anksioznost in panično motnjo. Zdravnikovo naslednje ukrepanje bilo za 63,5% bolnikov nadaljnje opazovanje, 6,7% jih je bilo poslanih na dodatne diagnostične preiskave, 6,7% jih je dobilo novo medikamentozno terapijo; 18,3% jih je bilo napotenih h kardiologu.

4. ZAKLJUČEK

V pilotni raziskavi pacientov s sumom na nereden srčni utrip se je pokazalo, da so pacienti, ki so uporabljali EKG-senzor, tega dobro sprejeli, saj so ga celo v 64% nosili z veseljem. Zdravniki so bili zadovoljni v še večjem odstotku, saj so v 83% odgovorili, da jim je metoda olajšala oziroma zelo olajšala obravnavo bolnikov. Ker se podatki o kontrolni skupini, ki EKG-senzorja ni imela, še zbirajo, bodo rezultati direktne primerjave med skupinama znani po pridobitvi vseh podatkov. Obširneje o študiji glej v [11].

5. ZAHVALA

Zahvaljujemo se vsem zdravnikom in njihovim bolnikom, ki so sodelovali v naši raziskavi ter marljivemu osebju SIM-centra. Posebna zahvala gre Antoniji Poplas Susič, ki je bila gonilna sila v tem projektu; brez njene pomoči in spodbujanja na večih ravneh nam ne bi uspelo tako uspešno uresničiti zadanih ciljev.

6. LITERATURA

- [1] Zdravstveni statistični letopis 2014. Zdravstveno varstvo na primarni ravni. Inštitut za varovanje zdravja RS Ljubljana [citirano 2018 Jan 23]. DOI=http://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/uploaded/publikacije/letopisi/2014/5.1_primarna_raven_2014.pdf.
- [2] Levy, S. Olshansky, B. 2017. Arrhythmia management for primary care clinicians. Uptodate. Topic 961, Version 11.0 [citirano 2018 Jan 23]. DOI= <https://www.uptodate.com/contents/arrhythmia-management-for-the-primary-care-clinician>.
- [3] Shen, WK., Sheldon, R.S., Benditt, D.G., et al. 2017. Guideline for the Evaluation and Management of Patients With Syncope: A report of the American College of Cardiology/ American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines and the Heart Rhythm Society. J AM Coll Cardiol. 70 (16).
- [4] Kroenke, K., Arrington, M.E., Mangelsdorf, A.D. 1990. The prevalence of symptoms in medical outpatients and the adequacy of therapy. Arch Intern Med 150:1685
- [5] Klein-Wiele, O., Faghiih, M., Dreesen, S., et al. 2016. A novel cross-sector telemedical approach to detect arrhythmia in primary care patients with palpitations using a patient-activated event recorder. Cardiol J. 23 (4): 422–8
- [6] Zimetbaum, P., Josephson, M.E. 1998. Evaluation of patients with palpitations. N Engl J Med 338: 1369–73.
- [7] Weber, B.E., Kapoor, W. 1996. Evaluation and outcomes of patients with palpitations. Am J Med 100: 138
- [8] Barry, J., Campbell, S., Nabel, E.G. 1987. Ambulatory monitoring of the digitized electrocardiogram for detection and early arming of transient myocardial ischemia in angina pectoris. Am J Cardiol 60: 483
- [9] Joshi, A.K., Kowey, P.R., Prystowsky, E.N. 2005. First experience with Mobile Cardiac Outpatient Telemetry system for the diagnosis and management of cardiac arrhythmia. Am J Cardiol 95: 878
- [10] Savvy. Navodila za uporabo Personal Cardiac Activity monitoring system [citirano 2018 Jan 23]. DOI=<http://www.savvy.si>
- [11] Kocjančič, S. 2018. Elektrokardiografski senzor: uporaba med družinskimi zdravniki. Med Razgl. 57 Suppl 2: 37–41

Pametno okolje za učinkovito ščetkanje zob

Peter Kokol

Fakulteta za elektrotehniko,
računalništvo in informatiko,
Koroška Cesta 46, 2000
Maribor
peter.kokol@um.si

Matjaž Colnarič

Fakulteta za elektrotehniko,
računalništvo in informatiko,
Koroška Cesta 46, 2000
Maribor
matjaz.colnaric@um.si

Stanislav Moravs

Fakulteta za elektrotehniko,
računalništvo in informatiko,
Koroška Cesta 46, 2000 Maribor
stanislav.moraus@um.si

Milan Zorman

Fakulteta za elektrotehniko,
računalništvo in informatiko,
Koroška Cesta 46, 2000
Maribor
milan.zorman@um.si

Grega Žlahtič

Milan Zorman
Fakulteta za elektrotehniko,
računalništvo in informatiko,
Koroška Cesta 46, 2000
Maribor
grega.zlahtic1@um.si

Jernej Završnik

Zdravstveni dom dr. Adolfa Drolca
Maribor, Ulica Talcev 9, 2000
Maribor
jernej.zavrsnik@zdm-mb.si

Helena Blažun Vošner

Zdravstveni dom dr. Adolfa
Drolca Maribor, Ulica Talcev 9,
2000 Maribor
helena.blazun@zdm-
mb.si

Marko Turčin

Zdravstveni dom dr. Adolfa
Drolca Maribor, Ulica Talcev 9,
2000 Maribor
marko.turcin@um.si

Tadej Završnik

Zdravstveni dom dr. Adolfa Drolca
Maribor, Ulica Talcev 9, 2000
Maribor
tadej.zavrsnik@student.um.si

Simon Jurič

Inova IT, Pesnica pri Mariboru
32e, 2211 Pesnica pri Mariboru
simon.juric@inova.si

Bojan Slemnik

Inova IT, Pesnica pri Mariboru
32e, 2211 Pesnica pri Mariboru
bojan.slemnik@inova.si

Jernej Detela

Inova IT, Pesnica pri Mariboru
32e, 2211 Pesnica pri Mariboru
jernej.detela@inova.si

Ključne besede

pametno zobozdravstvo, pametni ročaj za ščetko, resna igra

1.UVOD

Področje pametnih zobnih ščetk je v zadnjem letu z vidika tehnologij doživelo napredek [1]. Če je še v letu 2016 družina ščetk Oral-B SmartSeries, kot ena najpametnejših, ob povezavi s pametnim telefonom omogočala spremljanje časa, lokacije in pritiska zobne ščetke v ustih, je v začetku 2017 zobna ščetka Kolibree Ara zajem podatkov o čiščenju zob preselila iz pametnega telefona na zobno ščetko, kar je koristno v situacijah, ko pametni telefon ni v dosegu povezave Bluetooth. Podatke zajemajo preko 3D senzorjev, obdelujejo pa jih s pomočjo metod umetne inteligence. Še korak dalje so naredili snovalci ščetke Onvi Prophix, ki za 400USD (skoraj 2-kratnik do sedaj najdražjih pametnih ščetk) ponujajo pametno zobno ščetko s štirimi različnimi nastavki in kamero HD, katera preko aplikacije na pametnem telefonu snema čiščenje zob. Z vidika primerjave s tukaj razvito rešitvijo je zanimiva pametna ščetka Grush. Intelov modul Curie skrbi za zajem podatkov te pametne ščetke, katera s pomočjo pametnega telefona spremeni čiščenje zob v igro za otroke.

V okviru projekta EkoSmart za razliko od zgoraj navedenih pristopov razvijamo pametno okolje za učinkovito ščetkanje in vzdrževanje zobne higiene, ki sestoji iz pametnega držala, resne igre in Kinect aplikacije za spremljanje položaja ščetke.

2.PAMETNO DRŽALO ZA ŠČETKE

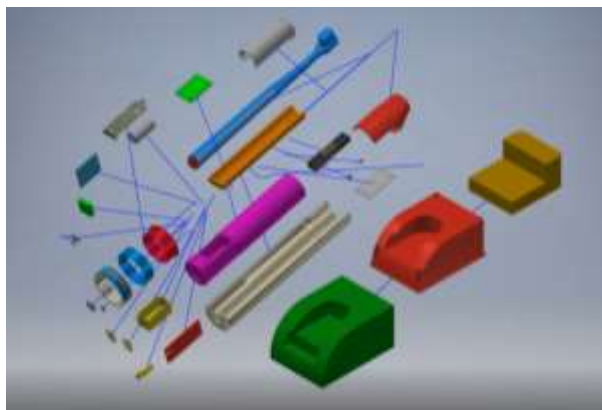
Prototip pametnega držala ščetke (slika 1), omogoča merjenje položaja, pospeškov in pritiska ščetke, s čimer je omogočeno merjenje dodatnih parametrov pravilnega čiščenja zob v primerjavi z že obstoječimi rešitvami. Druga poglobljena razlika med naštetimi pametnimi ščetkami in novo rešitvijo je, da imajo vse našete komercialno dostopne ščetke glavo na električni pogon, medtem ko rešitev z držalom omogoča uporabo običajne ščetke in s tem povečuje fleksibilnost uporabe in niža ceno uporabe.

Namen pametnega držala za zobne ščetke je zagotoviti instrument za preverjanje pravilnosti čiščenja zob pri otrocih ter učenje le-tega. V ta namen je držalo ščetke opremljeno s senzorji, ki naj omogočajo detekcijo gibanja (pospeškometri) in merjenje pritiska ščetke na zobe. Držalo med čiščenjem javlja podatke na mobilno napravo ali osebni računalnik, od tod pa v oblak, kjer se ti podatki analizirajo in se pridobijo vse relevantne informacije. Za dodatni nadzor pravilnega čiščenja zob pri kliničnih preizkusih, je sistem nadgrajen s sistemom spremljanja položaja uporabnika na osnovi naprave Kinect. Podatki obeh sistemov se združujejo (fuzija podatkov) in omogočajo analizo podatkov na bistveno višji ravni.

Prototip je bil zasnovan na osnovi že izdelanih elektronskih modulov povezanih v celoto znotraj ohišja in vsebuje:

- absolutno orientacijo držala v prostoru (3 osni pospeškometer, absolutno orientacijski senzor v prostoru),

- modul za pretvorbo signala iz merilnih lističev (LOAD CELL),
- Arduino UNO,
- bluetooth modul BlueFruit BLE Shield,
- signalne lučke in vibracijski aktuator,
- akumulator in indukcijski napajalnik,
- tipka za vklop/izklop.



Slika 1. Pametno držalo za zobne ščetke – strukturni prikaz

Delovanje: Mehanski deli, pospeškometer in pretvornik signalov iz merilnih lističev so montirani v preprostem ohišju. Senzorske signale ob uporabi ščetke (pospeški in sila) sprejema Arduino in jih preko protokola Bluetooth BLE (Low Energy) prenaša na mobilne naprave. Svetlobni indikatorji in vibracijski aktuator se uporabljajo za signalizacijo neustrezne uporabe ščetke, signalizacijo vklopa/izklopa in kot indikator napoljenosti akumulatorja. Držalo je opremljeno tudi z indukcijskim polnilcem, ki se polni preko stojala za ščetko.

Ohišje prototipa je bilo izdelano z metodo 3D tiska.

Držalo podatke senzorjev pretvori v podatke o položaju ščetke v prostoru (Eulerjevi koti). Za določitev začetnega (nultege) položaja ščetke, je predvidena uporaba Kinect naprave v kliničnih eksperimentih in tipka v primeru neodvisnega delovanja držala.

Ker gre za prototip za preverjanje koncepta, bo miniaturizacija potekala v naslednjih fazah. Namesto ločenih vezij se bo uporabilo eno, na novo zasnovano vezje, ki bi primerno tudi za masovno proizvodnjo. Narejena je bila tudi prva študija stroškov za izdelavo držala na osnovi brizgane plastike.

S prototipom smo dosegli potrditev, da je mogoče z razmeroma cenenimi senzorji zajeti dovolj relevantne podatke, iz katerih je mogoče ugotoviti frekvenco ščetkanja ter smer gibanja in silo, s katero ščetka pritiska na zobe in dlesni.

V okviru projekta EkoSMART smo pripravljeno rešitev tudi patentirali. S pomočjo zunanje patentne pisarne je bila oddana prijava patenta, patent pa je že v fazi objave.

V nadaljevanju projekta bo izdelanih deset prototipov držala, ki bodo uporabljeni za klinične teste čiščenja zob z otroki.

3.KINECT APLIKACIJA

Prototip opreme (slika 2) spremljanje položaja ščetke predstavlja naprava Microsoft Kinect for Windows v2 (Kinect), z osebnim računalnikom (Microsoft Windows), z vrati USB (3.0), integrirano tehnologijo Bluetooth Low Energy (BLE ali Bluetooth 4.0) in odjemalsko aplikacijo vrste WPF App (.NET Framework). Slednja skrbi za potrebno sprotno identifikacijo in vizualizacijo pravilnosti položaja dlani desne ali leve roke, ki drži ščetko v ustni votlini, vključno z njeno dopustno (predhodno nastavljivo) oddaljenostjo od obraza osebe, ki meritev izvaja.



Slika 2. Prikaz delovanja Kinect aplikacije

V času umivanja zob zbrani podatki, ki jih senzorji držala zobne ščetke sicer pridobivajo in hranijo povsem avtonomno (tudi v času, ko/če ščetka ni v ustih), so zmeraj ustrezno validirani in za kasnejšo obdelavo zapisani le za čas, ko je ščetkanje zob tudi dejansko potekalo. Na ta način zagotavljamo verodostojnost izmerjenih podatkov, česar sama pametna ščetka ne zmore.

Potrebna oddaljenost obraza osebe, ki ščetkanje izvaja, glede na mesto postavitve Kinect, je med 1,2 in 2,5 m, medtem ko je priporočljiva višina postavitve med 1,0 in 1,8 m.

Zaradi preproste prenosljivosti in dobre podprtosti s strani algoritmov za kasnejše obdelave, izmerjene podatke hranimo v formatu JavaScript Object Notation (JSON).

V skladu z določili aktualne uredbe o varstvu osebnih podatkov (GDPR) smo preverjanje identitet oseb (mladostnikov) za katere bo t. i. Longitudinalni management statusa zobovja izvajan, omejili izključno na nivo števil ZZS. Demografski podatki istih oseb bodo pooblaščenim zdravstvenim delavcem tako dostopni le v povezavi z drugimi zdravstvenimi sistemi na isti Id osnovi.

4.PAMETNA RESNA IGRA

V prvotni fazi razvoja igre smo naredili pregled orodij s katerimi bi jo lahko razvili [2,3]. Tako smo po pregledu ugotovili, da je trenutno eden izmed bolj priljubljenih in prav tako fleksibilnih in stabilnih orodij Unity. Orodje najbolj prepriča z dobro dokumentacijo in neverjetno velikim naborom različnih iger vseh možnih variant. Prav tako se vse v orodju Unity dela kot objekt kar omogoča hitre spremembe, ki so tako uporabne v sprotne razvoju, kot v morebitnih nadgradnjah ali spremembah delovanja in izgleda iger.

Pri izbiri tipa iger smo se odločili za tako imenovan »Tower defense«, saj se lahko smisel igre lepo preslika na temo ustne higiene ali bolje rečeno »Ščitenje zob«. V takšnem tipu igre mora igralec namreč trdnjavo braniti pred številnimi skupinami napadalcev s pomočjo postavljanja stolpov. Pri tem je pomembno taktično postavljanje stolpov, saj so surovine

omejene in jih je potrebno čim bolj učinkovito porabiti. V našem primeru bo seveda trdnjavo predstavljal zob/zobje, napadalci bodo bakterije, stolpi pa pripomočki za ustno higieno (Slika 3). V igri bo tudi, primerno za otroke, zamenjano uničevanje (ki se lahko interpretira kot ubijanje) bakterij s pretvorbo škodljivih bakterij v pozitivne bakterije, ki se lahko uporabijo za branjenje zob. Prav tako bo s sličicami predstavljeno kako vpliva tip zaužite hrane na število škodljivih bakterij, ki bodo napadale naše zobovje. Za samo motivacijo in omejitev igranja igre bo s pomočjo podatkov pridobljenih s strani pametne ščetke, odvisno od kakovosti umivanja zob, otrok prejel več življenj katera potrebuje za nadaljevanje igranja v kolikor mu jih zmanjka. V primeru zelo dobrega rezultata umivanja zob, dobi otrok dodatno nagrado, ki mu omogoči uporabo predmeta, ki ga v sami igri drugače ne more dobiti. Ta nagrada je predstavljena z jabolkom, ki zmanjša število škodljivih bakterij v naslednjem napadu. Razvili smo tudi model nagrajevanja s točkami na podlagi trajnosti in kakovosti oralne higiene za spletno varianto igre in primerjavo z drugimi igralci, kar bo povečalo motivacijo otrok za čiščenje zob.



Slika 3. Prikaz resne pametne igre

LITERATURA

- [1]. Dowson T. 7 Dental Industry Trends in 2017 & What They Mean For Practice Growth [Internet]. [cited 2017 May 13]. Available from: <https://titanwebagency.com/blog/dental-industrytrends/>
- [2]. LudoScience - Classifying Serious Games: The G/P/S Model (Broacasting our studies) [Internet]. [cited 2017 May 9]. Available from: <http://www.ludoscience.com/EN/diffusion/537-Classifying-Serious-Games-The-GPS-Model.html>
- [3]. Baranowski T, Blumberg F, Buday R, DeSmet A, Fiellin LE, Green CS, et al. Games for Health for Children—Current Status and Needed Research. *Games Health J.* 2015;5:1–12.

Time Series or Relational Database for Edge and IoT

Anže Luzar
XLAB Research
XLAB d.o.o.
Pot za Brdom 100
1000 Ljubljana, Slovenia
anze.luzar@xlab.si

Sašo Stanovnik
XLAB Research
XLAB d.o.o.
Pot za Brdom 100
1000 Ljubljana, Slovenia
saso.stanovnik@xlab.si

Matija Cankar
XLAB Research
XLAB d.o.o.
Pot za Brdom 100
1000 Ljubljana, Slovenia
matija.cankar@xlab.si

ABSTRACT

In Fog and Edge computing data management and processing is moving from the Cloud closer to the IoT devices. To perform the work in edge devices, different, more lightweight, small-footprint and specialized tools need to be employed. In this paper we perform a side-by-side comparison of relational and time series databases of their speed and resource consumption. The Results show better performance of time series over relational databases.

Keywords

database, SQL, timeseries, relational, cloud, fog, IoT, edge

1. INTRODUCTION

Nowadays plenty of databases are available for storing actual timestamped data to a database. In the past several years, there are growing appeals for reading and storing data from IoT devices [8]. In the close future, storing and manipulating time series data will play an important role in IoT [1]. A common technique is to gather the data using cloud or fog devices that read IoT sensors [4] and temporarily store it in relational or time series databases. As not all sensor readouts are required to be stored in the Cloud, it is useful to filter and process the sensors on the Edge near them and thus save Cloud resources and bandwidth. To achieve this, one of the most important and desired abilities for Edge devices is to handle volumes of time series data quickly with minimum latency and footprint in order to give the observer results as quickly as possible [11], [9]. IoT devices can rely on different database types behind them and the best choice mostly depends on the type and format of the data that is being stored and on the requirements of the edge device [6]. Among available database types that can be used for IoT devices are NoSQL (e.g. MongoDB) with its subtype time series database (e.g. InfluxDB, Prometheus, TimecaleDB) and relational database (e.g. PostgreSQL, MySQL, MSSQL). Global trends unveil that time series databases are currently the fastest growing database type [7].

This paper explores the efficiency of relational and time series databases on edge devices by measuring and comparing response times and memory footprints of two representatives. From the results a reader can conclude which type of the database is better for a specific edge device or fog-like environment.

The research of the database performance will be further used in a fog-to-cloud application called Smartboat, which is developed as a use case for EU H2020 funded project called mF2C[5]. The application's goal is to establish support for boats that would simplify sailing and detect different types of threats across the sea. The IoT sensors that are installed onto the boats are used to collect certain amount of data, for example they can retrieve the temperature, GPS position, pressure, humidity, they can detect whether doors are open or not, generate flood alarms and so on. Based on that data it is important to take different actions. And since it's important when to take these actions, a database that supports storing and aggregating the data annotated with timestamps is required. Different databases that fulfill the requirements for the project were reviewed in order to select the best one for the use case considering this article. Then a comparison between databases and testing of parameters, most importantly time efficiency and memory footprint, were made.

The paper continues as follows: Section 2 presents the problem, its background and the key parameters to evaluate the database. The experiments and results are presented in Section 3 followed by the discussion and conclusion in the last section.

2. DATA STORAGE IN EDGE DEVICES

Storing data always requires time and has a memory footprint – that means some CPU and memory usage. On top of that there are many performance problems that can arise due to several reasons that are occasionally hard to determine. The following section provides additional information for understanding the problem of storing the data and the problem itself.

2.1 Sensors, edge devices and cloud storage

In a combined fog and cloud environment the processing of data is distributed between edge devices and cloud. Processing in the cloud has no resource restrictions such as opposed to processing at the edge. To provide the best and to the user transparent experience of using cloud and edge environment, the appropriate software has to be applied to each

segment of the fog to cloud hierarchy. A similar stack is presented in Figure 1, which is similar to the one proposed by mF2C project. We focus on data management close to sensors, i.e. edge devices, such as routers or small computers like Raspberry Pi devices that store, filter and transmit data collected from IoT sensors. Beside being able to store and transmit data, edge devices can serve light-weight services and issue notifications based on thresholds. These devices are capable in variety of functions, but do not have an excess of resources, therefore the software needs to be selected carefully.

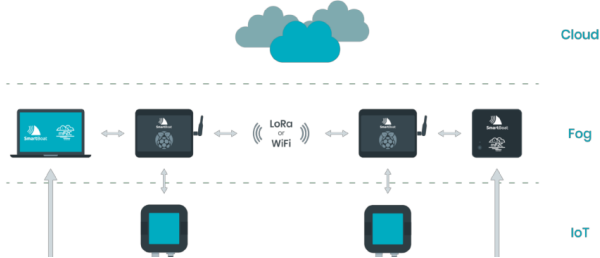


Figure 1: The proposed mF2C architecture.

2.2 The performance degradation issue

From the experience we gained by working on Fog, Edge and IoT use-cases, we found that the relational database, PostgreSQL, can become unstable and an overkill due to the lack of resources. The issue occurs when data is continuously being written into the database for a long period of time. Performance degradation seems to be a common problem in PostgreSQL [10] and sometimes hard or even impossible to solve [3]. For shorter continuous periods of recording (e.g. single day) issue does not manifest due to the small amount of the data and also because the database requires a reasonable amount of RAM. When recording lasts longer (e.g. more than one day) writing becomes slower. To solve the issue different approaches of saving and different databases were taken into consideration.

2.3 Benefits of using relational or time series databases and their comparison

2.3.1 Criteria for filtering the databases

Before performing the evaluation of the databases, a selection of the testing candidates was required, one from each type of database. Our methodology preferred databases with better support for the following attributes:

Supported platforms Applications should run on all major platforms like Linux, Windows and macOS, therefore we required to be sure that there will not be any complication for the applications to use the database.

Official Docker support Docker, currently the most popular container technology for Linux that allows creating and packaging an application along with all its dependencies, was also very important for the implementation of the services in our project.

Raspberry Pi Our project was focused and prototyped around the Raspberry Pi, therefore the options that include this were preferred.

Supported languages More supported languages are a plus, but our main focus was on Java and Python support.

Data types The support or special/faster handling of floats and timestamps was considered as a better option.

License An open-source solution is preferred due to better flexibility and potential costs if the databases would run on a large amount of edge devices.

All databases, relational and time series, were evaluated by those parameters and the best candidates of each type were selected for the testing phase. The attributes for databases are collected in the Table 1.

2.3.2 Relational database selection process

We chose PostgreSQL as the initial relational database for our endeavors because of its standards compliance, it offering a native JSON object storage which we aspired to use elsewhere in the application and because it was easily integrated into other frameworks already in use. Other databases may also be appropriate for this purpose, however PostgreSQL proved to be the most compatible choice at that point in development. The key parameters of our comparison, based on two comparative sources [12, 2] are shown in Table 1.

2.3.3 Time series database selection process

These days, time series data applications such as sensors used in IoT analytics, are growing rapidly due to their simplicity and SQL based query language. For the comparison we have chosen 8 time series databases (Table 1) and finally selected InfluxDB as the best candidate mainly because of official Raspberry Pi Docker support. Other databases were not selected because they did not fulfill expectations regarding Docker or Raspberry Pi support (OpenTSDB, TimescaleDB), a proprietary license (Kdb+), low data type flexibility (Prometheus, RRDtool) and a lack of Java support (Graphite, Druid).

3. EXPERIMENT AND RESULTS

3.1 The test between time series and relational databases

The performance was evaluated by integration of InfluxDB into our application and comparing it with the performance of PostgreSQL.

3.2 Measurement environments

The databases could be manipulated through their own terminal clients or by libraries that provide support for different programming languages. To eliminate the probability of poorly written library or additional latencies based on the language overhead, the tests were performed in both environments – through a Java program and through the terminal with official client. According to the presented limitations, the following tests were performed: reading and writing to the InfluxDB and PostgreSQL databases using different methods like Java, bash console, reading from file and so on. So we tested the database and created a table (Table 2) showing first stage results for measuring time taken for writing and reading. All times presented in the table are for writing ten million records to database or for retrieving one million lines from the base.

Table 1: Relational and time series database feature comparison table

	Database	Supported platforms	Official Raspberry Pi Docker support	Number of supported languages	Python and Java support	Written in	Supported data types	License	Release year
RELATIONAL	OracleDB	Linux, Windows, OS X, Solaris etc.	Yes	24	Yes	C and C++	Int, float, bool, string, date etc	Proprietary	1979
	MySQL	Linux, Windows, OS X, Solaris etc.	Yes	19	Yes	C and C++	Int, float, bool, string, date etc	GPLv2 or proprietary	1995
	Microsoft SQL Server	Linux, Windows, OS X, Solaris	Yes	11	Yes	C++	Int, float, bool, string, date etc	Proprietary	1989
	PostgreSQL	Linux, Windows, OS X, Solaris etc.	Yes	9	Yes	C	Int, float, bool, string, date etc.	PostgreSQL License	1989
TIME SERIES	InfluxDB	Linux, OS X	Yes	16	Yes	Go	Int64, float64, bool, string	MIT	2013
	Prometheus	Linux, Windows	No	8	Yes	Go	Only numeric data (float64)	Apache 2.0	2015
	Kdb+	Linux, Windows, OS X, Solaris	No	10	Yes	Q	Int, float, bool, string	Proprietary	2000
	OpenTSDB	Linux, Windows	No	6	Yes	Java	numeric data for metrics, strings for tags	LGPL	2011
	RRDtool	Linux, HP-UX	No	9	Yes	C	Only numeric data	GPLv2 and FLOSS	1999
	TimescaleDB	Linux, Windows, OS X	No	8	Yes	C	Int, float, bool, string, date etc.	Apache 2.0	2017
	Graphite	Linux, Unix	No	2	Only Python	Python	Only numeric data	Apache 2.0	2006
	Druid	Linux, OS X, Unix	No	7	Only Python	Java	Numeric and strings	Apache 2.0	2012

Table 2: Time taken table with first-stage results.

Testing type	InfluxDB [s]	PostgreSQL [s]
Writing to database using CLI terminal	71	256
Writing to database in Java from file generated in bash	556	652
Writing randomly generated lines to database in Java	562	678
Writing randomly generated lines to database in Java structured with 3 classes and one interface	576	673
Reading from the database in Java	5.58	8.35
Reading from the database in Java using mappers	8.20	/

3.3 IoT characteristics for databases

IoT devices, especially sensors, usually have the ability of gathering the data accompanied by data analysis to detect anomalies. Those devices write to database in bursts and are often operating on a lot of data.

3.4 The experiment metrics

The metric chosen for performing the experiment is speed, measuring the time for writing a million rows to the database in chunks of 15 points, which appears to be a common request on an Edge device connected around a dozen IoT devices.

3.5 The results

The results in Figure 2 present a comparison between InfluxDB and PostgreSQL. The x-axis shows the consecutive block number of 15 records and the y-axis shows time required to save the block. While the results are dispersed a trend curve showing the expected time taken is added to the graph. The plots present three cases. From the PostgreSQL plot (Figure 2) below we can see that most of the blocks of fifteen records take 5–8 milliseconds to be stored in database, which means that time is constant most of the

time with some deviations that are occurring periodically. Most of the data in InfluxDB (Figure 2) is stored to database very quickly and it takes between 0–1 milliseconds. There are also some deviations of records that take around 50 milliseconds to be stored to database. The curve that shows the average time taken to write to database is also more diverse than in PostgreSQL plot. To perform thorough testing an InfluxDB faster batching was enabled to be included into the evaluation. The threshold for storing was set to 10000 points per batch or every 200 milliseconds. The result was lower times for writing and faster program execution. However, comparing InfluxDB results with and without faster batching (Figure 2) showed similar performance. The results undoubtedly show advantage of InfluxDB over the PostgreSQL focusing on time consumption. PostgreSQL has less variance in time taken for transaction, but nevertheless InfluxDB is better in the average case.

Table 3: Time for writing million lines to database

Database	Time taken [s]
InfluxDB	58.92580
InfluxDBFasterBatching	5.25127
PostgreSQL	300.48325

3.5.1 Database setup times and resource consumption

Beside runtime performance, setup time and resource consumption were measured. The database setup times, including connecting to the database and building tables and indexes is significantly faster with InfluxDB, which is evident in Table 3. The resource consumption comparison was performed by writing and querying data for PostgreSQL and InfluxDB via CLI (Command Line Interface). 100000 records were written to database using CLI and then retrieved back. The results of this test are presented in Table 4, where it is evident that InfluxDB uses less storage, prepares database

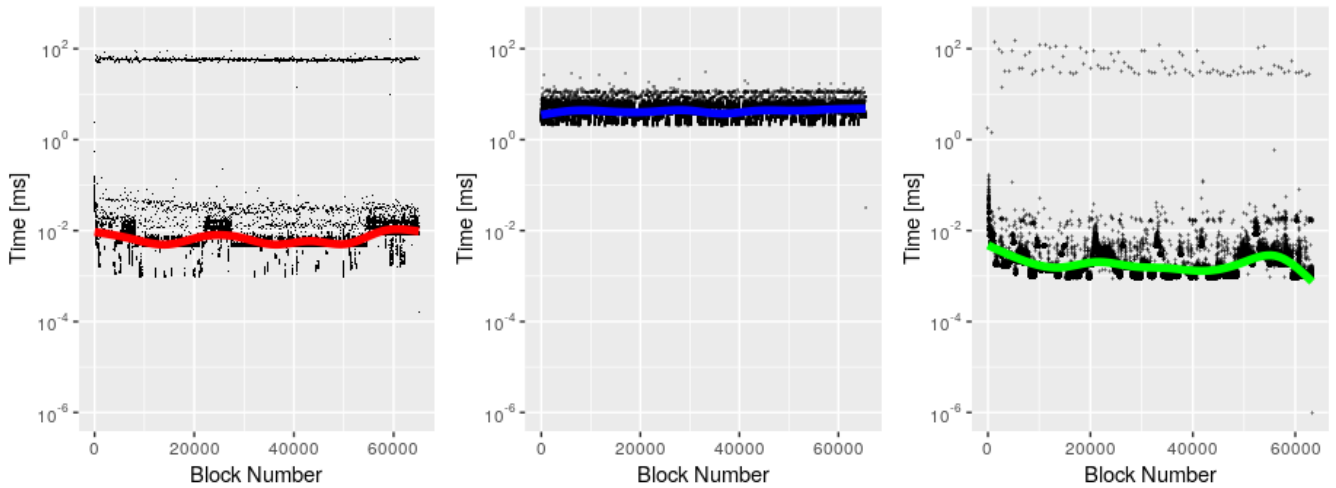


Figure 2: Plots for InfluxDB and PostgreSQL and InfluxDB faster batching.

faster, a query takes only 30 % of time. It seems that RAM and CPU consumption is higher for InfluxDB.

Table 4: Different test methods performed in CLI

	InfluxDB	PostgreSQL
Writing time	0.694 s	223.374 s
Query time	1.492 s	5.617 s
Database size	5.5 MB	15 MB
Memory usage	63.98 MB	20.53 MB
CPU usage	107 %	98.3 %

4. CONCLUSION

This paper presented the approach towards comparing relational and time series databases including comparing characteristics and performance. We explored several time series databases and their use related to the Cloud, sensors and IoT. The results indicates why time series database can be a better solution when it comes to storing IoT-generated data. We concluded that InfluxDB is a more suitable option for handling data gathered from IoT sensors and is also significantly faster in comparison to a relational database.

5. ACKNOWLEDGMENTS

This project has received funding from the European Union’s Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. 730929.

6. REFERENCES

- [1] A. Bridgwater. Iot time series data is ‘of the hour’. <https://internetofbusiness.com/iot-time-series-data-hour-influxdata/>, Dec 2017. Accessed on 2018-09-03.
- [2] DB-Engines. Db-engines ranking of relational dbms. <https://db-engines.com/en/ranking/relational+dbms>, Sep 2018. Accessed on 2018-09-05.
- [3] J. DiLallo. Solving a postgres performance mystery. <https://medium.com/flatiron-engineering/solving-a-postgres-performance-mystery-51544ceea584>, Apr 2018. Accessed on 2018-09-06.
- [4] J. W. Flory. How time-series databases help make sense of sensors. <https://opensource.com/article/17/8/influxdb-time-series-database-stack>, Aug 2017. Accessed on 2018-09-03.
- [5] Horizon2020. mf2c project. <http://www.mf2c-project.eu/>, Jan 2017. Accessed on 2018-09-05.
- [6] R. Kumar. 4 steps to select the right database for your internet of things system. <https://thenewstack.io/4-steps-to-select-the-right-database-for-your-internet-of-things-system/>, Apr 2018. Accessed on 2018-09-12.
- [7] M. Risse. The new rise of time-series databases. <https://www.smartindustry.com/blog/smart-industry-connect/the-new-rise-of-time-series-databases/>, Feb 2018. Accessed on 2018-09-05.
- [8] D. G. Simmons. Pushing iot data gathering, analysis, and response to the edge. <https://dzone.com/articles/pushing-iot-data-gathering-analysis-and-response-to-the-edge>, Apr 2018. Accessed on 2018-09-02.
- [9] E. Siow, T. Tiropanis, and W. H. Xin Wang. Tritandb: Time-series rapid internet of things analytics. <https://arxiv.org/abs/1801.07947v1>, Jan 2018. Accessed on 2018-09-13.
- [10] A. Vorobiev. Performance degradation of inserts when database size grows. https://www.postgresql.org/message-id/BANLkTi%3DVKBmRLVLDjy8qxpWx_6-rmbUaXg%40mail.gmail.com, May 2011. Accessed on 2018-09-04.
- [11] D. G. Waddington and C. Lin. A fast lightweight time-series store for iot data. <https://arxiv.org/abs/1605.01435>, May 2016. Accessed on 2018-09-12.
- [12] Wikipedia. Comparison of relational database management systems. https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_relational_database_management_systems, Sep 2018. Accessed on 2018-09-05.

Spletni obrazec in REST API za naročanje receptov

Denis Pavliha
SRC d.o.o.
Tržaška 116
1000 Ljubljana
+386 1 6007000
denis.pavliha@src.si

Aleš Kalan
SRC Infonet d.o.o.
Cesta talcev 39
4000 Kranj
+386 4 6007600
ales.kalan@infonet.si

Nataša Planinc
SRC Infonet d.o.o.
Cesta talcev 39
4000 Kranj
+386 4 6007600
natasa.planinc@infonet.si

POVZETEK

Razvili smo rešitev za elektronsko naročanje receptov za stalne terapije. Zasnovana je kot *Representational State Transfer* (REST) *Application Programming Interface* (API) vmesnik, pred katerim se nahaja grafični uporabniški vmesnik (*angl. Graphical User Interface – GUI*) v obliki preproste spletne aplikacije za naročanje zdravil. Za komunikacijo (tj. pošiljanje naročil) smo izdelali ogrodje za posredovanje sporočil (routing) prek treh kanalov: elektronske pošte (e-mail), platforme za avtomatizacijo marketinških opravil (Mautic) in prek REST API klica (za npr. klic vmesnika platforme Think!EHR).

Ključne besede

spletno naročanje, elektronski recept, REST API vmesnik

1. UVOD

Naročanje receptov pri splošnem zdravniku je vsaj za stalne terapije, tj. ponavljajoče se že predpisane recepte, zgolj administrativno opravilo. Pacient mora telefonirati v ambulanto, kar ponavadi traja dolgo zaradi zasedenih telefonskih zvez, nato pa zgolj posredovati potrebo po podaljšanju recepta, ki ga prek sistema e-Receipt izvede zdravnik na osnovi že postavljenih diagnoz in prejšnjih izdaj zdravil. Gre za postopek, ki jemlje dosti časa vsem udeležencem, zaradi preprostosti pa bi ga lahko poenostavili z uporabo digitalnih rešitev.

2. REŠITEV

Če želimo postopek digitalizirati, lahko to storimo tako, da del procesa (tj. sporočanje prek telefona ali osebno) pretvorimo v izpolnjevanje spletnega obrazca, ki ga nato zdravnik prejme v svoj zdravstveni informacijski sistem. Zato smo pričeli z zasnovno ogrodja za spletno naročanje receptov stalnih terapij. Najprej smo definirali podatkovni model, ki bo implementiran v obliki podatkovne baze za hrambo naročil receptov. Nato smo rešitev razdelili na zaledni del (*angl. backend*), ki je navzven dostopen prek *Representational State Transfer* (REST) *Application Programming Interface* (API) vmesnika, in grafični uporabniški vmesnik (*angl. Graphical User Interface – GUI*), ki omogoča pacientom uporabo rešitve v obliki spletne aplikacije.

3. REST API VMESNIK

Zaledni sistem (*angl. backend*) smo zasnovali kot ogrodje (framework), ki izpostavlja REST API vmesnike za izvedbo vseh podprocesov, povezanih s procesom spletnega naročanja. Pripravili smo vse potrebne posamezne REST API vmesnike (Tabela 1) ter ustrezne razporejevalnike (*cronjob-driven scheduler*) opravil (naročila, pacienti, predlogi novih ambulant, stanja ambulant). Izdelali smo HTML predloge in vsebinska

sporočila, ki se v okviru e-mail sporočil posredujejo ob različnih dogodkih v procesu (oddaja naročila, obvestila

ambulant in pacientu, potrditve in zavrnitve naročil, preklici, preusmeritve v drugo ambulanto,...). Izdelali smo ogrodje za posredovanje sporočil (routing) prek treh kanalov: elektronske pošte (e-mail), platforme za avtomatizacijo marketinških opravil (Mautic [1]) in prek REST API klica (za npr. klic vmesnika platforme Think!EHR [2]). Sistem smo opremili s sinhronizatorjem podatkov iz centralne baze zdravil (CBZ) ter implementirali predpomnjenje (caching) seznama.

Tabela 1. Nabor klicev REST API vmesnika in njihove metode

API klic	Metoda
order	GET
order/new	POST
order/status	GET
order/last	GET
patient	GET
patient/confirm	GET
patient/register	POST
service	GET
service/drugs	GET
ward	GET
ward/search	GET
ward/suggest	POST
ward/register	POST
ward/login	POST
ward/login/forgotten	GET
	POST
ward/edit	POST
ward/edit/status	POST
ward/edit/forwarding	POST
	DELETE
ward/edit/forwarding/apply	POST
cron	GET
ward/confirm	POST
ward/authorize	POST
ward/disable	POST

4. SPLETNI OBRAZEC (GUI)

Nazadnje smo razvili še spletni grafični uporabniški vmesnik (GUI), ki je bil implementiran v HTML/JS/CSS tehnologiji z uporabo AngularJS ogrodja [3] (Slika 1). Izdelali smo posamezne podsklope GUI (uporabniški vmesnik, registracija, potrditveni pogled, administracijski vmesnik) in ustrezne

komunikacijske vmesnike za povezovanje z vsemi razvitimi REST API vmesniki posameznih podskepov (naročila, pacienti, storitve, ambulate, predlogi, zdravila). GUI smo optimizirali tudi za mobilni prikaz (responsiveness).

5. PREIZKUŠANJE

Vse razvite REST API vmesnike iz nabora smo preizkusili na način funkcionalnega testiranja: definirali smo nabor pozitivnih in negativnih vhodnih podatkov ter preizkušali odzive posameznih API vmesnikov nanje. S preizkušanjem smo potrdili pravilno delovanje razvite spletne rešitve za naročanje receptov.

6. NADALJNJE DELO

Za potrebe povezovanja rešitve v platformo EkoSmart bo potrebno dodatno preizkušanje komunikacijskega vmesnika za pošiljanje sporočil prek REST API klica v platformo Think!EHR [2].

REFERENCE

[1] Mautic, Open-Source Marketing Automation, www.mautic.org

[2] Think!EHR, Marand, www.marand.com/thinkehr

[3] Angular, Google, www.angular.io

Slika 1. Grafični uporabniški vmesnik za naročanje receptov.

Postopki in priporočila za izgradnjo govorne zbirke za potrebe sinteze slovenskega govora

Tomaž Šef
Institut "Jožef Stefan"
Jamova cesta 39
1000 Ljubljana
+386 1 477 34 19
tomaz.suf@ijs.si

POVZETEK

V članku predstavljamo raziskave in razvoj postopkov izgradnje govorne zbirke za potrebe sinteze slovenskega govora z vidika pridobivanja govornih posnetkov in določanja optimalnih snemalnih pogojev.

Za potrebe sinteze govora predlagamo govorno zbirko z branim govorom. Na podlagi analize izkušenj in praks pri gradnji obstoječe zbirke, uporabljene v sistemu eBralec, podajamo priporočila za razvoj nove zbirke s primarno podporo HMM-sintezi in sodobnejši WaveNet-sintezi z možnostjo preproste prilagoditve na korpusno sintezo.

Ključne besede

Govorna zbirka, govorni bralnik besedil, sinteza slovenskega govora.

1. UVOD

Govorne zbirke vsebujejo računalniško berljive posnetke govora in priložene podatke z opisom posnetega govora (govorni dejavniki, dejavniki govorcev, zapisi in označitve posnetega govora) [1, 2]. Takšne zbirke so nepogrešljive pri raziskovalno-razvojnem delu na področju govornih tehnologij in predstavljajo pomemben člen osnovne infrastrukture za razvoj govornih tehnologij za posamezno jezikovno področje [3].

Razlikujemo med dvema vrstama govornih zbirk:

- brani govor: med drugim vključuje izvlečke iz knjig, radijske novice, sezname besed in zaporedja števk ...
- spontani govor: vključuje dialog (med dvema ali več osebami), pripovedovanje (npr. raznih zgodb), opise (npr. poti na zemljevidu), dogovarjanje (npr. glede termina sestanka) ipd.

Za potrebe sinteze govora predlagamo govorno zbirko z branim govorom. Takšen govor ustreza najpogostejšim oblikam rabe sintetizatorjev govora. Poleg tega je lažje izdelati transkripcijo takšnega govora. Snemanje je bolj nadzorovano in predvidljivo. Pri spontanem govoru je govorno zbirko težko fonetično in prozodično uravnotežiti.

Najpomembnejši preostali dejavniki, ki jih je potrebno upoštevati pri snovanju govorne zbirke za potrebe sinteze govora so: izbira vsebine posnetkov, izbira govorcev, snemanje govorne zbirke in označevanje posnetkov.

Izbira velikosti govorne zbirke je posledica kompromisa med zelenim številom variacij glasov oz. njihovim pokritjem na eni strani ter časom in stroški, vezanimi na razvoj, na drugi strani. Upoštevati je treba tudi čas za kasnejše preiskovanje govorne zbirke in potreben prostor za njeno hranjenje.

2. ANALIZA IZKUŠENJ IN PRAKS

Govorna zbirka, uporabljena v sistemu eBralec [4], je bila v osnovi zasnovana za korpusno sintezo govora. Vsebinska besedila za snemanje je bila pridobljena s statistično obdelavo vseh besednih korpusov, s katerimi smo razpolagali, brez kakšne posebne vnaprejšnje selekcije. Določila se je pogostost posameznih glasov in glasovnih nizov v besedilu. V zbirko so bili vključeni vsi stavki (povedni, velelni, vprašalni ipd.), in sicer glede na statistično zastopanost v besednem korpusu.

Pri izbiri povedi se je težilo k temu, da so bile le-te *fonetično* čim bolj *bogate*, da so zagotavljale vse možne difone in da je vsaka dodatna poved doprinesla čim več novih polifonov (trifonov, štirifonov ipd.). Dolžine izbranih stavkov naj bi čim bolj ustrezale statistični porazdelitvi dolžin stavkov iz besednega korpusa.

Osnovni statistični podatki govorne zbirke eBralca so podani v tabeli 1.

Velikost besednega korpusa	7.145.345 povedi 77 milijonov besed
Obseg govorne zbirke	4.000 povedi (46.785 besed)
Število različnih difonov	1.883
Število različnih trifonov (št. kombinacij v korpusu)	21.369 (24.702)

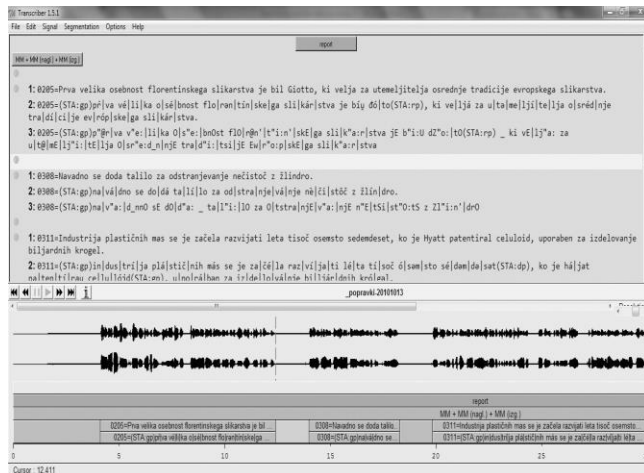
Tabela 1: Statistični podatki o govorni zbirki sistema eBralec.

Snemanje govorne zbirke je potekalo v studiu RTV Slovenija ob prisotnosti izkušenega tonskega tehnika. Med 10 profesionalnimi govorniki smo izbrali najustreznejši moški in ženski glas. Med branjem besedila so govorniki imeli nameščene elektrode Laryngographa, s katerimi smo spremljali nihanje glasilk za lažje kasnejše označevanje period govornega signala.

Samo snemanje je zaradi obsežnosti besedila, ki ga je bilo potrebno prebrati, trajalo več mesecev. Pri tem smo skušali zagotoviti, da so nastavitve opreme ves čas ostale čim bolj nespremenjene. To ni bilo najlažje, saj je bila oprema v studiu že precej stara, studio je bil konstantno v uporabi, konfiguracija prostora pa se je prilagajala trenutnim potrebam RTV Slovenija. Pred vsakim snemanjem je govorec poslušal svoje predhodne posnetke, s čimer se je skušalo zagotoviti čim bolj enak način govora, z enako intonacijo ipd.

Zbirka sintetizatorja eBralec je bila označena na treh nivojih: grafemski zapis besedila, fonetični zapis prebranega govora z mejami posameznih fonemov, oznake period zvonečih glasov.

Govorna zbirka oz. njen fonetični prepis se je popravljala s programom Transcriber (Slika 1). Govorci vseh besed niso izgovorili tako, kot smo pričakovali oz. tako, kot bi jih izgovoril sam sintetizator govora. Zato je bilo potrebno fonetični zapis uskladiti z dejansko prebranim.



Slika 1. Postopek popravljanja fonetičnih oznak v govorni zbirki eBralca.

Največje izrazite identificirane pomanjkljivosti govorne zbirke eBralca so naslednje:

- prevelika osredotočenost na čim večje število različnih polifonov (npr. štirifonov, petfonov ipd.),
- stavki omejenih dolžin znotraj vnaprej določenih intervalov ne pokrivajo dovolj vseh situacij, s katerimi se srečamo med dejansko sintezo,
- premalo vprašalnih in velelnih povedi,
- vsebina govorne zbirke ni bila povezana z najbolj pogostimi vsebinami besedil, ki se sintetizirajo v praksi oz. z najpogostejšimi aplikacijami rabe sintetizatorjev govora,
- govorna zbirka je brez posebnih prozodijskih oznak, označena sta dva nivoja (grafemski in prozodični),
- sploh niso oz. pomanjkljivo so označeni razni dogodki, povezani z govorilnimi organi, kot so tlesk, zapora, odpora, pripora, pridih,
- govorna zbirka ne vsebuje posebej posnetih števk, števil, števnikov, ideogramov, aktualnih slovenskih in pogostih tujih imen, priimkov, krajev, imen ulic ipd., prav tako ni podprto črkovanje (razumljivo črkovanje je v nekaterih aplikacijah in za posebne skupine uporabnikov še posebnega pomena; npr. slepi in slabovidni uporabniki, uporaba v bralnikih zaslona),
- predvsem ženski glas ni najbolj »posrečeno« izbran za potrebe sinteze slovenskega govora,
- oddaljenost govorca od mikrofona ni bila najbolj ustrezna; prevelik razpon med konicami signala in preostalim delom onemogoča večjo glasnost sintetiziranega govora,
- pri snemanju ni bil pred mikrofonom postavljen ustrezen filter, ki bi zadel neželene zvoke; npr. razne tleske,
- premajhna pozornost pri zagotavljanju enakih snemalnih pogojev med posameznimi seansami snemanja.

Pri izgradnji nove govorne zbirke bo na podlagi preteklih izkušenj treba več pozornosti nameniti:

- večji prozodični pestrosti posnetega besedila, ki bo pokrivala najrazličnejše situacije rabe sintetizatorja govora, besedilo mora vsebovati tudi zelo kratke in zelo dolge povedi,

- poleg najpogostejših besed je treba »pokriti« tudi različne prozodične kontekste, v katerih se te besede običajno pojavljajo,
- čim bolj se skušamo izogibati besedam, ki niso vsebovane v slovarjih izgovorjav, s katerimi razpolaga projektna skupina, saj je zanje potrebno ročno zagotoviti pravi fonetični prepis,
- v besedilo je priporočljivo vključiti pogoste leksikalne termine oz. pogoste besede, kot so denimo telefonske številke, ekonomsko terminologijo (bančništvo), različne valute, terminologijo s področja računalništva in interneta, medicine, pogosta lastna imena, nekatera tuja imena in izraze, glavne in vrstilne števnike, črkovanje, značilne jedi, turistične znamenitosti, lahko tudi države in njihova glavna mesta; pri tem stavke, ki pokrivajo te termine, kreiramo sami,
- v zadnjem času je pomembno, da govorna zbirka pokriva še različne situacije, ki nastopajo v dialogu (aplikacije dialoga in simultane prevajanja; npr. raba v virtualnih asistentih),
- večji zastopanosti raznovrstnih povedi, predvsem vprašalnih in velelnih (pogostost teh povedi mora biti večja, kot je v samem besedilnem korpusu, iz katerega se zajema besedilo za branje),
- besedilo naj zajema različne zvrsti novic, razne napovedi (npr. vremenske napovedi) in podajanje informacij (npr. stanje na cestah, borzne informacije) ter navodil (npr. napotki za vožnjo),
- bolj podrobno označevanje govorne zbirke, ki naj vsebuje tudi prozodijske oznake in razne dogodke, vezane na govorne organe,
- izbiri ustreznega ženskega glasu – ta naj bo nekoliko nižji in bolj aspiriran (povprečna osnovna frekvenca naj bo nižja kot pri aktualnem ženskem glasu),
- zagotavljanju enakih snemalnih pogojev med posameznimi sejami snemanja,
- obseg govornega korpusa naj bo večji od obstoječega.

3. PRIPOROČILA ZA VSEBINO BRANIH BESEDIL

Umetno generirani govor mora zveneti naravno in biti prijeten za poslušanje. Pomembne so tudi nastavitve za hitrost branja in jakost zvoka ter možnost uporabe različnih glasov.

Izbir vsebine posnetkov oz. branih besedil govorne zbirke za sintezo govora poteka v več korakih [5]:

- ustvari se obsežna tekstovna zbirka besedil, ki pokriva različne zvrsti (dnevni časopisi, revije, leposlovje ipd.),
- tokenizacija – iz zbirke besedil se odstranijo vse oznake, vezane na oblikovno podobo (glava besedila, tabele ipd.),
- okrajšave, števila ipd. se pretvorijo v polno besedno obliko (normalizacija besedil),
- besedila se pretvorijo v predvideni fonetični prepis (grafemsko-fonemska pretvorba),
- optimizira se obseg zbirke glede na vnaprej pripravljene kriterije (metoda požrešnega iskanja); doseči želimo statistično ustrezno vzorčenje izbranega področja govorjenega jezika.

Izbira povedi ne sme potekati naključno, pač pa mora biti skrbno načrtovana [6]. Priporočamo, da se za čim optimalnejšo izbiro povedi uporabi naslednji postek, ki ga sestavlja več korakov:

1. Statistična obdelava besedil:

- Statistično obdelamo celoten besedni korpus in določimo pogostost pojavljanja posameznih glasov in glasovnih nizov v besedilu.
- Vključimo vse stavke (povedne, velelne, vprašalne itd.) in izdelamo statistiko posameznih vrst povedi oz. stavkov.

2. Izdelava spiska glasovnih nizov z oceno zaželenosti posameznega niza:

- V spisek vključimo nabor vseh teoretično možnih kombinacij difonov.
- V spisek vključimo vse trifone, štirifone in (po potrebi) ostale zaželene (najpogostejše) polifone, na katere smo naleteli pri statistični obdelavi besedil.
- Utež oz. ocena zaželenosti niza je odvisna od pogostosti njegovega pojavljanja v besedilu.

3. Postopek izbire povedi:

- Ocenimo doprinos glasovnih nizov za vsako poved iz tekstovnega korpusa.
- Doprinos povedi je enak vsoti vseh ocen zaželenosti nizov (iz spiska), ki se v povedi pojavijo.
- Doprinos posamezne povedi normiramo z dolžino povedi (št. besed v povedi ali št. fonemov v povedi).
- Določimo takšno utež, da bodo dolžine izbranih stavkov čim bolj ustrezale statistični porazdelitvi dolžin stavkov iz korpusa.
- Izberemo poved z najvišjim normiranim doprinosom.
- Iz spiska odstranimo vse glasovne nize, ki jih izbrana poved vsebuje.
- Ponovno ocenimo vsako poved in izberemo najboljšo (glede na novi spisek, v katerem so izločeni tisti glasovni nizi, ki smo jih že pokrili) ter popravimo spisek.
- Postopek ponavljamo, dokler ne izberemo želenega števila povedi.

4. Ovrrednotenje rezultatov:

- Vsakih 1000 povedi izdelamo statistiko difonov, trifonov, štirifonov in drugih polifonov, ki jih že pokrivamo (gre za glasovne nize, ki smo jih do takrat že izločili iz zgoraj omenjenega spiska).

5. Dodatne izboljšave algoritma:

- Ker mora zbirka vsebovati vse možne kombinacije difonov, algoritem popravimo tako, da difone dodatno utežimo glede na ostale polifone. Na takšen način bo algoritem na začetku dajal prednost povedim, ki bodo pokrile čim več novih difonov. Predvidoma se vsi difoni pokrijejo že po ca. 100 stavkih.
- Pri trifonih in štirifonih upoštevamo pri robnih glasovih tudi podatek o glasovni skupini, ki ji pripadajo (npr. štirifon "krak" ne bo doprinesel prav dosti novega v našo zbirko, če ta že vsebuje štirifon "krat"; zato oceno koristnosti takega štirifona popravimo navzdol). To lahko naredimo preprosto tako, da v spisek vnesemo dodatne nize skupaj z njihovimi frekvencami pojavljanja v korpusu (primer takega štirifona: "k"+"r"+"a"+"pripornik").
- Algoritem z različnim uteževanjem izboljšamo tako, da končni nabor vsebuje različne povedi (povedne, vprašalne, velelne, enostavne, sestavljene, naštevanje itd.). Tako lahko isti korpus učinkovito uporabimo tudi za generiranje prozodičnih parametrov pri sintezi govora.

Fonetični prepis besedila se izvede z modulom za grafemsko-fonemsko pretvorbo, s katerim razpolagajo projektni partnerji.

Posnetih naj bo več 10 (do 50) ur govora. Prva ura posnetkov naj bo označena na zgoraj opisani način (čim boljša fonetična uravnoveženost). Besedilo za preostale posnetke do 10 ur se izbere tako, da so stavki čim bolj pestri in zajemajo različne prozodične variante. Na takšen način dobimo dovolj učnega gradiva za pravilno nastavljanje prozodičnih parametrov sintetizatorja. Razliko do preostanka polnega obsega govorne zbirke se zapolni z branjem različnih zvrsti besedil, za katere se predvideva, da se bo

sintetizator govora najpogosteje uporabljal. Tako se sintetizator govora še posebej prilagodi izbranim domenam, za katere prebrani umetni govor potem zveni še posebej naravno in ga »na hitro« skoraj več ni moč ločiti od človeškega govora.

Za izbor fonetično in prozodično uravnoveženega besedila predlagamo uporabo besedilnega korpusa Gigafida, ki vsebuje 1,2 milijarde besed v slovenskem jeziku.

4. PRIPOROČILA ZA IZBIRO GOVORCEV

Posname naj se vsaj 10 različnih govorcev. Te krajše posnetke (nekaj sto stavkov z dobrim pokritjem difonov) se nato strojno označi in preizkusi na aktualnem sintetizatorju govora. Po možnosti se izvede tudi anketa med več poslušalci glede naravnosti in razumljivosti govora, pa tudi glede subjektivne ocene, kateri glas se jim preprosto zdi najprijetnejši za poslušanje.

Dobro je, da je glas takšen, da se v postopku sinteze mesta »lepljenja« čim manj opazijo oz. slušno zaznajo. Pri izbiri govorca je potrebno upoštevati tudi njegovo sposobnost sledenja napotkom, potrebne ponovitve med snemanjem, čas snemanja ipd. Potrebujemo vsaj en moški in en ženski glas. Smotno je, da sintetizator govora razpolaga s po dvema glasovoma za vsak spol.

Pomembno je, da se kandidate vnaprej seznanijo z namenom snemanja in možne uporabe tako pridobljenih glasov. Pred snemanjem morajo izbrani govorniki podpisati pogodbo oz. privolilo, da dovolijo rabo posnetkov za potrebe sinteze govora.

DEJAVNIKI GOVORCEV

Pri izbiri govorcev moramo upoštevati nekatere značilnosti, ki so povezane z njihovim govorom. Pri tem razlikujemo med [7]:

- prehodnimi značilnostmi oz. tranzienti in
- trajnimi značilnostmi.

Prehodne značilnosti so morebitne psihološke in fiziološke motnje (npr. počutje, bolezen, psihično stanje).

Med trajne značilnosti pa uvrščamo fiziološke in anatomske značilnosti (npr. spol, starost, teža, okvare na govornih organih, kadilske in pивske navade) ter geografske in socialno-jezikovne vplive na govor (izobrazbo in poklic govorcev, narodnostno-narečno področje trenutnega in morebitnega predhodnega bivališča govorcev, narodnostno-narečno področje govornikov staršev).

GOVORNI DEJAVNIKI

Med govorne dejavnike uvrščamo prozodijske značilnosti govora, ki se nanašajo na trenutno razpoloženje govornika ter njegov pristop k tvorjenju govornih posnetkov [7]. Posneti govor lahko tako označimo za hiter, počasen, napet, sproščen, odrezav, natančen, površen ipd.

V praksi se izkaže, da so nekateri glasovi preprosto bolj primerni za izdelavo sintetizatorjev govora kot drugi. Pri tem je zelo težko vnaprej napovedati, ali je nek glas primeren ali ne, pri tem ni splošno veljavnih pravil.

5. PRIPOROČILA ZA SNEMANJE GOVORNE ZBIRKE

Besedilo, ki vsebuje vsa želeno zaporedja alofonov, je najprijetljiveje prebrati naenkrat. Zelo pomembno je namreč, da govorec skozi vso besedilo govori na enak način, z enakim glasom, z enako intonacijo, skratka z enakimi parametri govora.

Snemanje besedila po kosih v daljšem časovnem obdobju je manj priporočljivo, saj se govorniku lahko glas zaradi različnih zunanjih

vzrokov (vreme, drugačne nastavitve pri snemanju, spremenjen spekter in intenziteta motenj iz okolice) ali notranjih vzrokov (razpoloženje, bolezen) spremeni, govorna zbirka pa ni v celoti posneta, kar oteži kvalitetno sintezo govora.

Snemanje govornega gradiva naj poteka ob prisotnosti izkušenega snemalnega operaterja z namenom, da se preprečijo neustrezne izgovarjave besed in napake pri snemanju govora. Govorcu je potrebno pred snemalnimi sejami podati ustrezna navodila in ga zaprositi, da povedi prebira razločno in enakomerno hitro. Med branjem besedila imajo govorniki nameščene elektrode laringografa, s katerimi se spremlja nihanje glasilk zaradi lažjega kasnejšega označevanja osnovnih period govornega signala.

Samo snemanje celotne govorne zbirke zaradi obsežnosti besedila, ki ga je treba prebrati, navadno traja več mesecev. Pri tem morajo nastavitve snemalne opreme ves čas ostati nespremenjene. Pred vsakim snemanjem naj govorec posluša svoje predhodne posnetke, s čimer se skuša zagotoviti čim bolj enoten način govora med posameznimi snemalnimi sejami. Na začetku snemanja posamezne seje naj govorec prebere nekaj vnaprej določenih fiksnih stavkov, ki omogočajo primerjavo glasnosti in višine govora med posameznimi snemalnimi sejami.

Med snemanjem govora je priporočljivo preverjati, ali govorec ustrezno izgovarja predloženo besedilo. To lahko storimo s prisotnostjo druge osebe med snemanjem ali pa poskušamo v snemalni postopek vgraditi določeno samodejno preverjanje.

Govor snemamo preko mikrofona v digitalni obliki, po navadi kar na namenski računalnik v studiu. Potrebujemo še ustrezno mešalno mizo, zaslon in slušalke (preko katerih govorec prejema navodila in posluša povratni govor). Posnetke govora shranimo v digitalni obliki na trajne računalniške pomnilniške medije.

Med posameznimi sejami nastavitve ne spreminjamo (uporabljamo vnapej preddefinirane nastavitve opreme). Ustreznost govornih parametrov lahko preverjamo z ustreznimi merilci (npr. Bruel & Kjaer 2230 Sound Level Meter).

Govor se snema z več različnimi mikrofoni in pod različnimi koti (npr. Studio Projects T3 Dual Triode). Pred mikrofoni je primeren filter (angl. »anti-pop filter«), ki zaduši razne pike, tleske ipd.

Zaželeno je, da imamo nameščeno tudi spletno kamero in ogledalo. S tem se govorniku pomaga, da ohranja konstantno razdaljo do mikrofona (tudi med različnimi seansami snemanja).

Oseba, ki snemanje nadzoruje, lahko preveri položaj govornika pred vsako snemalno sejo in jo primerja s položaji v predhodnih sejah. Majhno ogledalo (na steni) govorniku omogoča ohranjanje primerno razdaljo tekom same snemalne seje. Govorniki se zaprosijo, da periodično preverjajo položaj svojega obraza v ogledalu [8].

Priporočamo frekvenco snemanja 44,1 kHz in 24-bitno vzorčenje govornega signala.

Ker je pri snemanju pomembno, da govorec ni preveč utrujen, predlagamo 10-minutno snemanje znotraj pol urnega intervala. Posamezna seja naj traja dve uri; znotraj tega časa je možno posneti 40 minut govornega materiala (v štirih sejah). Vsak govorec naj opravi le eno dveurno sejo na dan. Za 50 ur posnetkov tako potrebujemo 75 sej oz. 150 ur časa.

Razlike pri pogojih snemanja med različnimi sejami je možno detektirati s primerjavo povprečnih vrednosti MFCC parametrov posameznih izgovorjav [9].

Med posameznimi sejami preverimo predhodne posnetke. Morebitne napake zaradi neenakih snemalnih pogojev, napačnih

izgovorjav, različne hitrosti govora ipd. popravimo ob snemanju naslednje seje.

6. OZNAČEVANJE GOVORNIH POSNETKOV

Predlagamo, da se uporabi tri nivoje anotacij oz. prepisov govornjenega besedila: grafemski prepis, fonetični prepis in prozodijske oznake.

Ker je ročna segmentacija govora na fonetičnem nivoju naporna in dolgotrajna, pri tem uporabljamo vsaj delno avtomatizirane postopke, ki so bolj učinkoviti, če vnaprej poznamo grafemski prepis govornjenega gradiva.

Avtomatskim metodam in postopkom po potrebi sledi »ročno« popraviljanje oznak, kar je ne glede na hiter razvoj tehnologije še vedno zelo zamudno.

7. ZAKLJUČEK

Pri razvoju metod in priporočil za izgradnjo govorne zbirke CityVOICE smo posebno pozornost namenili določanju optimalnih pogojev za snemanje govornih zbirk, določanju optimalnih fonetično in drugače uravnoteženih vsebin za snemanje govornih zbirk ter rešitvam za iskanje optimalnih govorcev.

8. ZAHVALA

Operacijo CityVOICE sofinancirata Republika Slovenija in Evropska unija iz Evropskega sklada za regionalni razvoj, in sicer v okviru »Operativnega programa za izvajanje evropske kohezijske politike v obdobju 2014-2020«.

9. LITERATURA IN VIRI

- [1] Gorjanc, V. 2005. Uvod v korpusno jezikoslovje. Govor in jezikovne tehnologije, januar 2014.
- [2] Zemljarič Miklavčič, J. 2008. *Govorni korpusi*. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta.
- [3] Žganec Gros, J., Mihelič, F. in Dobrišek, S. 2003. Govorne tehnologije: Pridobivanje in pregled govornih zbirk za slovenski jezik. *Jezič in slovstvo III/3-4 (2003)*, 47-59.
- [4] Žganec Gros, J., Vesnicer, B., Rozman, S., Holozan, P., Šef, T. 2016. Sintetizator govora za slovenščino eBralec. *Zbornik konference Jezičovne tehnologije in digitalna humanistika*, Filozofska fakulteta, Univerza v Ljubljani, 2016.
- [5] Šef, T., Romih, M. 2011. Zasnova govorne zbirke za sintetizator slovenskega govora Amebis Govorec, *Informacijska družba IS 2011*.
- [6] Chevelu, J., Lolive, D. 2015. Do Not Build Your TTS Training Corpus Randomly. *Proc. EUSIPCO 2015*, Francija.
- [7] Dobrišek S. 2001. Analiza in razpoznavanje glasov v govornem signalu. Doktorska disertacija, Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani.
- [8] Oliveira, L.C., Paulo, S., Figueira, L., Mendes, C., Nunes, A., Godinho, J. 2008. Methodologies for Designing and Recording Speech Databases for Corpus Based Synthesis. *Proceedings of the Sixth International Language Resources and Evaluation (LREC 2008)*, Marrakech, Morocco.
- [9] Richmond, K., Strom, V., Clark, R. A. J., Yamagishi, J., Fitt, S. 2007. Festival multisyn voices for the 2007 blizzard challenge. *Proc. Blizzard Challenge Workshop (Proc. SSW6)*, ISCA.

Telemetric ECG monitoring during physical activity in field tests

Boris Širaiy
Institut "Jožef Stefan"
Jamova cesta 39
1000 Ljubljana
+386 31 616 169
boris.siraiy@hotmail.com

Roman Trobec
Institut "Jožef Stefan"
Jamova cesta 39
1000 Ljubljana
+386 41 708 994
roman.torbec@ijs.si

ABSTRACT

In this paper we show how it is possible to measure ECG signal with telemetric ECG body-sensor during physical activity in regular conditions. Based on previous studies we choose position and type of fixation for sensor. Participant made three different tests, first test was shuttle run test where speed of running was increased every minute, second test was Cooper 2400 m test, and third test was 100 m maximal sprint. We measure ECG signal in all three tests and analyse it with special software for Holter analysis.

Keywords

ECG body sensors, Shuttle run, Cooper 2400 m, 100 m sprint, Healthcare.

1. INTRODUCTION

Nowadays sudden cardiac death presents extremely high risk for sudden death of professional sportsmen and recreational athletes. Cardiovascular disease causes more than 90 % of sudden deaths during physical activity [1]. Two France studies reported a daily incidence of 3 sudden deaths and 4 myocardial infarctions during physical activity in the general population [2,3]. Studies from USA shows sudden cardiac death incidence between sportsmen in high schools and colleagues is 1:200.000 per year [4,5,6], while European studies shows that incidence is even higher, 1-1,6:100.000 [7,8]. Considering the fact that 55-80 % of the athletes who died of sudden cardiac death had no prior symptoms of heart disease [9], the question is what else should be done for the prevention of sudden cardiac death, and to detect the people who has increased risk of sudden cardiac death.

Telemetric ECG body sensor used in this paper was already used in previous pilot studies made during light physical activity [10], and in maximal laboratory exercise stress test (EST) [11]. Since an EST with ECG monitoring is usually performed in laboratory conditions, our goal is to determine whether it is possible to measure an ECG during regular sport activities, because it will offer a significant advantage for the prevention of cardiovascular accidents [12].

Aim of this study was to evaluate body-sensor ECG signals during three different field tests, and to analyse the quality of the recorded ECG signal. Next aim was to determine if different types of sensor fixation influenced the ECG signal. The use of a telemetric ECG during physical activity could be very beneficial for medical doctors and sports scientists, and the most of all for professional and recreational athletes.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1 Study Population

In this study was included one participant, age 24 years. He was a student at the Faculty of Sport and Physical Education at the University of Belgrade. He was healthy and without known previous cardiac problems. Before the tests the study purpose, and its protocol were explained to him, and he signed consent for participation in the study.

2.2 Experimental Setup

ECG measurements during the field tests were made with wireless ECG body sensors Savvy (Saving d.o.o., Ljubljana, Slovenia) [13], which is a certified medical device, described in detail in the study of Trobec et al. [14]. The body sensor is light and non-obstructive for users, which allows long-term exercise ECG measurements. The sensor is fixed on the body via two self-adhesive skin electrodes. An Android application, MobECG, which runs on a smartphone, captures and displays the measured data and saves it in the smartphone's memory for further processing.



Figure 1. Sensor position and type of sensor fixation in the first test (left-hand) and in the second test (right-hand).

The sensor position should be close to the heart to obtain appropriate amplitude of ECG signal. In addition, its position should avoid large muscles, due to the signals from the electrical

muscular activity (EMG) that could disturb the ECG [14,15]. In this study was used position Left Inferior (LI), shown as most adequate in previous study [11]. In the LI position the sensor electrodes are at the positions V1 and V2 of standard precordial leads, and the sensor is translated by approximately 10 cm, below the xiphoid, where the influence of muscular disturbances is expected to be minimal (see Figure 1). The ECG electrodes were positioned 5 cm apart [16]. Before the positioning, we cleaned the skin of the subjects with diluted ethanol.

The participant made six tests, two shuttle run, two Cooper 2400 m, and two 100 m sprint test. In the first test the ECG body sensor were fixed with self-adhesive medical Omniplast 2,5 cm tape (Paul Hartmann AG, Heidenheim, Germany), specially designed to fix Holter electrodes. Both parts of the sensors were fixed together with one, approximately 40-cm-long strip of tape. In the second test sensor were fixed with standard Polar belt made for measurements of the heart rate (HR) with Polar system.

The measured ECG data were continuously stored in the mobile-phone memory and transferred to the personal computer. The ECG analysis were made with medically certified Holter interpretation software QuickReader® AFT-1000 (Holter Supplies, Paris, France).

2.3 Measurement Protocol

Every test was made in a separate day, except 100 m sprints where both tests were made in the same day, with 30 min pause in between tests. Before performing the tests, the electrodes and sensors were positioned at the LI position and fastened with self-adhesive tape. After that the participant sat down and waited for 5 minutes, while the ECG was recorded. After 5 minutes the participant started with the test. When the test was finished the participant sat down and rested for 5 minutes, while the ECG was still recording. The next day the participant took part in a second test. In the second test sensors were fixed with Polar belt. The ECG recording protocol was the same as on the previous day. The next type of test, under the same protocol, were performed in the next 2 days. The study was conducted in accordance with the ethical standards of the Faculty of Sport and Physical Education (IRB approval No. 02-1359/18-2), University of Belgrade, and the Helsinki Declaration.

3. RESULTS

In the first shuttle run test participant successfully made 11 minutes of the test (11/2) with the maximal heart rate (HR) 196 beats per minute (bpm), while in second test he successfully made 10 minutes of the test (10/10) with the maximal HR 192 bpm. In the first Cooper test he run 11:49 minute, with the maximal HR 192 bpm, and in the second test he run 13:10 min, with the maximal HR 193 bpm. In the 100 m sprint test he run 13:45 sec in the first test, with maximal HR 172 bpm, while in second test he run 13:84 sec, with the maximal HR 179 bpm.

Analysse of the signal show that ECG signal was of adequate quality in both shuttle run tests, while in Cooper and in 100 m sprint test signal was of adequate quality only in second test when sensor was fixed with a Polar belt. An example of screenshot of a typical HR signal in bpm, and correct QRS complex detection of a signal which is of adequate quality for interpretation and for further analysis is shown in Figure 2.

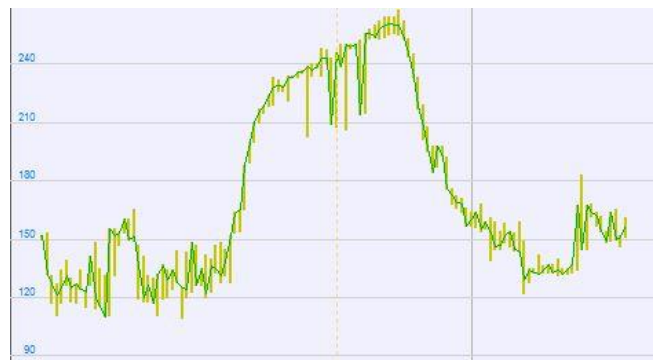


Figure 2. An example of adequate quality signal.

An example of screenshot of a signal which is not of adequate quality for interpretation and for further analysis is shown in Figure 3.



Figure 3. An example of a signal which cannot be interpreted.

The computerized heart-rate analysis was successful for most of the time during both shuttle run tests and during Cooper and 100 m tests when sensor was fixed with Polar belt. During the visual inspection we also found erroneously detected QRS complexes, using the Holter interpretation software, often because of the excessive artefacts that come from the intense activity (right-hand part of Figure 4).

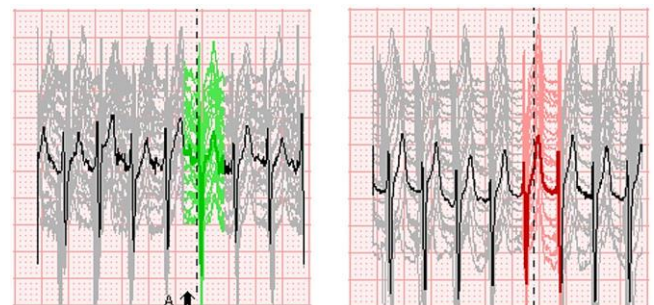


Figure 4. Visualization of the detected heart beats using the Holter interpretation software QR. The correctly interpreted QRS complexes are shown in the left-hand panel. An example of the erroneously interpreted QRS complexes is shown in the right-hand panel.

4. DISCUSSION

This paper shows that a wireless ECG body sensor can be used for non-obstructive measurements of an ECG during some regular physical activities. The aim of this study was to check if wireless ECG body sensors can be used during field tests. The results show that the type of fixation and the type of test influence the results. When sensor was fixed with Polar belt signal was of adequate quality during entire test, but when sensor was fixed with Omniplast tape the signal was of adequate quality only in shuttle run test, when the speed of running starts with 8.5 km/h and increases 0.5 km/h every minute, while in tests when speed of running was constantly high the signal was not acceptable. In that case maximal speed of running in shuttle run test was between 13.5 and 14.0 km/h, and this was very similar to previous laboratory study which confirms that ECG signal on a treadmill was of adequate quality for speeds of running up to 13.5 km/h.

The diagnostic ability of the ECG body sensor, used in this study, has been compared in various previous pilot studies with other similar devices [14] and with standard 12-lead ECG [14,17]. Previous studies shown that ECG body sensor, even so simple, can also detect most of the arrhythmic events, e.g., atrial or ventricular fibrillation, extrasystole, tachycardias, bradycardias, etc. The analysed measurement methodology can provide basic information about the heart rhythm's status. In the case of any detected abnormality the users can be directed to further diagnostics with a standard stress test and medical personnel.

5. CONCLUSION

The presented results are a motivation for further study, where more participants will be included. With such a telemetric approach it might be possible, to the best of our knowledge for the first time, to routinely measure ECG signals in real conditions, e.g., when users are running in nature, during a significant activity. In the presented paper an appropriate method of sensor fixation was found; however, to confirm this conclusion study should be extended, and heterogenous group of participants, e.g., male and female, should be included.

6. ACKNOWLEDGMENTS

This paper was supported by Slovenian Research Agency under the Grant P2-0095.

7. REFERENCES

- [1] Mazić, S., Ilić, V., Đelić, M., Arandjelović, A. 2011. Sudden cardiac death in young athletes. *Srp. Arh. Celok. Lek.*, 139, 394-401.
- [2] Chevalier, L., Hajjar, M., Douard, H., Charief, A., Dindard, J.M., et al. 2009. Sports-related acute cardiovascular events in a general population. A French prospective study. *Eur. J. Cardiovasc. Prev. Rehabil.*, 16, 365-370.
- [3] Marijon, E., Uy-Evanado, A., Reinier, K., Teodorescu, C., Narayanan, K., Jouven, X., Gunson, K., Jui, J., Chugh, S.S. 2015. Sudden cardiac arrest during sports activity in middle age. *Circulation*, 131, 1384-1391.

- [4] Maron, B.J., Gardin, J.M., Flack, J.M., Gidding, S.S., Kurosaki, T.T., Bild, D.E. 1995. Prevalence of hypertrophic cardiomyopathy in a general population of young adults: echocardiographic analysis of 4111 subjects in the CARDIA study. *Circulation*, 92, 785-789.
- [5] Maron, B.J., Shirani, J., Poliac, L.C., Mathenge, R., Roberts, W.C., Mueller, F.O. 1996. Sudden death in young competitive athletes: clinical, demographic, and pathological profiles. *JAMA*, 276, 199-204.
- [6] Pedoe, D.T. 2000. Sudden cardiac death in sport-spectre or preventable risk? *Br. J. Sports Med.*, 34, 137-140.
- [7] Epstein, S.E., Maron, B.J. 1986. Sudden death and the competitive athlete: perspectives on preparticipation screening studies. *Journal of the American College of Cardiology*, 7, 220-230.
- [8] Pigozzi, F., Spataro, A., Fagnani, F., Maffulli, N. 2003. Preparticipation screening for the detection of cardiovascular abnormalities that may cause sudden death in competitive athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 37, 4-5.
- [9] Drezner, J.A., Courson, R.W., Roberts, W.O., Mosesso, V.N., Link, M.S., Maron, B.J. 2007. Inter-association task force recommendations on emergency preparedness and management of sudden cardiac arrest in high school and college athletic programs: a consensus statement." *J. Athl. Train.*, 42, 143-158.
- [10] Širaiy, B., Stanič, U.J., Poplas-Sušič, A., Katkič, Z. 2018. Impact assessment of the morning gymnastics "1000 movements" via ECG and sport tests. *41st Int. Conven. on Inform. and Commun. Technol., Electron. and Microelectron. (MIPRO)*, 284-288.
- [11] Širaiy, B., Ilić, V., Trobec, R. 2018. Evaluating telemetric ECG body sensor signal in exercise stress test: Pilot study. *41st Int. Conven. on Inform. and Commun. Technol., Electron. and Microelectron.*, 289-294.
- [12] Casa, D.J., Guskiewicz, K.M., Anderson, S.A., Courson, R.W., Heck, J.F., et al. 2012. National Athletic Trainers' Association Position Statement. Preventing Sudden Death in Sports. *J. Athl. Train.*, 47(1), 96-118.
- [13] www.savvy.si, last time visited on 15. September, 2018.
- [14] Trobec, R., Tomašič, I., Rashkovska, A., Depolli M., Avbelj, V. 2018. *Body sensors and electrocardiography*, SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology.
- [15] Clancy, E.A., Morin, E.L., Merletti, R. 2002. Sampling, noise-reduction and amplitude estimation issues in surface electromyography. *J. Electromyogr. Kinesiol.*, 12(1), 1-16.
- [16] Kania, M., Rix, H., Fereniec, M., Fernandez, H.Z., Janusek, D., Mroczka, T., Stix G., Maniewski, R. 2014. The effect of precordial lead displacement on ECG morphology. *Med. Biol. Eng. Comput.*, 52, 109-119.
- [17] Trobec, R., Avbelj, V., Rashkovska, A. 2014. Multi-functionality of Wireless Body Sensors. *Transac. Int. Res.*, 10(1), 23-27.

Napredni pogovorni svetovalci

Aleš Tavčar
Institut "Jožef Stefan"
Jamova cesta 39,
1000 Ljubljana
ales.tavcar@ijs.si

Matjaž Gams
Institut "Jožef Stefan"
Jamova cesta 39,
1000 Ljubljana
matjaz.gams@ijs.si

POVZETEK

Inteligentni pogovorni svetovalci olajšajo uporabnikom iskanje informacij in komunikacijo z informacijskimi sistemi, saj omogočajo dostop do ogromne količine informacij na semantičnem spletu z uporabo naravnega jezika in s poizvedovanjem po strukturiranih podatkih, glede na uporabniške poizvedbe. Učinkovitost tovrstnih sistemov se je občutno povečala z razvojem semantičnega spleta, ki je v zadnjih letih pripeljal do velike količine podatkov objavljenih na spletu na podlagi povezanih podatkovnih načel, kar olajša avtomatsko obdelavo podatkov. V tem prispevku predstavimo inteligentni sistem, ki je sposoben razumevanja vprašanj uporabnikov in lahko posreduje podatke ter informacije iz obstoječih spletnih servisov ter podatkovnih virov.

Ključne besede

pogovorni svetovalci, procesiranje naravnega jezika, think!EHR

1. UVOD

Eno bolj dinamičnih področij raziskav je danes interakcija med človekom in računalnikom z razvojem inteligentnih sistemov ali aplikacij, ki so sposobni komuniciranja v naravnem jeziku in upravljanja z obširnimi bazami znanj [1]. Take sisteme pogosto imenujemo pogovorni svetovalci ali virtualni agenti. Takšni agenti so sposobni posredovati celovito znanje o določenih domenah, kar olajša dostop do ogromnih količin podatkov, ki obstajajo na svetovnem spletu. Svetovalci so v zadnjih letih postali izredno uporabno orodje, ki uporabnikom omogoča iskanje informacij hitreje in natančneje. Podjetja, kot so Google, Microsoft ali Apple, nudijo splošne pomočnike, ki uporabnikom pomagajo najti restavracije ali trgovine blizu njihove lokacije, upravljati svoj telefon ali nuditi računalniško podprto podporo za programske pakete. V prihodnosti bodo programski paketi in spletne platforme, v določeni obliki, vsebovale pogovorne svetovalce, ki bodo uporabnikom svetovale in pomagale pri uporabi programske rešitve.

Na področju procesiranja naravnega jezika se je v zadnjem času razvilo precej orodij (spletnih storitev), ki omogočajo procesiranje tekstovnega vnosa, določanje namena uporabnika in tudi luščenje vrednosti določenih, v naprej definiranih parametrov. Izmed teh so najbolj poznane DialogFlow [2] in Rasa [3]. Prvi je Googlov sistem, ki deluje v oblaku in uporabniki dostopajo do funkcionalnosti preko REST vmesnika. Rasa pa je odprtokodna rešitev, ki omogoča namestitvev na lastnem strežniškem sistemu.

Kombinacija spletnih ali mobilnih aplikacij, oblaknih sistemov za procesiranje naravnega jezika in zalednih funkcionalnosti, ki omogočajo pridobivanje podatkov iz podatkovnih baz, semantično anotiranih podatkov na spletu ali spletnih platform, omogoča razvoj uporabnih in naprednih aplikacij za komunikacijo z uporabnikom.

V pričujočem prispevku predstavimo sistem za procesiranje vprašanj uporabnikov in naprednega posredovanja informacij. Delovanje pogovornega svetovalca demonstriramo na dveh

domenah. Posredovanje informacij o čakalnih dobah za posamezne posege in poizvedovanje po platformi Think!EHR.

2. ZASNOVA SISTEMA

Splošna arhitektura predlaganega sistema je sestavljena iz štirih glavnih komponent:

- spletnega vmesnika za zajem uporabniških poizvedb,
- pogovornega agenta znotraj sistema DialogFlow,
- zalednega mehanizma, ki procesira zahteve iz DialogFlow agenta,
- univerzalnega vmesnika za dostop do podatkovnih zbirk.

Spletni vmesnik je implementiran v obliki pogovornega okna (angl. chat), kjer se vprašanja in odgovori izmenično prikazujejo (glej Slika 4). Vmesniku so dodani tudi izbirni gumbi, kar olajša uporabniku interakcijo, saj mu ni potrebno pisati in lahko izbere zeleno opcijo (glej Slika 4). Aplikacija je implementirana v html jeziku, z uporabo jquery komponent za dinamično spreminjanje vsebine in prikazovanje kompleksnejših elementov. Zaledni del, ki procesira vnose uporabnika pa je implementiran v spletnem ogrodju Django.

Za učinkovito procesiranje naravnega jezika je bilo uporabljeno orodje DialogFlow. Gre za spletno storitev, ki jo podpira Google in se izvaja na Googlovi oblakni infrastrukturi in omogoča uporabo orodij za procesiranje in razumevanje vprašanj, postavljenih v naravnem jeziku. Vnos, ki se ga želi analizirati se iz zalednega dela posreduje DialogFlow servisu preko ustreznih knjižnic. Za posamezno domensko področje (baza znanja svetovalca) se ustvari agent, ki ga s posredovanjem množice učnih primerov naučimo razločevati med nameni uporabnika. Za vsak namen, ki ga definiramo, vnesemo večje število vprašanj in prepustimo sistemu, da zgradi odločitveni model. Na podoben način je mogoče iz teksta, ki ga uporabnik vnese, izluščiti vrednosti za različne parametre, ki jih predhodno definiramo (datumi, kraji, imena ipd.).

Rezultat procesiranja v DialogFlow agentu je JSON objekt, ki vsebuje klasifikacijo uporabniškega vnosa v enega od definiranih razredov (angl. intents) in seznam morebitnih vrednosti parametrov, ki jih je sistem izluščil. To prejme zaledni del (implementiran v Djangu) in na podlagi procesiranja JSON objekta določi nadaljnji potek. Ta lahko vsebuje že ustrezn odgovor, ki ga sistem nato vrne spletnemu vmesniku in ga prikaže v pogovornem oknu. Mehanizem pa lahko določi, da je potrebno pridobiti odgovor ali podatke iz zunanjih virov ali podatkovnih baz.

Zahtevo se nato pošlje do ustreznega vmesnika, ki je sposoben komunicirati z zunanjim virom znanja. Ta pretvori JSON podatke v zahtevek, ki ga zunanja podatkovna zbirka, aplikacija ali platforma razume. Običajno se generira REST zahtevek.

3. ČAKALNE VRSTE

Definirani inteligentni sistem smo najprej aplicirali na domeno svetovanja o čakalnih vrstah za zdravstvene storitve.

3.1 Implementacija

Aplikacija uporablja generičnega svetovalca, ki smo ga predstavili v prejšnjem razdelku. Ustvariti smo morali DialogFlow agenta in ga naučiti razpoznavati ustrezne zahteve uporabnikov. Iz vprašanj uporabnika agent poskuša pridobiti tri vrste podatkov: poseg, nujnost napotnice in regijo posega. Agentu smo naučili tako, da smo mu podali večje število primerov vprašanj za različne kombinacije parametrov.

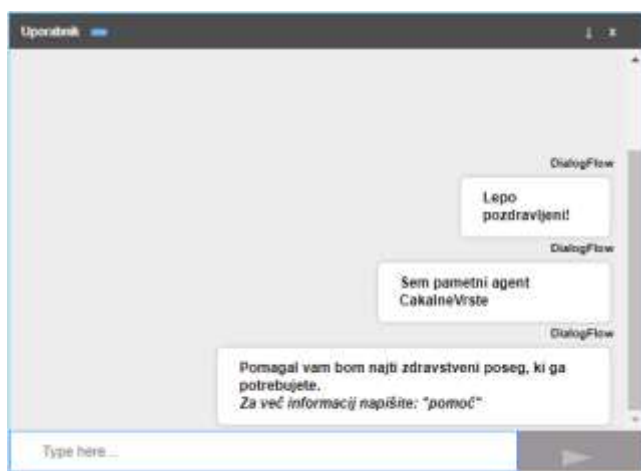
Uporabnik lahko povpraša po posegih na različne načine in v različnih sklonih. Zato smo pri iskanju ustreznih posegov uporabili tudi algoritem za indeksiranje nizov. V primeru, da DialogFlow agent ne najde natančnega zadetka za poseg, se izvede delno iskanje po indeksiranih posegih in metoda vrne seznam posegov, z izračunanimi verjetnostmi. Nekaj najverjetnejših posegov se ponudi uporabniku v izbiro preko izbirnih gumbov.

Primer uporabe sistema je zaporedje vnosov, ki podajo informacijo o čakalnih dobah za določen poseg v določeni regiji. Uporabnik najprej poda poseg za katerega se zanima. Svetovalec nato poskuša pridobiti manjkajoče podatke, ki jih potrebuje za pridobitev informacij o čakalnih dobah. Najprej uporabniku prikaže izbirne gumbе z nujnostjo napotnice. V naslednjem koraku uporabnik izbere regijo, kjer želi izvesti poseg. V primeru, da uporabnik že v osnovnem zahtevku poda vse potrebne informacije, se ta dva koraka izpustijo. Primer takega vprašanja je: »Pod nujno iščem zobarja na štajerskem«.

Podatke o čakalnih dobah pa zaledni del pridobi iz spletnega servisa [4], kamor se pošlje http POST zahtevek, odgovor se procesira in informacije o ustanovah in ustreznih čakalnih dobah shrani v strukturiran JSON objekt.

3.2 Primeri uporabe

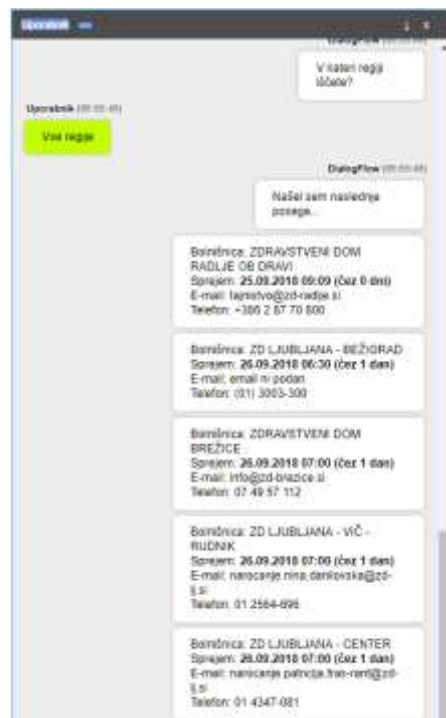
V tej sekciji predstavimo nekaj primerov uporabe aplikacije za posredovanje informacije o čakalnih dobah. Slika 1 prikazuje začetni pogled spletne aplikacije. Ob zagonu vmesnika se prikažejo pozdravni nagovori, kjer se pogovorni svetovalec predstavi in uporabnika obvesti, da z ključno besedo »pomoč« lahko pridobi več informacij in prejme dodatna navodila. Uporabnik vnaša vprašanja in zahteve v spodnje vnosno polje.



Slika 1: Začetni pogled svetovalca za posredovanje informacij o čakalnih vrstah.

Odgovori sistema se prikazujejo na desni strani in so osenčeni s sivo barvo. Vnosi uporabnika pa se prikazujejo na levi strani in so osenčeni s svetlo zeleno barvo. Svetovalec najprej poskuša razbrati iz vnosov uporabnika za kateri zdravstveni poseg se

zanima. To je realizirano s kombiniranjem algoritma za indeksiranje in klasifikacijo z DialogFlow agentom. V primeru, ko svetovalec ni prepričan o posegu, uporabniku vrne množico elementov, za katere je določil najvišjo verjetnost ujemanja. Ti so prikazani v obliki gumbov, katere lahko uporabnik izbere (glej Slika 4).



Slika 2: Prikaz rezultatov poizvedovanja za zobozdravstveni pregled.

V naslednjem koraku uporabnik preko vnosnih gumbov izbere nujnost napotnice in regijo, v kateri želi opraviti poseg. Sistem nato pošlje poizvedovanje na spletni servis za razbrane parametre in pridobi čakalne dobe za različne zdravstvene ustanove. Uporabniku se prikaže 5 ustanov, kjer je čakalna doba najkrajša. Vsaki ustanovi je pripisan naslov in kontaktni podatki. Primer izpisa je prikazan na Sliki 2.

4. THINK!EHR SVETOVALEC

Naslednja domena kjer smo preizkusili pogovornega svetovalca je poizvedovanje po Think!EHR platformi. V tej aplikaciji se mora uporabnik najprej prijaviti. Svetovalec loči med dvema vlogama: zdravnik in pacient. Na podlagi vloge svetovalec posreduje različne tipe in obseg podatkov iz Think!EHR platforme.

4.1 Implementacija

Pri implementaciji aplikacije smo ponovno uporabili generičnega svetovalca, ki smo ga prilagodili glede na specifične domene.

Think!EHR platforma je namenjena zdravstvenim delavcem in vsebuje različne podatke o pacientih: osebni podatki, relacije med pacienti, rezultati analiz ipd. Zdravnik lahko pregleduje zgolj podatke svojih pacientov, določena oseba pa zgolj svoje podatke in meritve. Zaradi te logične razdelitve smo spletnemu vmesniku dodali možnost prijave (glej Slika 3), kjer se lahko prijavijo zdravniki ali pacienti in tako se določi uporabniku vloga. Na podlagi tega se nato uporabniku omogoči različna poizvedovanja in prikaz različnih tipov in obsega podatkov.

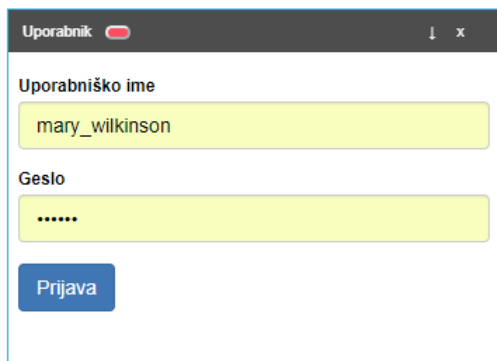
Za pregledovanje meritev smo spletnemu vmesniku dodali grafični prikaz v ozadju pogovornega svetovalca (glej Slika 5). Ta omogoča prikaz poljubnih podatkov v meritvah na preglednejši način.

Na novo smo generirali DialogFlow agenta in ga naučili razpoznavati različne zahteve, ki jih uporabnik lahko posreduje. Agent načeloma lahko iz teksta izlušči imena, različne nazive meritev in datume.

Pridobivanje podatkov pa je realizirano preko REST vmesnika ehrscape platforme [5]. Določene podatke smo lahko pridobili preko osnovnih API klicev, za kompleksnejše poizvedbe pa smo uporabili AQL jezik, ki omogoča poizvedovanje po EHR zapisih.

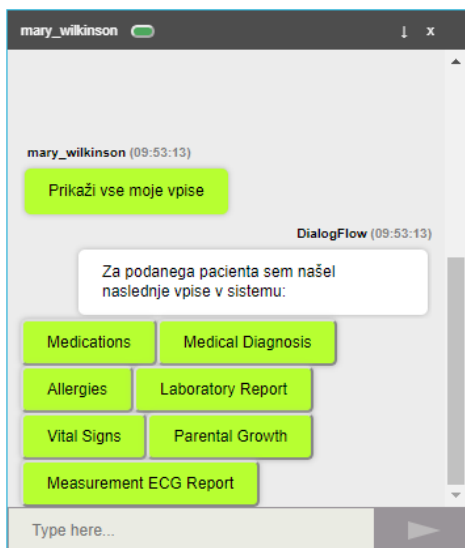
4.2 Primeri uporabe

Pogovornemu svetovalcu je dodano prijavno okno, kjer se mora uporabnik prijaviti, da lahko dostopa do podatkov v platformi (glej Slika 3). S prijavo se uporabniku določi ena od dveh možnih vlog: zdravnik ali pacient. Glede na to se prilagodi funkcionalnosti sistema in nabor možnih poizvedovanj po platformi.



Slika 3: Prijavni obrazec svetovalca. S prijavo se določi vloga in funkcionalnosti.

Uspešno prijavljena oseba (pacient) lahko pregleduje vse svoje zapise, ki so shranjeni v platformi Think!EHR. Slika 4 prikazuje posredovani seznam zapisov, ki so zabeleženi za določeno osebo. S klikom na gumb se izbere posamezno meritev.



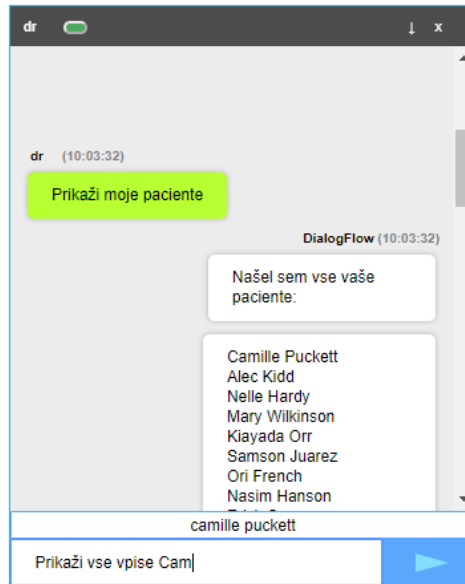
Slika 4: Pregled vseh vrst zapisov v Think!EHR za vlogo pacient.

Posamezni sklopi meritev za izbrani vnos se prikažejo na strani v ozadju (glej Slika 5). Posamezne meritve so časovno urejene in grafično prikazane. Uporabnik lahko poljubno vklaplja ali izklaplja prikaz posameznih meritev znotraj sklopa.

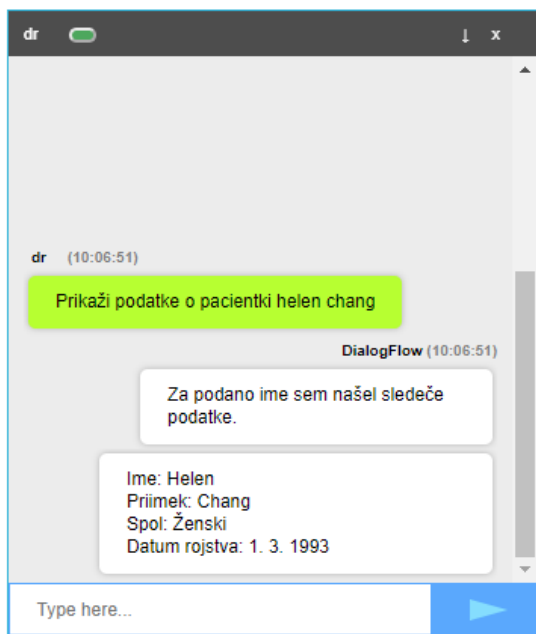


Slika 5: Grafični prikaz posamezne vrste meritev za vlogo pacienta

Druga vloga, ki jo lahko uporabnik zavzame je zdravnik. V tem primeru lahko prijavljeni uporabnik dostopa do seznama svojih pacientov (glej Slika 6) in pregleduje osebne podatke o posameznem pacientu (glej Slika 7). Vnosnemu polju je dodana tudi funkcionalnost iskanja in avtomatske dopolnitve znakovnega niza (angl. autocomplete), ki olajša vnašanje imen pacientov določenega zdravnika. Uporabniški vlogi zdravnik je omogočena polna funkcionalnost sistema in dostop do vseh različnih poizvedb, ki jih platforma podpira. Kot v prejšnjem primeru lahko pridobi osebne podatke o svojih pacientih, išče podatke o sorodstvenih vezeh ter njihove vnesene informacije in pregleduje vse sklope meritev, laboratorijskih izvidov, napotnice, lekarniške recepte, alergije itd. Za posamezne sklope meritve in laboratorijske izvide mu je omogočen grafičen prikaz posameznih komponent v času, kot je prikazano na Sliki 5.



Slika 6: Prikaz vseh pacientov, ki so dodeljeni prijavljenemu zdravniku.



Slika 7: Prikaz podatkov o posameznem pacientu za vlogo zdravnik.

5. ZAKLJUČEK

V pričujočem prispevku smo predstavili koncept splošnega sistema pogovornega svetovalca, ki omogoča komunikacijo v naravnem jeziku in ga je mogoče uporabljati na različnih domenah. Svetovalec lahko uporablja statično bazo znanja v obliki vprašanja–odgovor, ali želene informacije/podatke pridobi iz zunanjih virov. To pa so lahko podatkovne baze, internetni viri, spletni servisi, platforme itd. Sistem je sestavljen iz štirih glavnih komponent. Spletni vmesnik omogoča interakcijo z uporabnikom preko tekstovnega vnosa ali izbirnih gumbov. Sistem za procesiranje naravnega jezika kombinira metode iskanja po indeksiranih tekstovnih nizih in razpoznavanje namena uporabnika z uporabo storitve DialogFlow. Zaledni del

prejema rezultate analize teksta, ki ga uporabnik vnese preko spletnega vmesnika in na podlagi pridobljenih vrednosti parametrov določi ustrezeni vir za pridobivanje zahtevanega podatka. Zadnja komponenta sistema pa je množica vmesnikov za komunikacijo z zunanjimi viri podatkov. Vsi vmesniki prejemajo zahteve iz zalednega dela na enoten način, njihova vloga pa je transformacija splošnega zahtevka v obliko, ki jo razume zunanji servis. V večini primerov gre za definiranje REST zahtevka, ki se nato posreduje ustreznemu cilju.

Sistem smo demonstrirali na dveh domenah. Implementirali smo svetovalca za posredovanje informacij o čakalnih dobah za posamezne posege in za pridobivanje podatkov iz zdravstvene platforme Think!EHR. Predstavili smo primere uporabe za obe aplikaciji in različne vloge uporabnika. Predstavljeni sistem ima velik potencial za integracijo v različne produkte podjetij, saj olajša interakcijo in izboljša uporabniško izkušnjo pri uporabi produkta ali storitve podjetja.

ZAHVALA

Raziskave in razvoj so nastale v okviru programa EkoSMART in so delno sofinancirane s strani Ministrstva za izobraževanje, znanost in šport in Evropske unije iz Evropskega sklada za regionalni razvoj (ESRR).

6. REFERENCE

- [1] Seron, F. J. in Bobed, C. 2016. VOX system: a semantic embodied conversational agent exploiting linked data. *Multimedia Tools and Applications* 75, 1, 381-404.
- [2] <https://dialogflow.com/>, dostop 12.9.2018
- [3] <https://rasa.com/>, dostop 12.9.2018
- [4] <https://cakalnedobe.ezdrav.si/>, dostop 13.9.2018
- [5] <https://www.ehrscape.com/api-explorer.html>, dostop 13.9.2018

The potential of Blockchain technology in health monitoring

Aleksandar Tošić
University of Primorska
Glagoljaška 8, Koper,
Slovenija
InnoRenew CoE
Livade 6, Izola, Slovenija
aleksandar.tosic@upr.si

Michael Burnard
InnoRenew CoE
Livade 6, Izola, Slovenija
University of Primorska
Glagoljaška 8, Koper,
Slovenija
mike.burnard@innorenew.eu

Jernej Vičič
University of Primorska
Glagoljaška 8, Koper,
Slovenija
ISJFR, SRC SASA
Novi Trg 2, Ljubljana, Slovenia
jernej.vicic@upr.si

ABSTRACT

This paper is an overview of available technologies for a practical implementation of a system that would facilitate large scale sensor networks with some unique required features. It outlines some special features and benefits of decentralized systems and explores the possibilities of applying them in building and health monitoring. Arguably, the adoption of Internet of Things systems suffers from a trade-off between privacy, usability and availability. While these systems can solve a variety of problems by acquiring enormous amounts of data, they pose security and privacy concerns. We identify these trade-offs and the unique properties needed to resolve them in an effort to find the most suitable technology for a demonstration implementation.

Categories and Subject Descriptors

C.2.4 [Distributed Systems]: decentralized systems; E.3 [DATA ENCRYPTION]: Public-private key encryption

General Terms

Application

Keywords

DLT, Blockchain, Sensor network, Structural health monitoring

1. INTRODUCTION

Storing and processing data has become very important. Technological advances in hardware have enabled high capacity storage and data processing. In recent years, the ideology of an information society where information becomes a financial instrument has matured substantially in both the private and public sectors. Small and large companies have built business models monetizing information obtained from processing data. The ability to extrapolate a deeper understanding of data has been a focus in academic

research for years. Previously, however, scientists, research institutions and governments have relied solely on a system of self-regulation based on shared ethical principles and generally accepted research practices to ensure integrity in the research process. Due to an increase in provable reports of private and public entities sharing and processing user data without consent, awareness amongst the general public has increased substantially. Regulation has tightened following the data protection movement and increased public awareness, which is reflected by recent developments of the GDPR in Europe and the battle for net neutrality internationally. While these regulatory frameworks are still in their infancy, overcoming the clear barrier of storing and processing data privately and securely must be carried out in a way that does not impact the progress of research and innovation.

Structural health monitoring of buildings is important in damage detection [6], [7] [3] and [4]. More specifically, damage to building components or systems may be observed as changes in materials or the geometrical properties of a system. Additionally, a building's health can be assessed by monitoring and detecting damage over time. It is also important to provide an explanation as to why the damage occurred. With the developments and progress in readily available and affordable sensors, data collection has become more widespread. Storing and processing sensor data in a functioning building can also reveal sensitive and personal information about building users. While this poses a privacy and security risk, it supports an emerging and discovering field of research: discovering behavioral patterns in building usage and user health monitoring. Besides monitoring the user's health, there is a growing need to design and implement smart solutions for buildings, focused on elderly people. These are just examples a few amongst many use cases where storing and processing building and user data can be beneficial.

Logging data-points from a large quantity of sensors and storing it safely is predominately an engineering task. However, exploring architectural patterns and design principles is important to study the security and availability of data. Generally, such systems are implemented as centralized databases handling data integrity and storage, while peripheral devices are connected to the database directly through any medium of digital communication. However, centralized systems inherently represent a single point of failure. Another

downside is that these systems require users to trust a central entity by losing control over their data and transparency. A broader view of these problems lies in the nature of digital information. If digital information is passed to someone, the owner loses control as the information can be copied or altered. In other words, as soon as access is granted, the data can be copied, processed and shared without the user's consent or knowledge. Public-private key encryption techniques solve this but again require users to trust a central authority issuing certificates (certificate authority) and the underlying implementation of software that facilitates the service. Ideally, a system for storing and processing data would be transparent, trustless and could uniquely identify digital information.

Designing a system where data can be safely stored and processed without the possibility of copying or sharing (without consent) is challenging. In this paper we explore the potential of distributed ledger technology (DLT) with a specifically designed architecture that aims to solve the aforementioned problems of centralized systems while still maintaining the same functionality, availability and security.

2. REAL WORLD IMPLEMENTATION

This review and research of existing DLTs is inspired by a project at the InnoRenew CoE. The research institute focuses on sustainable building with renewable materials, human health in the built environment and ICT integration buildings, manufacturing and products. A new building will be constructed to house the InnoRenew CoE staff and research facilities. In addition to its primary function, it is also a demonstration project for sustainable building with wood and it will include various sensors that will give more insight into how materials and components perform, how spaces are used and the overall health and performance of the building. A sensor network of this scale requires careful examination to identify the appropriate technology and implementation constraints. One of the key attributes of sensor networks is to store sensitive data, including user data, while having the ability to process and analyse data for research purposes. The unique properties of DLTs and distributed computing could meet those requirements and at the same time maintain a high level of security, availability and scalability. In chapter 3 we identify the properties required and review existing platforms that would potentially be suitable for real-world implementation.

3. REVIEW

In this chapter we review various existing DLTs that enable storing, analyzing and processing data in a completely trustless way. We structure this chapter so that it provides some background on DLTs. We then explore some important features of Blockchain technology, a type of DLT, describe some of their unique features and explain the functionality they provide to our system [1], [2].

3.1 DLTs and Blockchain

Interest in distributed ledger technology has spiked significantly in recent years. This is mostly due to a few successful implementations. DLTs are systems that maintain a distributed database. In such a system, there is no central entity that administers or controls the state of the network.

The absence of a central server or entity requires a peer-to-peer network of nodes that form a distributed system. In general, each node keeps the current state of the ledger. Any change in the state of the ledger is propagated to all nodes. To ensure replication, a consensus algorithm is needed. The algorithm's properties are predominantly inherited by the specific implementation. However, they in general address the following problems.

- All nodes controlling an instance of the ledger need to come to an agreement on the order of transactions and commit the transactions to the ledger in that order.
- Decide on the state of the ledger when two or more conflicting states are being propagated through the network
- Secure the protocol against deliberate or accidental malicious actors.

One of the most well-known protocols that has addressed those issues is Bitcoin, a type of DLT called a Blockchain. There are now many variations of the protocol experimenting with different consensus algorithms that provide interesting properties. A Blockchain is simply a distributed and decentralized database that has mathematically provable properties addressing the problems mentioned above. These properties make it suitable for maintaining a digital currency or value transfer. The Bitcoin protocol enables participants in the network to transact with one another using Bitcoin as a digital currency. The consensus algorithm, usually referred to as Proof of Work, solves the aforementioned problems. Private-public key encryption is used for security and it has some interesting and unique properties, which we address later. Another successful implementation of a Blockchain is Ethereum, which added support for Smart Contracts (SC). SCs are in essence programs that can be executed in a distributed system. The result of the computation is decided through the consensus protocol. These programs have the ability to send transactions and store data. Lately, most research and innovation related to consensus algorithms and distributed system shifted focus to explore Blockchain technology. Arguably, the interest spiked due to an abundance of investments and business opportunities in this emerging technology. Due to the rapid expansion of DLT, different protocol implementations and use cases, a careful review is needed to choose a suitable platform.

Our review includes DLT systems specifically designed to tackle the Internet of Things (IoT) systems. The desired functionalities required are:

- Storing large amounts of uniquely identifiable data in a trustless way. Successful implementations of DLT such as Bitcoin have the ability to uniquely identify digital data by unique fingerprints. This is achieved through public private key encryption, which has been used for years. However, in a completely trustless distributed and decentralized system such as Bitcoin, this can be achieved without trusting a centralized entity. A Bitcoin must and can be uniquely identified, otherwise participants in the network could create new Bitcoin

by simply copying the digital fingerprint of another. This can be translated to any data which would in turn prevent copying and manipulating data.

- Security is an important issue in centralized systems. Storing sensitive data in a central server inherently creates a single point of failure. A compromised central database can be fatal for any centralized system. Decentralized implementation of DLT can solve this by having all nodes in the system keeping a copy of the current state of the database. In such systems, there is no central entity that malicious actors could attack, instead the whole system must be attacked. This would require malicious actors to convince participants in the network to change the state of the database through consensus. The details of the different types of attack vectors is outside the scope of this paper, but has been studied extensively.
- Data processing is the most important functionality the system must provide. DLT implementations have achieved this by introducing SCs. SCs are computer programs that can be executed by nodes in a distributed system. Through consensus protocols, the network comes to an agreement of what the output of the program is. The output can be included in the ledger. This important feature can facilitate programs that process data without the need for the author to ever access data. Instead, a SC is granted access to the data and writes the output to the ledger.
- Transparency has been an ever growing problem in information systems. Even though some systems claim to be transparent about how and which data they process, policing this is infeasible due to the nature of digital data. A distributed system can provide maximum transparency. All transactions and SCs included in a distributed ledger can be transparent as all nodes keep a copy of the current state of the ledger. Any instance of a ledger can be queried for information about the current state of the system and the entire history of transactions and SC executions (computation results are stored as a transaction).

In the following subsections we review popular existing implementations of DLT and identify subsets of the required properties they provide. We focus on public permissionless Blockchains that at least have a semi-working product. There are many other projects working on DLTs to support smart buildings, health monitoring and sensor networks but are currently not ready for production use.

3.2 IOTA

IOTA is one of the most popular projects aiming to solve problems in IoT and create a machine to machine economy. However, unlike many other DLT implementation, IOTA is not a Blockchain. Consequently, the consensus protocol is somewhat unique. IOTA is implemented as a directed acyclic graph referred to as the Tangle. The construction of the graph is done by having transactions be vertices and edges be confirmations of transactions. In a Tangle, each new, unconfirmed transaction must confirm two other unconfirmed transactions. The confirmation creates an edge

connecting the current transactions with two others [5]. Arguably, the choice of transactions to confirm is very important to prevent transaction starvation and avoid latency. With this data structure, IOTA eliminates the need for miners and special nodes that confirm transactions. We do not go into details about the cryptography and transaction confirmation but one important aspect is that it does not require a lot of resources and can be done by most devices. This enables the IOTA network to process transactions without fees as there is no need to incentivise specially designed nodes to provide security to the network. Additionally, the scalability of the network is ensured as having more transactions on the network consequently means more transactions are confirmed. This makes IOTA the perfect candidate for creating a decentralized sensor network where sensors log data in a form of a transaction. However, IOTA has received some criticism about the possibility of centralizing the network which has not been addressed yet. Another downside is the lack of SCs support, which prevents execution of programs in a distributed and trustless system.

3.3 Ethereum

Ethereum is a unique platform which enables developers to implement their own protocol on top of Ethereum's protocol with the use of Turing-complete SCs. The network is a variation of Bitcoin's network using proof-of-work as to reach consensus [8]. Miners race to solve a problem, which involves guessing the result of a problem with some accuracy. In general the actual problem and the solution is not important. The properties of such problems are. In a proof of work model, the problem being solved has to be hard, while checking if the found solution is correct is trivial. Since the only way to find the result is to check all possibilities in a brute-force manner, finding the result is also proof that a lot of computational power (work) was put into finding the result. Every time such the result is found by a miner, the network checks if the result is correct. If a winning node is found, it gets to include the next block in the chain of blocks. There are a lot of specifics to each implementation of Proof of Work, but in general, the system is secure because trying to cheat it would potentially result in a huge financial loss (electricity and equipment used to mine). Ethereum builds on Bitcoin's idea by adding SC support. The ability for actors within a trustless network to execute programs opens up a world of possibilities which are still being explored. However, due to the Proof of Work based consensus, blocks get added to the network realistically slowly. Additionally, transactions and SC executions are not free, as miners have to be paid a reward for executing them. Hence, large scale sensor networks cannot be built on top of Ethereum due to the financial impact and slow transaction speed. Ethereum plans to update in the coming years, migrating from the PoW consensus to a proof of stake, where instead of mining, validator nodes will validate transactions. To ensure security of the network, validators will have to stake coins, which can be taken from them by the network, should they provably act against the network. Eliminating the need for miners would decrease block-time and allow the network to overcome its current scalability issues.

3.4 VeChain

VeChain is a Blockchain based DLT that digitalizes real assets that can be uniquely identified and tracked. The most

promising application is arguably supply chain management and verifiability of real assets. VeChain also supports authorization based digital assets, which simply means ownership of digital assets (and, consequently, real assets) can be represented. This is done with the help of SCs that link a digital asset to an account. Whoever owns the private key to the account, owns the digital asset. The processing of transactions and execution of SCs is done by delegates. VeChain is built as a delegated proof of stake (DPOS) system where delegates using the network are granted the right to run a node. The consensus algorithm, named Proof of Authority, grants stakeholders the right to run a node if they maintain a minimum balance of VET tokens (VeChain’s native currency) to engage in protocol governance. The network is not completely trustless as users and applications must trust the majority of delegates to act in the favor of the network. In general, this is solved by choosing delegates that would oppose one another rather than work together. The details of SC support are still not known, which makes VeChain unsuitable for real life implementation at the time of writing.

4. CONCLUSION

The paper presents an overview of the existing DLT technologies that could be potentially used as an aggregation platform for personally identifiable data in the context of building monitoring and ambient assisted living. The challenges that we face and try to address with the platform are:

- fault tolerance (the platform should detect faulty sensors),
- security issues detection and prevention,
- data security (platform should act as a safe storage network),
- data anonymity and privacy
- data availability and transparency

Selected technologies will be used in a real-life pilot implementation: the new Innorenew CoE building that will incorporate sensors monitoring building parameters and health parameters of the employees. The pilot represents a true engineering challenge (mounting thousands of specialized and multi-purpose sensors with the accompanying equipment), but the true challenge lies in devising, implementing and testing a platform based on DLT that will address the monitoring and analytical needs as well as the security and privacy concerns. The building is in the last preparation stages and is scheduled to be built in the next year and a half, the sensor network will be partly built into the building so we expect the full implementation of the presented setting to be fully functional in the months following the inauguration of the building.

5. ACKNOWLEDGEMENTS

Authors Tošić and Burnard gratefully acknowledge the European Commission for funding the InnoRenew CoE project (Grant Agreement No. 739574) under the H2020 Widespread-Teaming programme.

6. REFERENCES

- [1] K. Biswas and V. Muthukumarasamy. Securing smart cities using blockchain technology. In *High Performance Computing and Communications; IEEE 14th International Conference on Smart City; IEEE 2nd International Conference on Data Science and Systems (HPCC/SmartCity/DSS), 2016 IEEE 18th International Conference on*, pages 1392–1393. IEEE, 2016.
- [2] A. Dorri, S. S. Kanhere, and R. Jurdak. Towards an optimized blockchain for iot. In *Proceedings of the Second International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation*, pages 173–178. ACM, 2017.
- [3] C. R. Farrar and K. Worden. An introduction to structural health monitoring. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 365(1851):303–315, 2007.
- [4] V. Giurgiutiu. *Structural Health Monitoring with Piezoelectric Wafer Active Sensors: with Piezoelectric Wafer Active Sensors*. Elsevier, 2007.
- [5] B. Kusmierz. The first glance at the simulation of the tangle: discrete model, 2017.
- [6] A. Mita. Emerging needs in japan for health monitoring technologies in civil and building structures. In *Proc. Second International Workshop on Structural Health Monitoring*, pages 56–67, 1999.
- [7] H. Sohn, C. R. Farrar, F. M. Hemez, D. D. Shunk, D. W. Stinemates, B. R. Nadler, and J. J. Czarnecki. A review of structural health monitoring literature: 1996–2001. *Los Alamos National Laboratory, USA*, 2003.
- [8] G. Wood. Ethereum: A secure decentralised generalised transaction ledger. *Ethereum project yellow paper*, 151:1–32, 2014.

Prenos projekta “Asistent IJS” na Python 3.6

Jakob Valič
Institut “Jožef Stefan”
Jamova cesta 39
Ljubljana, Slovenija
jakob.valic@gmail.com

POVZETEK

V prispevku si bomo ogledali, kako smo prenesli kodo projekta “Asistent IJS” (asistent) iz programskega jezika *Python 2.7* v *Python 3.6* in opravili nekaj drugih popravkov. Prenos v novo verzijo je bil potreben zaradi ohranitve tehnične podpore programskemu jeziku.

Ključne besede

asistent, avtomatično odgovarjanje, *Py2to3*

1. UVOD

Asistent je projekt, katerega začetki segajo v leto 2013. Dostop do uporabniškega vmesnika projekta se nahaja na spletni strani <https://www.ijs.si>. Asistent je orodje za izbiro najustreznejšega odgovora na zastavljeno vprašanje v zvezi z Institutom “Jožef Stefan” (IJS). Projekt je podrobno opisan v [1]. Trenutno delujoča različica asistenta je napisana v programskem jeziku *Python 2.7*. Ker je projekt dolgoročne narave, smo se odločili, da opravimo prenos kode projekta na verzijo *Python 3.6*, kateri je zagotovljena nadaljna tehnična podpora.

2. STRUKTURA PROJEKTA

Asistent je spletna aplikacija, razdeljena na jedro in več med seboj neodvisnih modulov. Vsak od modulov je odgovoren za vprašanja z določenega področja ali za določen vidik delovanja asistenta. Navzven je asistent spletni servis, ki prejme vprašanje uporabnika in vrne odgovor. Poleg te osnovne funkcije nudi asistent še uporabniški vmesnik za uporabnike in administratorje.

2.1 Moduli

Glavna uporaba asistenta je, da uporabnik vnese vprašanje in pritisne tipko *Enter*. Ob tem se vsak modul odzove s klicem funkcije, ki poišče najboljši odgovor v modulu in ga doda v izbor vseh odgovorov. Odgovori so sestavljeni iz besedila odgovora, uteži odgovora, morebitne povezave na spletno stran v ozadju, informacije o tem, kateremu modulu pripadajo in morebitne pripadajoče geste asistenta. Utež odgovora je merilo njegove kvalitete. Primeri modulov so:

- modul *static_answer_kb* za statična vprašanja iz baze podatkov (pripona *kb* je okrajšava za ang. *knowledge base*),
- modul *ijs_contacts_kb* za informacije o zaposlenih na IJS,
- modul *slovenia_info_kb* za glavne informacije o Sloveniji,
- modul *dont_know_kb* za nedefinirane odgovore,
- modul *qa* za izbiro najboljšega odgovora izmed vseh odgovorov, ki so jih v izbor dodali ostali moduli.

3. PRENOS PROJEKTA

Prenos kode asistenta na verzijo programskega jezika *Python 3.6* je potreben, ker bo v letu 2020 ukinjena podpora za *Python 2.7*, projekt asistent pa je dolgoročnejši projekt. Naloge smo se lotili s pomočjo knjižnice *Py2to3*, ki pregleda datoteke s kodo in avtomatično vnese popravke. Naštejmo nekaj razlik med verzijama programskega jezika, ki jih knjižnica *Py2to3* upošteva. V *Python 3.6*

- je ukinjena uporaba značke `'u'` za *unicode* nize,
- branje vrednosti slovarja vrne generator namesto seznama,
- imamo drugačno notacijo za prestrzanje napak,
- se je knjižnica *urllib* razdelila na dve knjižnici: *urllib.request* in *urllib.error*.

Med asistentovimi moduli ni neposredne komunikacije, zato smo lahko prenašali vsak modul posebej. Do komentiranih delov kode in blokov kode, ki so bili shranjeni v podatkovnih bazah asistenta, knjižnica *Py2to3* ni imela dostopa, zato smo jih morali prenesti ročno.

4. DRUGE SPREMEMBE

Izkoristili smo priložnost, da uvedemo še nekaj drugih sprememb asistentove kode:

- popravek prijave administratorja,
- dodajanje dokumentacijskih komentarjev,
- pisanje testnih primerov.

5. ZAKLJUČEK

Na projektu asistent ostaja veliko možnosti za stilistično izboljšavo kode in za izboljšanje načina izbire pravega odgovora. Morda je najbolj očitna pomanjkljivost v statičnosti izbire odgovorov. Vzorci za iskanje odgovorov so določeni, izven njih pa asistent nima dobrega odgovora.

Prenesena koda se v času pisanja tega prispevka nahaja v ločenem repozitoriju. V bližnji prihodnosti bo postavljena v produkcijo.

6. REFERENCE

- [1] D. Kužnar, A. Tavčar, in J. Zupančič. Virtual assistant platform. *Informatica*, 40(3):285-289, sep 2016.

Časovna sinhronizacija brezžičnih EKG senzorjev

Andrej Vilhar
Institut »Jožef Stefan«
Jamova 39
1000 Ljubljana
+386 1 477 3132
andrej.vilhar@ijs.si

Matjaž Depolli
Institut »Jožef Stefan«
Jamova 39
1000 Ljubljana
+386 1 477 3135
matjaz.depolti@ijs.si

POVZETEK

V prispevku opišemo in ovrednotimo na Institutu »Jožef Stefan« razvito metodo za sinhronizacijo brezžičnih EKG senzorjev. Sinhronizacija je nujen pogoj, če želimo iz istočasnih meritev več senzorjev, opravljenih na eni osebi, sintetizirati standardni 12-kanalni EKG. Rezultati kažejo, da je metoda uspešna in torej omogoča tovrstno sintezo.

Ključne besede

EKG senzor, sinhronizacija, linearna regresija, 12-kanalni EKG.

1. UVOD

Merjenje EKG signalov se je od začetka 20. stoletja do danes močno razvilo in se je uveljavilo v obliki standardnega 12-kanalnega EKG. Poleg klasičnih stacionarnih večkanalnih EKG sistemov [1] so v uporabi tudi prenosni monitorji (tipični predstavnik je Holterjev monitor), ki že od leta 1960 omogočajo dolgotrajno (okvirno en cel dan) spremljanje EKG [2].

Tehnološki napredek je pozneje omogočil, da so prenosne naprave postale vse manjše in so za snemanje visokokakovostnih EKG signalov uporabljale manjše, a še zadostno število elektrod. Prenos posnetkov lahko poteka preko brezžičnega kanala do vozlišča z dostopom do Interneta. Opisana konfiguracija omogoča zagotavljanje širokega spektra mobilnih zdravstvenih storitev, od spremljanja bolnikov v bolnišnicah [3], oddaljenega spremljanja bolnikov [4][5] in oddaljene medicinske podpore do športa, rekreacije in zabave.

Na Institutu »Jožef Stefan« je bila razvita večfunkcionalna senzorska naprava EKG, ki je del mHealth platforme [6]. Naprava obsega analogni EKG senzor, mikrokontroler in radijski oddajnik Bluetooth Low Energy (BLE). Ima zelo nizko procesorsko zmogljivost in nima zmogljivosti shranjevanja, zaradi česar je majhna in energetske učinkovita. Nosi se jo na prsih, kjer meri EKG in ga v realnem času brezžično pošilja na pametni telefon.

Enostavnost naprave po eni strani omogoča, da je majhna, nemoteča in kot taka lahko nosljiva v vsakodnevnih dejavnostih, po drugi strani pa zaradi svoje enostavnosti prelaga več tehnoloških izzivov na stran pametnega telefona oziroma druge naprave, ki služijo urejanju prejetih podatkov v koherentno meritev. Glavni izziv je celovitost podatkov, ki je lahko ogrožena zaradi netočne ure na strani senzorja, naključnih zakasnitev v prenosu, ki so posledica brezžičnega protokola, in po naših izkušnjah tudi zaradi nihanja urnega takta na pametnem telefonu.

Izziv je potrebno obravnavati že na ravni enega samega EKG senzorja [7]. Naša motivacija pa je, da sistem razvijemo do te stopnje, da pravilno združimo meritve iz več EKG senzorjev, ki merijo srčno aktivnost istega človeka in so priključeni na isti pametni telefon. Cilj takega združevanja je pridobiti zmožnost sinteze klasičnega 12-kanalnega EKG, ki bi bil tako dosegljiv

tudi z vzporedno uporabo več neodvisnih brezžičnih senzorjev hkrati. Motivacija temelji na že predlaganih metodologijah, ki potrjujejo, da je sinteza iz treh vzporednih diferencialnih meritev EKG mogoča [8].

Cilj tega prispevka je na kratko predstaviti novo metodologijo, ki smo jo razvili za doseganje natančne sinhronizacije več EKG signalov, merjenih z brezžičnimi senzorji. Natančna sinhronizacija predstavlja nujen pogoj za uspešno sintezo 12-kanalnega EKG. Čeprav je bila metoda razvita s specifičnim namenom sinhronizacije senzorjev EKG pa deluje v splošnem za vse vrste meritev z visoko vzorčno frekvenco, kjer imajo posamezne merilne naprave samostojne nesinhronizirane ure.

2. SINHRONIZACIJSKI ALGORITEM

Predlagani algoritem poskuša sinhronizirati prejete vzorce tako, da doseže pravilno reprodukcijo časovnih trenutkov, pri katerih so bili vzorci dejansko vzeti. Ura vozlišča, t.j. pametnega telefona, služi kot referenca.

Na vhodu algoritem dobi vzorce, označene s številko števca in časovnim žigom. Števec je monoton naraščajoče število, ki ga vodi senzor. Predpostavljamo, da so števcu pravilni in da so bili predhodno že opravljeni morebitni popravki preliva (angl. overflow), ki so nujni zaradi omejene preciznosti števil, s katerimi števec shranjujemo oziroma prenašamo. Časovne žige zapiše vozlišče v času sprejema na aplikacijskem nivoju (ker se le-to ne zgodi na nivoju gonilnikov, do katerih uporabniške aplikacije nimajo dostopa). Na voljo so torej naslednji podatki: $cnt_sensor(n)$ in $t_hub(n)$ za $n \in [1, N]$, kjer je N število poslanih podatkovnih paketov.

Na izhodu algoritem določi nove, popravljene časovne žige, označene kot $t_new(n)$.

Algoritem se izvaja v štirih korakih:

1. Razčlemba meritev.
2. Linearna regresija s filtriranjem paketov.
3. Odprava nezveznosti.
4. Določitev časa vzorčenja.

Korak 1: Razčlemba meritev. V tem koraku želimo razdeliti meritve v dobre in slabe bloke, kjer imajo slednji težko nadomestljive pomanjkljivosti, kot so večja izguba paketov, daljši premor v prenosu paketov ali močno zapozneli paketi. Vse od naštetih pomanjkljivosti je mogoče prepoznati le z analizo časov prejetih paketov, to je iz daljše časovne razlike med zaporednimi prejetimi paketi.

Druga naloga tega koraka je frekvenčna razčlemba, ki dobre bloke nadalje razdeli na manjše bloke vnaprej določene največje dolžine. Motivacija je izboljšati natančnost ocenjevanja frekvenc

vzorčenja, ki bo potekala v naslednjem koraku, saj lahko le-ta med samo meritvijo opazno niha.

Korak 2. Linearna regresija s filtriranjem paketov. Na vsakem posameznem dobrem bloku opravi algoritem postopek enostavne linearne regresije. Postopek je iterativen in ob vsaki iteraciji je po postopku linearne regresije določena linearna funkcija, ki ima najmanjšo vsoto kvadratnih razlik do pripadajočih vzorcev.

Na koncu vsake ponovitve se izvaja filtriranje paketov. Njegov namen je odstraniti manj zanesljive pakete z veliko zamudo. Vsi paketi, katerih vrednost je nižja od vrednosti določene z regresijsko funkcijo, se odstranijo pred izvedbo naslednjega ponovitvenega koraka.

Po končanem iterativnem procesu določitve linearne funkcije se opravi zadnja naloga tega koraka – določanje začetne vrednosti. Ta je določena glede na vzorec z največjo (pozitivno) napako med preostalimi vzorci. Z drugimi besedami, začetna vrednost je nastavljena po najugodnejšem vzorcu glede na linearno funkcijo. Postopek zagotavlja, da so ocenjeni časovni žigi nižji ali enaki izmerjenim časovnim žigom, saj vemo, da izmerjeni časi ne morejo biti nižji od dejanskega časa vzorčenja.

Korak 3. Odprava nezveznosti. Da bi odpravili nezveznosti med deli funkcije, ki jih lahko med bloki dobimo po 2. koraku, v 3. koraku konsolidiramo meje blokov.

Glede na postopek 2. koraka slabi bloki vedno ležijo le ob dobrih blokih, dobri bloki pa so lahko bodisi zraven dobrih bodisi zraven slabih blokov. Zato je meja med dvema sosednjima blokoma, t.j. zadnjim paketom enega bloka in hkrati prvim paketom drugega bloka, lahko bodisi med dobrim in slabim blokom bodisi med dvema dobrima blokoma.

Konsolidacija poteka tako, da za vse možne primere velja eno od dveh pravil, kot sledi.

- Pravilo 1. Če leva stran nima ocenjenega časa (slab blok), se zadnji točki v njenem območju dodeli vrednost prve točke desnega območja.

- Pravilo 2. Če desna stran nima ocenjenega časa (slab blok), potem se prvi točki v njenem območju dodeli vrednost zadnje točke levega območja.

Če imata obe strani čas ocenjen (dva dobra bloka), se uporablja pravilo 2.

Korak 4. Določitev časa vzorčenja. V zadnjem koraku se ocenjene frekvence vzorčenja, določene na vsakem od signalnih blokov, uporabijo za izračun vzorčnega časa vseh paketov. Za vsak paket je čas vzorčenja določen kot:

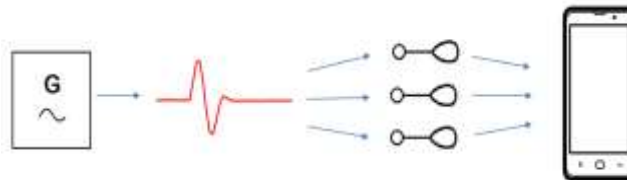
$$t_{new}(n) = \frac{cnt(n) - cnt_0}{f(t)}$$

kjer je $cnt(n)$ vrednost števca za ta paket, medtem ko sta cnt_0 in $f(t)$ začetna vrednost in nagib (smerni koeficient) paketnega bloka.

3. VREDNOTENJE ALGORITMA

Algoritem smo ovrednotili v laboratorijskem okolju z umetnim signalom EKG, generiranim z napravo, izvedeno na razvojnem modulu Arduino. Simulirani signal (stilizirani QRS kompleks iz realnega EKGja) ima obliko, podobno eni periodi sinusnega vala, ki ji sledi enosmerni signal. Opisani vzorec se ponavlja periodično enkrat na sekundo. V eksperimentu uporabljeni senzorji EKG so merili signal s približno frekvenco vzorčenja 125 Hz. Vsi senzorji so povezani z enim samim vozliščem (Android-napravo) prek radijskega protokola Bluetooth LE. Konfiguracija je prikazana na sliki 1.

Vsak od signalov, prejetih na pametnem telefonu, je podvržen procesu sinhronizacije. Rezultat sinhronizacije nato primerjamo medsebojno, glede na absolutne časovne razlike, izračunane z iskanjem vrhov treh signalov in primerjavo njihovih časov. Vrhove signalov poiščemo z uporabo kvadratne interpolacije, kar zmanjša napako algoritma za iskanje vrhov. Dobljeni rezultat je funkcija časa in služi kot metrika za oceno uspešnosti sinhronizacije.

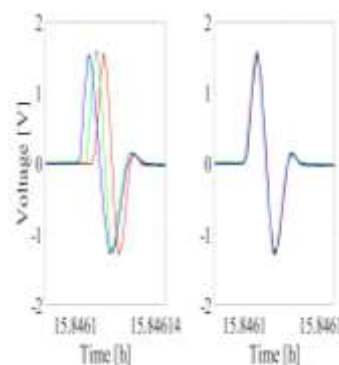


Slika 1. Shema istočasnega merjenja umetnega signala EKG s 3 senzorji.

3.1 Rezultati

Rezultati analize kažejo, da v primeru, ko meritve niso sinhronizirane, povprečna časovna razlika merjenih vrhov znaša 12,7 ms s standardnim odklonom 10,2 ms. Vrednosti se znatno znižajo, ko se uporabi sinhronizacijski algoritem. Srednja vrednost je v tem primeru le 0,49 ms, standardni odklon pa 0,39 ms.

Za ponazoritev so prikazani povprečni primeri izmerjenih generiranih signalov EKG na sliki 2. Časovne razlike med vrhom v nesinhroniziranem primeru so 12,9 ms in 13,3 ms za zeleno-modri in zeleno-rdeči par, medtem ko je zakasnitev med vrhovi za modro-rdeči par 26,2 ms, kar presega napako treh vzorčnih obdobj. Po drugi strani so pari sinhroniziranih signalov vizualno skoraj popolnoma poravnani, njihova časovna razlika je med 0,2 ms in 0,6 ms.



Slika 2. Del generiranega EKG signala, merjenega s tremi senzorji. Levi graf: nesinhroniziran primer. Desni graf: sinhroniziran primer.

4. ZAKLJUČEK

Postopek sinhronizacije brezžičnih senzorjev mora biti sistematičen in mora ustrezno rešiti dve glavni vprašanji, (i) negotovost in zakasnitve na komunikacijskem kanalu ter (ii) nihanje ure (takta) senzorjev in pametnega telefona.

V članku predlagana metoda problem rešuje učinkovito in natančno. Rezultati kažejo na to, da bi s takšno sinhronizacijo zagotovili vse pogoje za potrebe pravilne sinteze 12-kanalnega EKG iz signalov, merjenih vzporedno z več samostojnimi brezžičnimi senzorji.

5. REFERENCE

- [1] Trobec, R. 2003. Computer analysis of multichannel ECG. *Comput. Biol. Med.*, 33, 3, 215–226.

- [2] Janousek, J. 1989. Various systems of long-term ECG (Holter) monitoring in clinical practice. *Cas. Lek. Cesk.*, 128, 14, 429-43.
- [3] Bifulco, P., Cesarelli, M., Fratini, A., Ruffo, M., Pasquariello, G., and Gargiulo, G. 2011. A wearable device for recording of biopotentials and body movements In *Proceedings of the IEEE International Workshop on Medical Measurements and Applications (MeMeA)*, 469–472.
- [4] Pantelopoulos, A. and Bourbakis, N. G. 2010. A Survey on Wearable Sensor-Based Systems for Health Monitoring and Prognosis *IEEE Transaction on Systems*, 40, 1, 1–12.
- [5] Lindén, M. and Björkman, M. 2014. Embedded sensor systems for health - providing the tools in future healthcare *Stud. Health Technol. Inform.* 200, 161–163.
- [6] Depolli, M., Avbelj, V., Trobec, R., Kalisnik, J. M., Korosec, T., Poplas Susic, A., Stanic, U. and Semeja, A. 2016. PCARD platform for mhealth monitoring. *Informatica*. 40, 1, 117–124.
- [7] Vilhar, A. and Depolli, M. 2017. Synchronization of time in wireless ECG measurement. In *Proceedings of the 40th Jubilee International Convention MIPRO* (Opatija, Croatia, May 2017), 311–315.
- [8] Tomašić, I. and Trobec, R. 2014. Electrocardiographic systems with reduced numbers of leadssynthesis of the 12-lead ECG. In *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*. 7, 126–142.

Integration of Oncology Information System with Proton Therapy Software and Think!EHR Platform

M. Vitorovič, Ž. Kroflič, J. Bobnar,
R. Savadkouhi
Cosylab d.d.
Gerbičeva ulica 64
SI-1000 Ljubljana, Slovenia
+386 1 477 66 76
info@cosylab.com

A. Smokvina
Marand d.o.o.
Koprska ulica 100
SI-1000 Ljubljana, Slovenia
+386 1 470 31 00
info@marand.si

ABSTRACT

Proton therapy uses a beam of high-energy protons accelerated in a particle accelerator to treat cancer. Treatment plans are created for each patient individually and are uploaded to the Oncology Information System (OIS). The OIS forwards this information to the Proton Therapy (PT) software system. When the treatment is complete, a treatment report is generated detailing treatment specific information. The PT system uploads this report to the OIS. To connect the OIS to an external platform such as the Think!EHR [2] it is critical for the PT system to be able to communicate with the external API of the platform. This article describes the design of a Oncology Information System simulator and the integration of the Think!EHR platform, into a PT software system using the EHR service software component.

Keywords

oncology information system, proton therapy, DICOM, OIS simulator, Think!EHR, EHR service

1. INTRODUCTION

Cosylab provides system integration and customer-adapted products and solutions covering the complete area of control systems and instrumentation. We specialize in accelerators both for scientific research and particle therapy, especially in the area of Proton Therapy machines.

A complete Proton Therapy software system is composed of a Motion Control System (MCS), a Treatment Control System (TCS) and a System of Safety (SOS). The MCS controls movements of the patient couch, the gantry (for directing the beam to the patient), the X-ray imaging system (for patient scanning) and the translation slides (for inserting patient specific devices). The TCS controls the accelerator that accelerates protons to a certain energy, it checks the delivered dose and manages the data storage that stores patient and machine related data. The SOS controls a set of PLCs (programmable logic controllers) connected to multiple PT hardware components and room sensors. The SOS regularly checks the status of these components and reports issues to the TCS.

2. ONCOLOGY INFORMATION SYSTEM

Cosylab is a partner in the Ekosmart project in the domain of IoT health platforms. We analysed the architecture, data structure and communication standards of an Oncology Information System (OIS) and its integration with a proton therapy system and the

Think!EHR platform. The role of an OIS is to delegate and manage the workflow of a PT system. This is done through task assignments and progress reporting. Within the study of the OIS system architecture we laid out a basic treatment plan with a specified data structure, defined the patient registration procedure and created the final treatment report.

We defined the acquisition, processing and final display of patient data in a graphical interface. The processing and structure of imaging data for medical software is described by the international DICOM standard [1] (Figure 1).

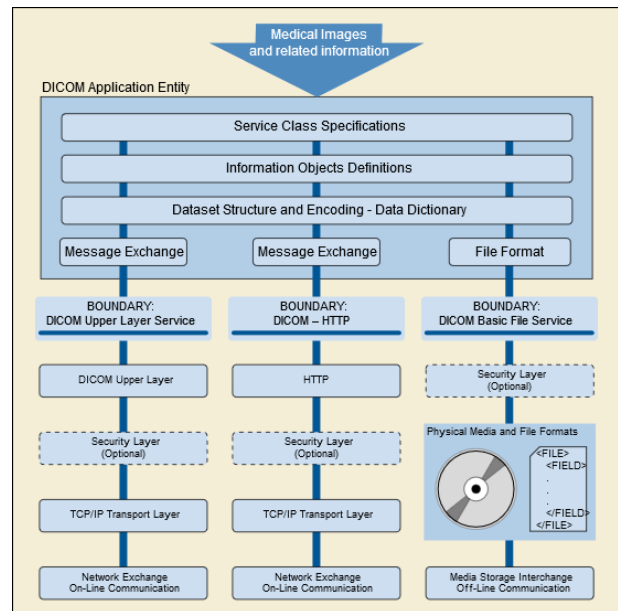


Figure 1: General DICOM communication model [1]

3. OIS SIMULATOR

An important research field in our work is the architectural design of an OIS simulator, which is adaptable and can be used to mimic an OIS system. We laid out the design of OIS simulator (OISSIM) and specified the compliance of the simulator to the DICOM standard. The primary goal of OISSIM is to simulate an OIS that is being used at a hospital and provide a controlled environment where OIS-dependent applications such as the software used in proton treatment can be tested. The client can request a list of tasks, decide to perform one or several of them and report back on

the status of the performed tasks (Figure 2). With such a simulator, proton therapy software can already be tested during its development phase.

OISSIM supported functionalities:

- **worklist retrieval:** an AE can retrieve a worklist, i.e. list of UPSs, by sending a C-FIND request to the simulator. The OIS simulator then processes the request and returns the UPSs specified by the query.
- **claim UPS:** before the AE can perform work on behalf of a UPS it has to claim it, i.e. the AE commits to performing the work specified by the UPS. This is done by sending an N-ACTION request to move the UPS state from “SCHEDULED” to “IN PROGRESS”.
- **update UPS:** the AE can modify the attributes of the UPS by sending an N-SET request with new values.
- **close UPS:** after work on the UPS is completed, the AE has to close the UPS. This is done by sending an N-ACTION request to move the state of the UPS from “IN PROGRESS” to “COMPLETED” or “CANCELED”.

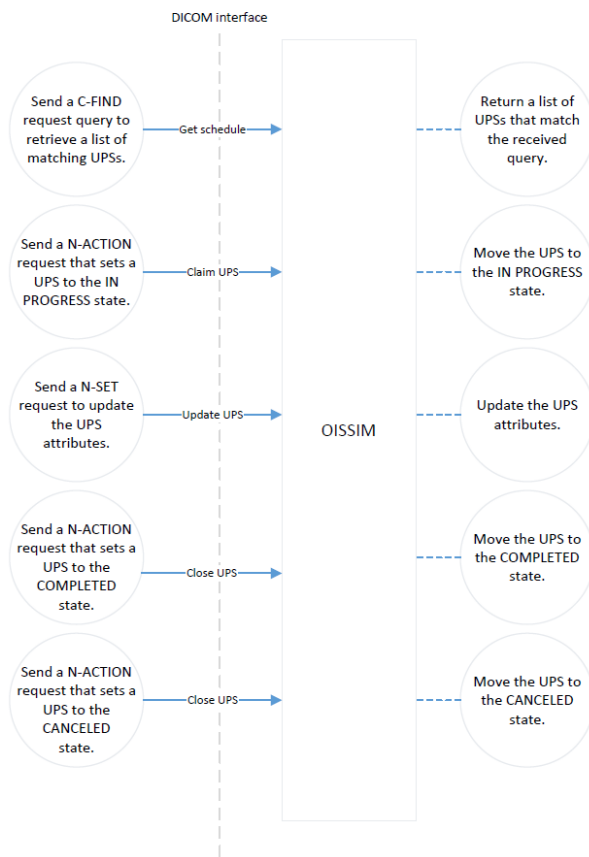


Figure 2: OISSIM application data flow

4. EHR SERVICE

As part of the RRP6 Ekosmart project section (testing and validation of prototypes) we are developing the EHR service component that integrates into a PT software system and is able to

pass data from the proton treatment system to the Think!EHR platform based on the OpenEHR standard. With this component we establish a data flow from the OIS to the Think!EHR platform [2] via a PT software system.

In collaboration with Marand we analysed the data structure and communication protocol of the Think!EHR platform and a specific OpenEHR data model was created to accommodate data generated by the OIS. We analysed the communication standard the platform uses and took this into account in the development of the EHR service. The service reads data from the external control system (ECS), which handles communication between the PT software system and externally connected systems, e.g. the OIS. The Data Distribution Service (DDS) protocol is used in all communication. Once the EHR service connects to the ECS service, algorithms for filtering out patient data are used to retrieve targeted information. We also defined a template data set that should be uploaded to the Think!EHR platform. A basic workflow of the EHR service is shown in Figure 3.

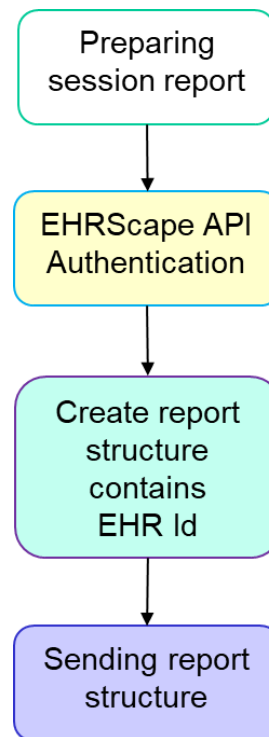


Figure 3: 4-step EHR workflow

5. ACKNOWLEDGMENTS

The work was carried out in the framework of the EkoSmart programme, which is partially financed by the Republic of Slovenia – Ministry of Education, Science and Sport and the European Union – European Regional Development Fund.

6. REFERENCES

- [1] International DICOM standard: <http://dicom.nema.org>
- [2] Think!EHR platform: <http://www.ehrscope.com>

Training of precise movements in 3D or 2D for persons with Parkinson's disease?

Imre Cikajlo
University rehabilitation
institute
Linhartova 51
SI-1000 Ljubljana
+386 1 475 8 150
imre.cikajlo@ir-rs.si

Zlatko Matjačić
University rehabilitation
institute
Linhartova 51
SI-1000 Ljubljana
+386 1 475 8 150
zlatko.matjacic@ir-rs.si

Helena Burger
University rehabilitation
institute
Linhartova 51
SI-1000 Ljubljana
+386 1 475 8 150
helena.burger@ir-rs.si

Karmen Peterlin Potisk
University rehabilitation
institute
Linhartova 51
SI-1000 Ljubljana
+386 1 475 8 150
karmen.potisk@ir-rs.si

ABSTRACT

The 10Cubes for training and assessment of precise movements with upper extremities has been developed for 3D virtual reality. The system comprises of an infrared stereo camera for hand/finger movements detection and a 3D head mounted device.

In the small scale study 13 persons with Parkinson's disease participated. The participants were randomized into 2 groups; one using a laptop and the other using a 3D head mounted device. The 2-week protocol with 10 sessions, each lasting for 30 min revealed that participants improved some functions by clinical means besides the successful game performance. The kinematics of the hand movements and the outcomes of the clinical test Box & blocks improved for both groups.

1. INTRODUCTION

Parkinson's disease (PD) is a progressive degenerative disease of the extrapyramidal system [1]. The disease often affects people at the age between 35 and 60 years. The following disorders can be observed: rigidity of muscles, slowness of movements (bradykinesia), tremor and various abnormal uncontrolled movements (dyskinesia). Physiotherapy at all stages may help to maintain certain level of quality of life without changing the dosage of medicine. However, only some reports support the statements on successfulness of physiotherapy [2] [3].

In the study we hypothesized that persons with PD can improve their fine motor skills using the 10Cubes3D application regardless of the type of the visual equipment.

2. METHODOLOGY

Virtual environment (VE) for pinch and grip was created in Unity3D (Unity Technologies, CA, USA). The dedicated space with simulated grass floor was limited with hidden walls and a model of a treasure box. In the middle of the dedicated space 10 cubes with the same physical model, size, virtual weight, bounce stiffness, material, etc., were placed. The goal of the task was to grab and put all the cubes into the treasure box, one-by-one with the virtual hand. The virtual hand was a VR avatar presentation of the participant's hand that was tracked in real-time by a mini camera (Leap Motion Controller, Leap Motion Inc., CA, USA). The camera tracked hand and fingers position, both required for construction of the 3D VR hand motion (Fig. 1) and the participant can view his/her hand in the VE. We designed an environment for left and right handed participants; the right handed grabbed the cube with the right hand and put it in the box on the left side of the VE and vice-versa for the left handed participants. The software for the assessment and control was written in C# using Leap Motion libraries. We

designed the VE for the use with LCD screen/laptop and with the 3D goggles (Oculus Rift CV1, Oculus VR, LCC, USA).



Figure 1. 10Cubes 3D: What are the advantages of the 3D virtual exergaming for persons with PD at home based physiotherapy or telerehabilitation?

In the study 13 persons with Parkinson's disease were involved (67y, 7y after the first symptoms). The participants were randomized into 2 groups; one using the Oculus Rift 3D (5 males, 2 females) and the other using a laptop (4 males, 2 females). The study was approved by local ethics committee and all participants gave a written consent. We examined the kinematics of the hand movement [4] and the changes in the clinical test Box & blocks.

3. RESULTS

The participants demonstrated higher score at Box & Blocks clinical test in both groups (4/2, 4/3):

BBT	affected	non-affected
LCD	4/2/0	5/1/0
3D	4/3/0	4/1/2

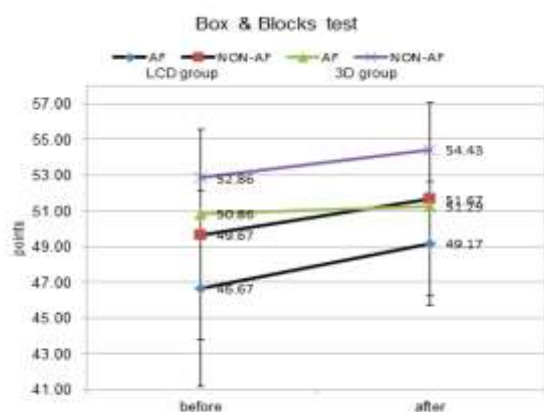


Figure 2. The mean Box & blocks score improved (more boxes collected, more points) for both groups of participants for affected and non-affected hand.

The kinematic analysis demonstrated that the laptop group gradually performed faster, more efficient (inserted more cubes) with less tremor after the training and the 3D group was indeed more successful in speed performance and efficiency, but with significantly more attempts and higher tremor.

4. DISCUSSION

In the preliminary study with only few participants with Parkinson's disease we cannot confirm any major differences between the two applied approaches. Both groups performed well, improved their functional pick and place tasks in the virtual environment and in the real environment as demonstrated by the clinical test. During the task we recorded several unsuccessful trials like misplacement of the cube, cubes falling out of the hand, causing tremendous hand tremor and other measurable components supported by literature [6].

Even if we did not confirm the superiority of the 3D technology over 2D, we would assume that the virtual cube game has enormously increased motivation and thus the participation of the subjects. The motivation of the participant can play an important role [6].

5. ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to acknowledge the financial support to the Republic of Slovenia and the European Union under the European Regional Development Fund (EkoSMART) and Slovenian Research Agency (project MIO-A J2-7357, program P2-0228).

6. REFERENCES

- [1] Melnik M.E. 1995. Basal ganglija disorders. In: *Umphred DA ed. Neurological rehabilitation. 3rd ed.* St. Louis: Mosby, 606-636
- [2] Clarke CE, Patel S, Ives N, Rick CE, Dowling F, Woolley R, et al. Physiotherapy and Occupational Therapy vs No Therapy in Mild to Moderate Parkinson Disease. *JAMA Neurol* [Internet]. 2016 Mar;73(3):291. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26785394>
- [3] Cikajlo I, Hukić A, Dolinšek I, Zajc D, Vesel M, Krizmanič T, et al. Can telerehabilitation games lead to functional improvement of upper extremities in individuals with Parkinson's disease? *Int J Rehabil Res* [Internet]. 2018 May [cited 2018 Sep 26];41(3):1. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29757774>
- [4] Barry G., Galna B. and Rochester L. 2014. The Role of Exergaming in Parkinson's Disease Rehabilitation: A+A Systematic Review of the Evidence. *J Neuroeng Rehabil.* 7, 11- 33.
- [5] Fisher A.G. 2003. *Assessment of Motor and Process Skills: Volume I – Development, Standardization, and Administration Manual Fifth Edition.* Three Star Press, Inc.-Fort Collins, Colorado USA
- [6] Goršič M, Cikajlo I, Novak D. Competitive and cooperative arm rehabilitation games played by a patient and unimpaired person: Effects on motivation and exercise intensity. *J Neuroeng Rehabil* [Internet]. 2017 Dec 23 [cited 2017 Apr 11];14(1):submitted for publication. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28330504>

Forecasting the physical fitness and all-cause mortality based of schoolchildren’s fitness measurements

Matej Cigale
Jožef Stefan Institute
Jamova cesta 39
Ljubljana, Slovenija
matej.cigale@ijs.si

Anton Gradišek
Jožef Stefan Institute
Jamova cesta 39
Ljubljana, Slovenija
anton.gradisek@ijs.si

Miha Mlakar
Jožef Stefan Institute
Jamova cesta 39
Ljubljana, Slovenija
miha.mlakar@ijs.si

Mitja Luštrek
Jožef Stefan Institute
Jamova cesta 39
Ljubljana, Slovenija
mitja.lustrek@ijs.si

ABSTRACT

The focus of medicine is steadily shifting from curing the sick to preventive measures. In order to assist the policy makers in making the right decisions that would lead to a healthier population, there is an increasing need to develop models that can forecast the state of the population in the future, check what measures are effective and what policies synchronize. In order to track these changes, predict the state of the population in the future, and thus make informed decisions, the CrowdHEALTH platform is developed. The SLOfit use case takes the information collected from a large population of school children and aggregates this to provide information on the future health of the population that is just now finishing school.

Keywords

obesity, fitness, exercise, machine learning

1. INTRODUCTION

The focus of medicine is steadily shifting from curing the sick to preventive measures[8]. With people’s growing desire to increase their lifespan and health, there is an ever greater push for the policy makers to provide ways for people to increase or maintain their fitness. In order to forecast what the population health will be in the years to come, research looks to the machine learning algorithms that can generate models predicting the trends in specific populations. The focus of the CrowdHEALTH (CH) project is to gather this kind of information in a consistent way across multiple data sources and generate models that can be used to predict what the effects of implementing health policies will be on a population.

SLOfit is a large study on physical fitness that includes data collected from Slovenian schoolchildren for over 40 years, and is used to chart global health trends in the population. This data set was used as the basis for our modeling so that we could predict the state of the population in the future (when they are grown) and calculate what the associated risks for mortality will be in the future. In the course of the project we investigated several models that can be used to predict the state of the population and, as expected, the

prediction of fitness for children based on previous years is quite hard. Several approaches were evaluated, but at this time linear regression seems to provide the best results, although research on creating better models is still ongoing. Since data on the health risks for the subjects in the SLOfit dataset is not available, we use risk calculation based on the literature to calculate general mortality models based on certain fitness indicators. As the data stored in the system and its applications is complex, the standard used must enable flexible storage of information. The CH infrastructure uses Fast Healthcare Interoperability Resources (FHIR) [3] as the standard for data storage, meaning that all data can be queried in a similar manner, and if the appropriate information is available, compared and forecasts generated.

The rest of the paper is organized as follows. Section 2 provides an overview of the SLOfit data set. Section 3 provides the information on the architecture of the Forecasting Analytical tool and places it in the context of the CH system. Section 4 discusses the forecasting algorithm. Section 5 provides the outline of the Risk assessment and finally Section 6 discusses the results.

2. SLOFIT DATASET

SLOfit is a massive cohort study of physical fitness of Slovenian schoolchildren. Every April, almost all elementary and high school students undergo measurements of 3 anthropometric tests (height, weight, triceps skinfold) and 8 motoric tests, aimed at monitoring different components of physical fitness (such as cardiorespiratory fitness, muscular fitness, explosivity, agility, coordination, etc.) The SLOfit study has been ongoing on the national level since 1987 and serves as the scientific backbone for most of policies related to physical education in schools and enhancing of physical fitness in schoolchildren. To date, the SLOfit database includes over 7 million sets of measurements for over 1 million children, being one of the largest cross-sectional and cohort databases of physical and motor development in the world.

In our study on forecasting of physical fitness, a subset of the SLOfit data was used, encompassing the data from approximately 2000 children from the age of 6 to 18. In the analysis,

the data was anonymized, retaining only the municipality-level data in order to be able to create policies on regional level. When assessing risks, we focus on a subset of SLOfit parameters that are directly connected to the risks we are interested in. Height and weight are used to calculate the body-mass-index (BMI), which is used to determine whether a person is overweight (obesity) or underweight. 30 s sit-up results are used as a proxy for muscular fitness (MF), while the 600 m run results are indicative of cardiorespiratory fitness (CRF). In the risk analysis, we are currently focusing on all-case early mortality risks while risks for developing cardiovascular diseases (CVD) or diabetes are planned to be looked at in future.

3. ARCHITECTURE OVERVIEW

The data in the CH project is stored following an extension of the FHIR standard, where each measurement is stored as an observation that includes all the meta-data of the measurement, such as when it was taken, by whom, what are the units of the measurement, etc. The current architecture of the CH system is demonstrated in Figure 1. This enables the overall system to be extended in the future with custom tools.

The data is stored in LeanXscale (LXC) [1], a flexible, ultra-scalable database with analytical capabilities. In order that the information of different types can be stored, a specialized schema was developed. The part that is pertinent to our work was the addition of a new Person class - Student, to differentiate it from Patient that is the general subject in FHIR. Additionally, the metadata for schools, municipalities and regions were added. The 11 standard anthropometric and motoric tests were also codified in the system so that they can be easily accessed. In order to speed up the queries, the Forecasting module we developed includes a small internal database that caches the data. This is facilitated by SQLite with schema that mimics the data stored in LXC system - i.e., the region, municipality, school, student and observation classes that include most of the data stored in the LXC system. This provides faster look-up times and simplifies some filtering, as SQLite can be tightly coupled with the Django service.

Django is a framework that enables the creation of web APIs in Python. It consists of three main parts. Django Models are mapped directly to supported databases, allowing for fast and efficient filtering and querying of the system. The developer can specify the DB schema and provide rules to check if the values are correct, serialize the data and link the tables in several ways. Django Models are specification that maps directly to the DB schema, that the Framework actually creates for itself, and also handles creation of queries to the system. The Django Views are where the processing of the data happens. Each request can be handled here and responded to accordingly. Django Templates are the presentation layer of the system, but are not used in the current implementation as this is handled by outside systems.

4. FORECASTING

The task of the forecasting algorithm is to predict a particular SLOfit parameter (height, weight, sit-ups, 600 m run) at the age of 18, based on the data from previous years and knowing the general population trends.

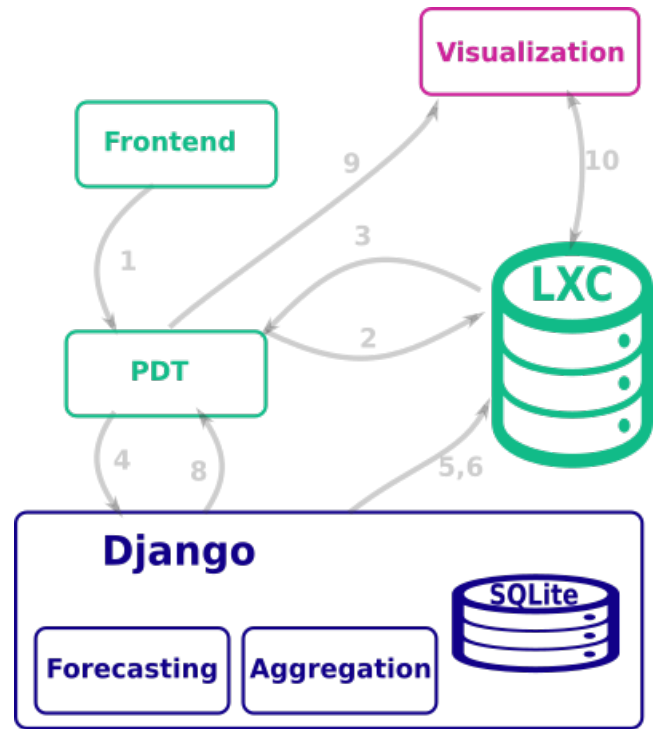


Figure 1: The architecture and flow of the application.

As the starting point, we defined two baseline forecasting approaches. The first one, called baseline percentiles, uses the percentile method: if an individual is in the n -th percentile at the age of 13, we assume he would be in the same percentile at the age of 18. The second baseline model, called baseline average growth, uses the current value and adds the average growth values for each year until the age of 18.

More advanced approaches use machine learning. To improve the prediction accuracy, we generated additional features, such as average, maximum and minimum year growth, standard deviations, data percentiles and peak height velocity - PHV (the year with the maximum growth). Since PHV was not notated in data, we had to estimate it. We manually annotated it for the small amount of children and then trained a prediction model for PHV on this data. We used this model to predict PHV on all other data. These predictions are not 100 % accurate, but this information as an input for predicting e.g. height improves predictions as will be seen in the results.

Next, we built a model for each year up to which we have available data. For example, the model for the age of 13 takes the measurements from ages 6 to 13 and forecasts the value at the age of 18. Since we have data from 6 to 18 years, we build 12 models for each SLOfit parameter.

Additionally, we enriched each SLOfit parameter data with additional data from another parameter. For predicting the height, we also used weight, for predicting weight, we also used height, for predicting sit-ups we also used results from the 600 m run, and when predicting the 600 m run, we also

used data from the 60 m run.

Several machine-learning algorithms were tested on the data set of 2000 children introduced in Section 2. To evaluate and compared them, the average absolute error was calculated for each years' predictions and then the average error over all the years. This average error over all the years for predicting the height is presented in Table 1.

Table 1: Comparing algorithms when predicting height.

Method	Average error [mm]
Baseline percentiles	36.0
Baseline average growth	34.3
Linear regression	27.5
Decision tree	38.9
Logistic regression	41.2
SVM	52.3

As we see, the best results were obtained using a linear regression model. Very similar results were obtained also when predicting other SLOfit parameters. The average errors for each year for linear regression and baseline models are shown in Figures 2–5. We see that predicting the values at the age of 18 is a hard problem, so the errors start to decline just a few years before this age.

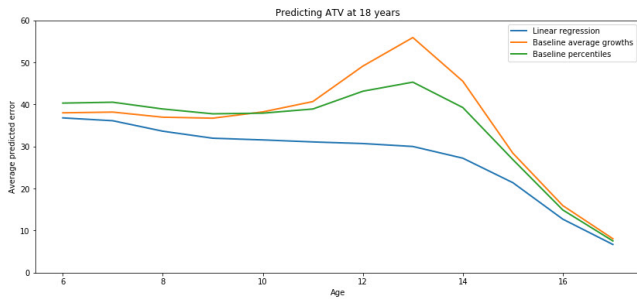


Figure 2: Prediction error for each year when predicting height at the age of 18.

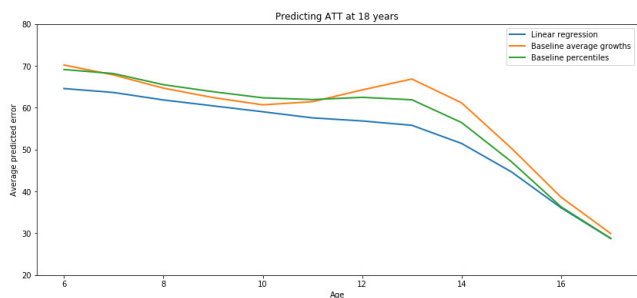


Figure 3: Prediction error for each year when predicting weight at the age of 18.

4.1 Forecasting the population based on collected measurements

Forecasting of SLOfit parameters takes place at the level of an individual. The available measurements of a person are

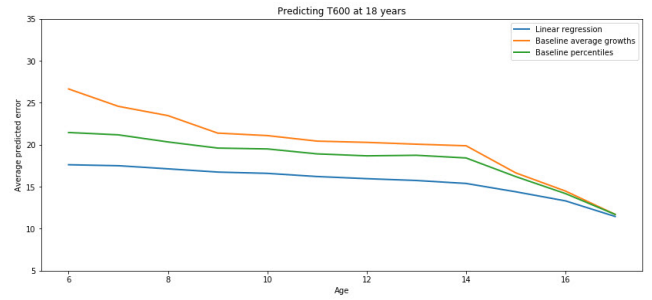


Figure 4: Prediction error for each year when predicting time running 600 meters at the age of 18.

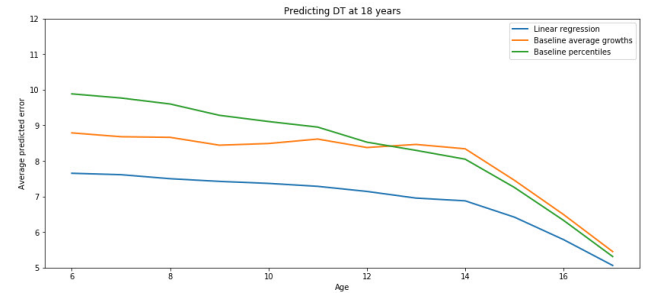


Figure 5: Prediction error for each year when predicting sit-ups at the age of 18.

taken from the database and using an appropriate model, predictions at the age of 18 – we assume the person will be fully developed by this age – are generated. Models are generated for each SLOfit parameter and as such need to be run separately for each prediction we want to generate.

As the overall goal of the system is to generate the predictions for a group of people, not just for an individual, the result should be a cross-section of the population based on a filter that is applied. The filter is usually the mean for the population, but other options are also available, for instance quartiles or median. The system automatically takes the information for the available children based on the region where they are from, and generates forecasts for each child. This can require the system to generate multiple forecasts for each individual, for instance height and weight if the desired outcome of the analysis is the BMI. Due to the nature of the system the result of this operation is stored in the database and must be retrieved from there. The aggregator then takes this information and generates reports that can be visualized by the CH systems.

5. RISK ASSESSMENT

In order to assess the risks for mortality, a stochastic model was generated that describes how BMI, CRF (approximated by 600 m run) and MF (approximated by sit-ups in 30 s) influence mortality. The influence is based on several published studies [2, 4, 5, 7] that relate fitness indicators to all-cause mortality. Table 4 shows how less-than-ideal values of different parameters increase the probability of mortality [6]. In the case of BMI, it is not surprising that this happens if the individual is overweight. But low BMI is also a risk as it signals other difficulties of the person. The risk for obese

Table 2: The risk increases for certain calculated metrics.

BMI (kg/m ²)	15-18.5	18.5-20	20-22.5	22.5-25	25-27.5
Risk increase(%)	82	44	2	ref.	7
BMI (kg/m ²)	27.5-30	30-35	35-40	40-60	
Risk increase(%)	27	66	166	335	
CRF (600m run)	Q1 (high)	Q2	Q3	Q4	Q5 (low)
Risk increase (%)	ref.	28	59	78	85
MF (30s sit-u ps)	Q1 (high)	Q2	Q3	Q4 (low)	
Risk increase (%)	ref.	61	32	172	

people rises quite drastically, since increased weight prevents a person from exercising, further decreasing fitness and increasing the risk for comorbidities of physical or psychological nature. Low CRF and MF have similar consequences, increasing the risk to one’s health. While these factors are certainly correlated there is at this time no quantitative data to what extent the correlation should be taken into account. There is also no concrete information how fitness at the end of schooling predicts the fitness of individuals during the rest of their life, as they can at any time decide to change their lifestyle. However, since the change can be for the better or worse, we assume it stays the same, which is probably not far from the truth for the whole population.

6. CONCLUSIONS AND FURTHER WORK

Predicting the state of the population and the associated risks for them in the future is an important goal if we want to provide good advice to individuals and people that are directly or indirectly given charge over them. While children are the focus of the current work, the implications are broader. The same approaches could be used on the adult population, predicting their physical fitness and assessing their risks during their lifetime.

In the future work of the project we plan to increase the predictive power of the models by using more data and more advanced machine-learning methods. Risk assessment will be augmented by additional studies from the literature. We would also like to base it on our own data, but it is doubtful we will be able to obtain appropriate data, since most schoolchildren in the SLOfit dataset do not yet suffer from many serious health problems, and relating their fitness with medical data is problematic for privacy reasons.

Perhaps the greater advancement will be achieved by modeling the impact of various health policies and interventions – for instance, what happens if an additional hour of physical education is instituted at a school.

7. ACKNOWLEDGMENTS

Funding: This work was supported by the European Union’s Horizon 2020 research and innovation program [grant agreement No 727560 (CrowdHEALTH)].

8. ADDITIONAL AUTHORS

Additional authors: Maroje Sorić (Faculty of Sports, University of Ljubljana, email: Maroje.Soric@fsp.uni-lj.si) and Gregor Starc (Faculty of Sports, University of Ljubljana, email: Gregor.Starc@fsp.uni-lj.si) and Bojan Leskovšek (Faculty of Sports, University of Ljubljana,

email: Bojan.Leskosek@fsp.uni-lj.si) and Gregor Jurak (Faculty of Sports, University of Ljubljana, email: Gregor.Jurak@fsp.uni-lj.si).

9. REFERENCES

- [1] A. Azqueta-Alzuaz, M. Patino-Martinez, I. Brondino, and R. Jimenez-Peris. Massive data load on distributed database systems over HBase. *Proceedings - 2017 17th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing, CCGRID 2017*, pages 776–779, 2017.
- [2] C. E. Barlow, L. F. DeFina, N. B. Radford, J. D. Berry, K. H. Cooper, W. L. Haskell, L. W. Jones, and S. G. Lakoski. Cardiorespiratory fitness and long-term survival in "low-risk" adults. *Journal of the American Heart Association*, 1(4):e001354, 2012.
- [3] D. Bender and K. Sartipi. H17 fhir: An agile and restful approach to healthcare information exchange. In *Computer-Based Medical Systems (CBMS), 2013 IEEE 26th International Symposium on*, pages 326–331. IEEE, 2013.
- [4] N. R. F. Collaboration et al. Trends in adult body-mass index in 200 countries from 1975 to 2014: a pooled analysis of 1698 population-based measurement studies with 19· 2 million participants. *The Lancet*, 387(10026):1377–1396, 2016.
- [5] E. Di Angelantonio, S. N. Bhupathiraju, D. Wormser, P. Gao, S. Kaptoge, A. B. de Gonzalez, B. J. Cairns, R. Huxley, C. L. Jackson, G. Joshy, et al. Body-mass index and all-cause mortality: individual-participant-data meta-analysis of 239 prospective studies in four continents. *The Lancet*, 388(10046):776–786, 2016.
- [6] A. Gradišek, M. Mlakar, M. Cigale, L. Lajovic, M. Luštrek, M. Sorić, G. Starc, B. Leskošek, and G. Jurak. Physical Fitness Forecasting and Risk Estimation in Slovenian Schoolchildren. *Studies in health technology and informatics*, 251:125–128, 2018.
- [7] P. T. Katzmarzyk and C. L. Craig. Musculoskeletal fitness and risk of mortality. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(5):740–744, 2002.
- [8] G. Miller, C. Roehrig, P. Hughes-Cromwick, and C. Lake. Quantifying national spending on wellness and prevention. In *Beyond Health Insurance: Public Policy to Improve Health*, pages 1–24. Emerald Group Publishing Limited, 2008.

Zapestnica za pomoč starejšim

Tomaž Kompara
Elgoline d.o.o.
Podskrajnik 34
1380 Cerknica
Slovenija
tomaz.kompara@elgoline.si

POVZETEK

Da bi starejšim približali sodobno tehnologijo je to potrebno, prilagoditi njihovim potrebam in željam ter jo narediti intuitivno za uporabo. Intuitivnost uporabe lahko dosežemo tako, da uporabnik ne potrebuje nobene dodatne akcije za izvedbo novih funkcionalnosti. Primer takšne funkcionalnosti je detekcija padcev, pri čemer uporabnik ne potrebuje ročno prožiti alarma, ampak se ta samodejno proži ob padcu. Kljub enostavnosti uporabe pa je potrebno zagotoviti, da bo zapestnica vedno na zapestju, s čimer omogočimo večjo varnost uporabnika. V tem delu so predstavljeni rezultati testov in analiz.

Ključne besede

detekcija padcev, zapestnica, starejši

1. UVOD

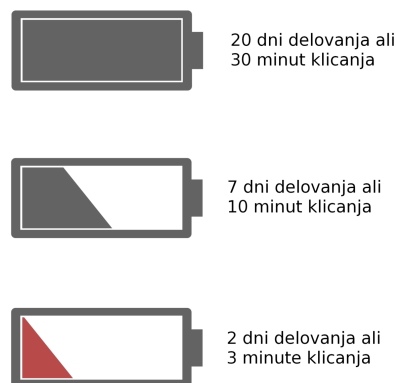
Da bo razvita zapestnica primerna za končne uporabnike, mora izpolnjevati uporabnikova pričakovanja, saj lahko v nasprotnem primeru določena pomanjkljivost privede do slabe uporabniške izkušnje in posledično do neuporabe zapestnice ter nezadovoljstva uporabnika. Da bi dosegli čim boljše uporabniško izkušnjo, smo izvedli raziskave na področjih, kot so: avtonomija, polnjenje, ohišje, detekcija padcev in lokalizacija. V nadaljevanju so predstavljene ugotovitve raziskav.

2. ANALIZE

Analize so bile izvedene s pomočjo intervjujev 10 ljudi povprečne starosti 63 let, pri čemer nekateri samostojno prebivajo v lastnih domovih, drugi prebivajo skupaj z družino ali v varovanih domovih. V nadaljevanju so predstavljeni rezultati analiz.

2.1 Avtonomija

Zaradi narave naprave je potrebno v napravi ohraniti dovolj energije, da je ob klicu na pomoč mogoče izvesti klic ter omogočiti vsaj 5-minutni pogovor z klicanim. V nasprotnem primeru se lahko zgodi, da klica ni mogoče izvesti, zaradi česar v času, ko je akumulator skoraj prazen, uporabnik ni varovan, čeprav se tega morda ne zaveda. V analizi smo želeli izvedeti, kolikšna je minimalna oz. željena avtonomnost naprave, v kateri je uporabnik varovan. Mnenja vprašanih so se precej razlikovala, in sicer od enega tedna do enega meseca. Čim daljša avtonomija za uporabnika pomeni manj skrbi in več svobode, medtem ko krajša avtonomija pomeni dodatno nalogo, ki jo lahko pozabijo. Nekateri (40%) so polnjenje povezovali tudi z mobilnim telefonom, za katerega pravijo, da ga velikokrat pozabijo napolniti.



Slika 1: Razpoložljivost baterije.

2.2 Polnjenje

Vprašanim smo predstavili dva načina polnjenja: žično in brezžično. Vsi uporabniki so bili že seznanjeni z žičnim polnjenjem, medtem ko so le nekateri (20%) poznali brezžično polnjenje. Vsi vprašani so bili mnenja, da je brezžično polnjenje enostavnejše in uporabniku bolj prijazno, medtem ko je žično polnjenje lahko zelo zahtevno za starejše. Težave, ki so jih navedli pri žičnem polnjenju je majhnost in krhkost priključkov, ki jih je težko videti, kaj šele pravilno priključiti. Pri brezžičnem polnjenju uporabniki niso imeli težav, čeprav jo je večina vprašanih prvič videla. Nekateri (20%) bi bili pripravljene tudi pogosteje polniti zapestnico, ki bi omogočala brezžično polnjenje.



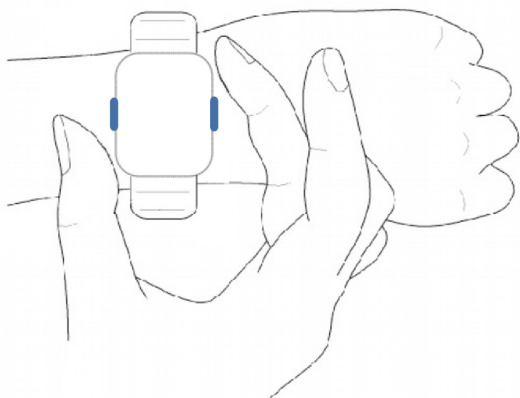
Slika 2: Primeri brezžičnega polnjenja.

2.3 Ohišje

Ohišje naprave je lahko velikokrat ključni faktor nakupa posamezne naprave, pri čemer ni pomembna le oblika, temveč tudi funkcionalnost ohišja [1]. Po vprašanju kakšno ohišje bi si želeli, so nekateri odgovorili, da bi bilo enako uri, ki jo nosijo, drugi so želeli čim manjšo in takšno, ki ne bo preveč v oči. Več kot polovica vprašanih (60%) bi imela rajši zappestnico, ki ima tudi ekran z uro ali celo uro z kazalci. So se pa skoraj vsi vprašani (90%) strinjali s tem, da je zelo dobro, če bi bila zappestnica vodoodporna, s čimer jim ne bi bilo potrebno skrbeti, kdaj jo nosijo ter je poleg tega ne bi mogli pozabiti namestiti na roko.

2.4 Ročno proženje alarma

Razvita zappestnica omogoča klic na pomoč ob kliku na gumb (na trgu obstajajo podobni produkti [2, 3, 4, 5, 6]), kar omogoča uporabniku, da je vedno varovan in lahko pomoč hitro in enostavno pokliče, ne glede na situacijo. Vprašani so se strinjali, da je to uporabna funkcionalnost ter bi jo vsi uporabljali. Udeležene v intervjuju smo povprašali po dogodkih, ob katerih bi to funkcionalnost uporabili in ali se jim je kdaj pripetilo, da pomoči ne bi mogli sami poklicati s pomočjo zappestnice. Navedli so nekaj primerov, v katerih bi bilo klicanje na pomoč oteženo oz. zakasnjeno (npr. ukleščena roka pod telesom, šok zaradi padca, izguba zavesti), v nekaterih okoliščinah mogoče celo nemogoče (npr. možganska kap).



Slika 3: Ročno proženje alarma.

2.5 Detekcija padcev

Pomembna funkcionalnost zappestnice je samodejna detekcija padcev. Želeli smo izvedeti, ali je ta funkcionalnost zanimiva za potencialne uporabnike. Vsi vprašani so bili mnenja, da je to zelo uporabna funkcija. V nadaljevanju smo želeli ugotoviti, koliko udobja so uporabniki pripravljeni žrtvovati za to funkcionalnost. Tukaj so se mnenja uporabnikov zelo razlikovala. Nekaterim (30%) ne bi bilo moteče, če bi detekcija enkrat na dan napačno zaznala padec, v kolikor bi v primeru pravega padca ta bil pravilno zaznan. Drugi vprašani (70%) bi želeli bolj natančen algoritem, drugače te funkcionalnosti najverjetneje ne bi uporabljali.

2.6 Lokalizacija

Potencialne uporabnike smo spraševali, ali so pripravljeni deliti svojo lokacijo za namene hitrejšega posredovanja v primeru klica na pomoč. Vsi vprašani so bili istega mnenja, da



Slika 4: Samodejna detekcija padcev.

je posredovanje lokacije, ki omogoča hitrejše posredovanje koristna in jih ne bi motila.

3. ZAKLJUČEK

Pridobljeni podatki o potencialnih uporabnikovih željah in pričakovanjih ter o njihovih izkušnjah so pomembni vhodni podatki pri načrtovanju zappestnice. Na podlagi pridobljenih podatkov lahko sklenemo, da je zappestnica zelo zaželeno ter bo olajšala življenje uporabnikov, kar je glavni cilj razvoja. Trenutna omejitev je le detekcija padcev, ki še ne ustreza pričakovanjem vprašanih. Drugi izziv, s katerim se v razvoju še nismo soočili je razvoj ohišja, ki bo tako po funkcionalnosti kot tudi po izgledu prilagojen starejšim.

4. ZAHVALE

Raziskava je bila izvedena v okviru projekta "Ekosistem Pametnega mesta (EkoSmart)" in je sofinancirana s strani Republike Slovenije in Ministrstva za izobraževanje, znanost in šport ter Evropske unije iz Evropskega sklada za regionalni razvoj (ESRR).

5. VIRI

- [1] Korir Loice. Effect of buyer-supplier relationships on procurement performance: Evidence from kenyan supermarket. *ESJ*, 1(Special edition vol. 1), 2015.
- [2] Safeguardian, carecallersTM. Dostopno na <https://safeguardian.com/>, september 2017.
- [3] Life call, fallalertTM system. Dostopno na <http://lifecall.com/products/>, september 2017.
- [4] Medical guardian, premium guardian. Dostopno na <https://www.medicalguardian.com/product/>, september 2017.
- [5] Alert 1, mobile medical alert system. Dostopno na <https://www.alert-1.com/>, september 2017.
- [6] Philips, gosafe. Dostopno na <https://www.lifeline.philips.com/>, september 2017.

A Protocol for Joint Acquisition of Heterogeneous Resources

Gregor Grasselli
Jožef Stefan Institute and
Jožef Stefan International Postgraduate School
Jamova 39
1000 Ljubljana, Slovenia
gregor.grasselli@ijs.si

ABSTRACT

This article presents a protocol for multiple agents to jointly acquire a number of heterogeneous resources. The protocol allows the agents to negotiate the amount of resources bought based on their individual needs and budget constraints. It also ensures that the price of the purchased resources is fairly distributed among all the buyers, and that risk averse agents will not try to gain an advantage by being untruthful.

Keywords

smart city, protocol, heterogeneous resources, negotiations

1. INTRODUCTION

As buying in bulk is usually more advantageous than buying smaller amounts of resources, it is natural that agents in a smart city would organise together to acquire resources as a group in larger quantities to benefit from that. This however produces a need for an established protocol that is capable of determining the amounts of resources to order, as well as a way to fairly distribute the price tag for the purchase among the buyers. This article presents a protocol that aims at solving both of these issues. Finally, by producing a protocol that is fully automatic and capable of providing real time decisions on the bought resource bundles, this protocol also makes it possible for the agents to strategize when they buy different resources, based on their current prices. While the language of the article will be limited to a setting where smart houses jointly acquire resources, the presented protocol is applicable in other areas within and outside of the smart city setting.

The protocol presented here is applicable in a scenario where each of the agents looking to acquire some amount of resources has different levels of satisfaction, that can be satisfied by different bundles of resources. Each agent needs to have a way to decide how much it is prepared to pay

for satisfying each of those levels of satisfaction. A possible setting where the levels of satisfaction correspond to the number and kind of home appliances to be turned on, which in turn corresponds to the agent's electricity consumption is presented in [3]. In fact the protocol presented here builds upon the protocol described in that article: the cost function need not be convex, and it does not have to be a weighted sum of the costs of individual resources. This has its drawbacks, as our protocol needs more information from each of the participating smart home agents and also does not have a mechanism for rewarding agents with a smaller consumption.

2. NOTATION CONVENTIONS AND DEFINITIONS

The actors in the protocol are the consumer agents and a coordinator agent whose role is to collect the needs of the consumers and then inform them of the prices associated with their purchases. Let us use n to denote the total number of consumer agents, and N to denote the set of all consumer agents. We will use the letter c to refer to a consumer agent; in particular let $c_i, i = 1, \dots, n$ denote the i -th consumer agent. We will describe the resources being bought using the notation $r_i, r = 1, \dots, m$ where m is the total number of available resources, and denote the set of all resources by M . Finally we will also need a way to express the cost of a bundle.

DEFINITION 1. Let \mathbb{R}_+ be the set of all non negative real numbers. A function $C : \mathbb{R}_+^m \rightarrow \mathbb{R}_+$ is a cost function when it is continuous, increasing in the sense, that for any two $a, b \in \mathbb{R}_+^m$ such that $a <_m b$, it follows that $C(a) < C(b)$, where we are using $<_m$ to denote the relation of dominance and $C(0) = 0$.

DEFINITION 2. We say that a is dominated by b that is, for each $i = 1, \dots, m$, the i -th component of a is smaller then or equal to the i -th component of b , with at least one component of a being strictly smaller.

We will be using the letter q when referring to resource bundles and add an index when that resource bundle belongs to a consumer, so q_i is a resource bundle requested by consumer c_i . Resource bundles are equated with points in \mathbb{R}_+^m ,

and

$$E_C(q) = \{s \in \mathbb{R}_+^m; C(s) = C(q)\}$$

will be used to denote the subspace of \mathbb{R}_+^m where the cost function C has value $C(q)$.

DEFINITION 3. *A path p_f is the image of a continuous function $f : [0, 1) \rightarrow \mathbb{R}_+^m$, such that $f(0) = 0 \in \mathbb{R}_+^m$. We say that the path p_f is increasing, when for each $a, b \in [0, 1)$ such that $a < b$ $f(a) <_m f(b)$. A path is unbounded when for every $q \in \mathbb{R}_+^m$ there exists an $x \in [0, 1)$, such that $q <_m f(x)$.*

Let p_f be some increasing unbounded path and C a cost function. Then the composition of C and f $h : [0, 1) \rightarrow \mathbb{R}_+$; $h = C \circ f$ is a continuous and increasing (let $a, b \in [0, 1)$ and $a < b$ then $f(a) <_m f(b)$ because p_f is increasing and thus $h(a) < h(b)$ because C is increasing by definition 1) function. Now, say that there is a $q \in \mathbb{R}_+^m$ such that $C(q)$ is not in the image of h . Because p_f is unbounded there must exist an $x \in [0, 1)$ such that $q <_m f(x)$, which means that $C(q) < C(f(x)) = h(x)$. Because h is continuous and 0 is in its image, this means that $C(q)$ is also in the image of h . Thus $C(q)$ is in the image of h of every $q \in \mathbb{R}_+^m$. Because h is increasing it is injective. We have thus proven the following theorem:

THEOREM 1. *Let p_f be an increasing unbounded path. Then for any $q \in \mathbb{R}_+^m$, $p(f)$ intersects $E_C(q)$ exactly once.*

We will use the notation $p_i(q)$ to mean the intersection between the unbounded path constructed from the list of bundles corresponding to the levels of satisfaction of user c_i and the set $E_C(q)$. We will use $o : N \rightarrow \mathbb{N}$ to denote the ordering of users based on the price of their current consumption, in other words $o(c_i) < o(c_j)$ means that $C(q_i) < C(q_j)$ where we use q_j to denote the bundle requested by consumer c_j

3. PROTOCOL DESCRIPTION

The protocol starts when the coordinator agent sends a request to all of the participating consumer agents. Each of the consumer agents is required to respond with a list of resource bundles corresponding to their satisfaction levels and ordered by their values. From here on, the protocol is a series of rounds where the coordinator agent computes the price to be paid by each of the consumer agents for their most expensive bundle. The consumers then respond with a yes or no, based on whether they find the price acceptable. If the price is not acceptable, the most expensive bundle for the consumer is removed from its list and a new round is started. If a consumer's list is empty, it is understood that the agent is happy with paying 0 for receiving 0 resources. The protocol terminates when all consumer agents agree with the price they are paying (obviously, it does terminate, since for every round in which some agents do not agree to the price, the total length of all the bundle lists is shortened).

A full description of the algorithm is given by:

1. The coordinator requests a list of resource bundles from each consumer.

2. Each consumer responds with a sorted list of vectors

$$V_i = \left(q_i^l \right)_{l=1, \dots, u_i}$$

such that

$$q_i^{l+1} \leq_m q_i^l$$

for each $l = 1, \dots, u_i - 1$. Each one of the vectors q_i^l represents the resource consumption of consumer c_i for a different level of satisfaction. No two bundles requested by the same consumer may have the same price. That is $C(q_i^l) \neq C(q_i^k)$ for any k, l in $1, \dots, u_i$.

3. The coordinator computes a payment proposal for each of the consumers using the following formula:

$$x_{o(i)} = \sum_{k=1}^{o(i)} \frac{C(Q_k) - C(Q_{k-1})}{n+1-k} \quad (1)$$

where

$$Q_k = \sum_{\{c_i \in N | o(i) > o(k)\}} p_i(V_k[0])$$

for every $k \in N$ and $Q_0 = 0$ and $V_k[0]$ is the first element of the bundles vector belonging to consumer c_k . When a consumer c_i has no resource bundle in $E_C(V_k[0])$, the value of $p_i(V_k[0])$, is produced by finding the intersection between $E_C(V_k[0])$ and an unbounded increasing path that is initially constructed for each user based on the list of bundles as reported in step 2. The method of its construction is described in subsection 3.1.

4. The coordinator informs each consumer c_i of their price x_i for their current comfort level.
5. Those consumers who find the price acceptable send a confirmation to the coordinator. If that covers all users, the process terminates.
6. For every consumer c_i who did not agree with the price, the coordinator pops the first element from V_i , and the protocol restarts from point 3.

3.1 Constructing Paths

The formula used to compute the individual payments for the consumer agents is the path serial rule as described in [2]. As its name suggests, it uses the serial cost sharing rule from [1] to produce a fair cost allocation between the consumer agents. The serial cost sharing rule works by saying that the consumer agent with the smallest demand should pay a proportion of the cost incurred by his demand. That is

$$\frac{C(nq_1)}{n},$$

where we are using the same conventions as before, except that now q is a number and the users are already sorted. The second user has to pay his proportionate share of the cost incurred by the smallest demand as well as his proportional share of the cost assigned to the difference between his demand and that of the first user. And so on for the rest of them, each covering their proportional share of all the cost differences up to the level of their own demand. The

last user covers the remaining difference alone. So each user has to pay

$$x_j = \sum_{k=1}^j \frac{C((n-k)q_k) - C((n-k+1)q_{k-1})}{n-k+1}.$$

In order to generalise this to multiple dimensions it is necessary to find a way to represent the amounts requested by other consumers on the same price level as that of the current consumer, so that a fair proportion can be found. It is shown in [2] that in order to achieve that in a manner that preserves the nice properties of the serial rule, it is enough for each consumer to be assigned any increasing path from 0 to their bundle vector and then use the intersection of that path with the price level.

We have decided to use paths that are piecewise linear. They start at 0, and then go in straight lines from one bundle to the next. Since we never need to find an intersection of a consumer's path with a price level above his most pricey bundle, the path from there on does not really matter. In order to make it unbounded in the sense of definition 3 we can set it to a straight line going in the direction of a vector whose coordinates are all 1. Theorem 1 then guarantees the existence of all the required $p_i(q_k)$ for computing the price allocations for individual consumer agents.

4. PROPERTIES OF THE PROTOCOL

Since the final prices paid by the consumers are computed using the "path serial rule" that is described in [2] they have all of the properties brought by the rule. Those properties are:

1. Equal treatment of equivalent demands (E)
2. The serial principle (S)

The first of these properties means that for any two consumers c_i, c_j whose demands q_i, q_j in the final round of the protocol were equally priced, pay the same amount of money. Property 2 means that the amount paid by consumer c_i is the same no matter how big the demand of any other consumer c_j as long as $C(q_j) > C(q_i)$ and that q_j stays on the same path.

The original path serial rule has a third property called ordinality which states that the payments allotted to the consumer agents do not change under arbitrary change of units for measuring resource quantities, as long as the paths used to compute the payments are transformed along with the rest. This would not do here, because the paths are always piecewise linear functions that go between the points in the consumers' demand lists. However, if we restrict ourselves to linear bijective transformations, that will map line segments to line segments, this property is still true. Since changing measurement units is usually a linear transformation this property that is usually called scale invariance (I) covers most if not all cases where ordinality would be needed in an actual application of the protocol.

4.1 Proofs of the Path Serial Rule Properties

Proving the first two properties, (E) and (S) is as simple as observing that the sum from equation (1) is exactly the same for all users whose demands are equally costly, which proves (E) and that since only intersections of paths with the $E_C(q)$ subspaces are present in the terms of the sum from equation (1), when referring to costlier demands than that of the consumer whose payment we are computing, changing the size of those costlier demands does indeed have no bearing on the price paid by the given user, which proves (S).

In order to show property (I), let us call the linear transformation used to change the scales f . Because it is linear it has an inverse f^{-1} . Let C' be the equivalent cost function of C on the transformed space. The function C' must assign the same value to the same actual amount of resources as C . So we must have that for any q in the original space $C'(f(q)) = C(q)$. If a path intersects $E_C(q)$ in a point s , then $f(s)$ is on the transformed path, but it is also in $E_{C'}(f(q))$, meaning that $f(s)$ is the intersection of the transformed path with $E_{C'}(f(q))$. This means that the terms in the sum of equation (1) all stay exactly the same and (I) holds as well.

5. CONCLUSIONS

We have shown a possible protocol for joint acquisition of heterogeneous resources by any number of consumer agents. It inherits the properties that make it fair from the path serial rule. We believe that it might be an interesting exercise to try finding path constructions, that would add additional properties to the protocol, such as guaranteeing that a price once agreed upon never changes in the future, or that consumers with cheaper demands would enjoy additional benefits. If they exist, that is.

6. ACKNOWLEDGMENTS

The research presented in this article was done as part of the Ekosmart project, which is financed by the Slovenian Ministry of Education, Science and Sport, and the European Regional Development Fund.

7. REFERENCES

- [1] H. Moulin and S. Shenker. Serial cost sharing. *Econometrica*, 60(5):1009–1037, September 1992.
- [2] C. T ej edo and M. Truchon. Serial cost sharing in multidimensional contexts. *Mathematical Social Sciences*, April 2002.
- [3] J. Zupan ci c and M. Gams. Dynamic protocol for the demand management of heterogeneous resources with convex cost functions. *Informatica*, 41(1):121–128, March 2017.

Sistem za podporo odločanju zdravniku

dr. Andrej Brodnik
Univerza v Ljubljani, Fakulteta
za računalništvo in informatiko
Univerza na Primorskem,
Oddelek za informacijske
znanosti in tehnologije

Nal Lukšič
Univerza v Ljubljani, Fakulteta
za računalništvo in informatiko

Janez Žibert
Univerza v Ljubljani, Fakulteta
za računalništvo in informatiko
ter Zdravstvena fakulteta

Nenad Živković
Parsek d.o.o.

Andrej Rus
Univerza v Ljubljani, Fakulteta
za računalništvo in informatiko

ABSTRACT

Sistemi za podporo pri odločanju zahtevajo nekoliko specifično arhitekturo, ki vključuje poseben gradnik. Le-ta ima običajno dodatno zalogo podatkov, ki mu omogočajo, da ob upoštevanju ostalih zdravstvenih podatkov pripravi zdravniku ostale podatke kot na primer statistične podatke o stanju pacienta ali o klinični poti zdravljenih bolezni.

V prispevku opisujemo takšno arhitekturo, ki bo črpala podatke iz glavnega medicinskega repozitorija (na primer sistema FHIR ali sistema z opisi kliničnih poti in podobno). Obdelane podatke gradnik lokalno obdela in njihov izvleček hrani ter ga predstavi zdravniku, ko slednji obravnava pacienta.

Arhitekturo smo prototipno implementirali v okviru sistema Vitaly.

Categories and Subject Descriptors

C [e]: lostna oskrba v bolnišnici

Keywords

počmoč pri odločitvah v zdravstvu, CDS, CDSS, FHIR, Vitaly

1. UVOD

Poslanstvo sistemov, ki jih poznamo pod skupnim imenom e-zdravje, je izboljšati zdravje ljudi z uporabniku prijaznimi programskimi rešitvami, ki močno poenostavljajo sodelovanje na področju zdravstvenih storitev.

Zdravstvo je ena od redkih panog, v kateri tehnološke rešitve še vedno ne prinašajo optimalnih rezultatov. Razlogov je več:

- Podatki v zdravstvenih ustanovah so večinoma otoki informacij brez možnosti izmenjave le-teh z drugimi ustanovami.
- Informacije so še vedno v nestandardni, tiskani in nestrukturirani obliki ter pogosto niso na voljo, ko se jih potrebuje.
- Zdravstveni strokovnjaki z uporabo neoptimalnih in neprijaznih rešitev dragocen čas posvečajo administraciji namesto pacientom.
- Pacient kot subjekt in uporabnik zdravstvenih storitev nima možnosti dostopa do optimalnih zdravstvenih storitev ter prav tako nima možnosti enostavnega in prijaznega dostopa do svojih informacij.

Podjetje Parsek si je zadalo ob tem dva cilja – interoperabilnost ter uporabniku prijazni in smiselni digitalni uporabniški vmesniki z dobro premišljenimi delovnimi postopki (*workflow*). Interoperabilnost dosega z uporabo standardov v zdravstveni informatiki [1]. V njihovem sistemu se podatki izmenjujejo z HL7 sporočili in dokumenti, delovni postopki pa z realizacijo specifikacij profilov IHE. Uporabniški vmesniki so rezultat *Human-centered design* (HCD) procesa načrtovanja in izvedbe, pri kateri so sodelovali zdravstveni strokovnjaki s posameznih področjih. Rešitve so načrtovane za končne uporabnike za njihove potrebe. S tovrstnim načinom razvoja je omogočen velikemu številu ljudi dostop do optimalne zdravstvene storitve. V tem digitalno spremenjenem okolju se informacije zlahka delijo med strokovnjaki in bolniki ter vsakemu posamezniku nudijo najboljšo razpoložljivo zdravstveno storitev.

1.1 Sistem Vitaly

Platforma Vitaly in rešitve zgrajene nad njo prinašajo celovit vpogled v zdravstveno stanje pacienta, omogočajo digitalizacijo zdravstvenih storitev ter sodelovanje med zdravstvenimi strokovnjaki in pacienti. Poleg tega prinašajo kontekst, ki je zelo pomemben, in predstavlja dodano vrednost v nasprotju z enostavnim deljenjem in prikazom podatkov.

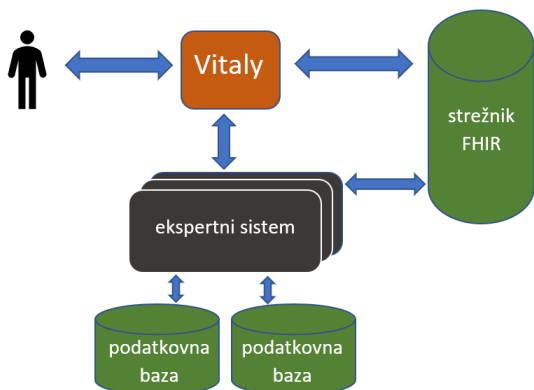
Vitaly rešitve, povezane na zdravstvene sisteme z uporabo interoperabilnih rešitev, ponujajo zdravstvenim ustanovam možnost, da pacientu omogočijo enostaven dostop do zdravstvenega kartona (*Electronic Health Record*) in zdravstvenih dokumentov ter omogočajo ponujanje zdravstvenih storitev. Po drugi strani lahko pacient upravlja z osebnim zdrav-

stvenim zapisom, ki ga deli z zdravstvenimi strokovnjaki, in dostopa do storitev na enostaven način. Na ta način vsi prispevajo k celovitejši sliki o pacientu, delujejo preventivno in skrajšajo čas, potreben za zdravstveno oskrbo. Podatki so na voljo tudi, ko je pacient na videz zdrav in ne samo, ko potrebuje zdravstveno ukrepanje. Ko imajo deležniki enkrat dostop do zdravstvenih podatkov, digitalizacija procesov v zdravstvu postaja uresničljiva oziroma bolj optimalna. Digitalizacija procesov znotraj zdravstvene ustanove, zdravstvena oskrba na daljavo, sodelovanje oddaljenih zdravstvenih strokovnjakov z uporabo ustreznih tehnologij tako zagotavlja pravočasno, optimalno in najboljše storitev za pacienta.

V nadaljevanju prispevka najprej opišemo arhitekturo in v njej implementiranih dveh različnih rešitev. Prva je podpora pri predpisovanju zdravil v okviru klinične poti in druga predstavlja podporo pri diagnosticiranju pacienta.

2. ARHITEKTURA

Arhitektura sistema, opisanega v nadaljevanju, je primer razširitve že obstoječega sistema Vitaly. Arhitektura razširitve je sestavljena iz štirih delov, kakor je prikazano na sliki 1. Jedro predstavlja modularni ekspertni sistem, ki vsebuje ra-



Slika 1: Arhitektura razširitve sistema Vitaly.

lične funkcionalnosti. Tako sistem Vitaly, kot ekspertni sistem črpa podatke s strežnika FHIR [6]. Ta se uporablja za vnašanje in dostopanje do medicinskih podatkov. Tretja komponenta sistema so baze podatkov, ki jih ekspertni sistem potrebuje za svoje delovanje. Zaradi različnih funkcionalnosti sistema, dostopa do različnih podatkovnih baz. Primer take baze je baza opisov kliničnih poti vključno s kontraindikacijami posameznih zdravilnih učinkovin, ali po boleznih razvrščene vrednosti meritev telesnih značilnosti. Zadnji del sistema predstavlja uporabnik, ki do sistema dostopa preko uporabniškega vmesnika, katerega vključuje že obstoječ sistem Vitaly, in skrbi za vnos novih podatkov in uporabo funkcionalnosti sistema.

V obstoječo arhitekturo lahko vključimo različne module ekspertnega sistema. Dva primera takšnih razširitev sta podpora zdravniku pri predpisovanju zdravil na klinični poti in sistem za podporo zdravniku pri diagnosticiranju bolnikov.

2.1 Predpisovanje zdravil na klinični poti

Klinična pot predstavlja natančen, vnaprej zapisan protokol vseh aktivnosti med obravnavo določenega zdravstvenega stanja [5]. Med te aktivnosti spada tudi predpisovanje zdravil. Ko zdravnik ve, katero zdravilo želi predpisati pacientu, mora pri tem preveriti, če morebiti obstajajo kontraindikacije. To so kriteriji za odložitev medicinskih ukrepov (uporabe določenega zdravila, medicinskega pripomočka ali postopka zdravljenja) zaradi stanja bolnika, dejavnikov ali drugih okoliščin. Kontraindikacijo za uporabo določenega medicinskega ukrepa lahko na primer predstavljajo sočasne bolezni, alergije, določen genotip, predhodni neželeni učinki zdravila ali skupine zdravil, starost, spol, predispozicije [8]. Da zmanjšamo število napačno predpisanih zdravil, lahko zdravniku ponudimo pomoč v obliki modula ekspertnega sistema, ki bo skrbel za preverjanje kontraindikacij pri predpisu zdravila pacientu.

Sistem je zgrajen po principu, ki temelji na predhodnem znanju in ne vključuje umetne inteligence, ampak upošteva vnaprej podana pravila za odločanje klinične poti. Bazo znanja predstavlja podatkovna baza, kjer so navedene kontraindikacije posameznih zdravilnih učinkovin.

Ko želi zdravnik pacientu predpisati zdravilo, se v sistem pošljejo podatki o pacientovi identifikacijski številki strežnika *fhir* ter šifra zdravila, ki je bilo predpisano. S pomočjo teh dveh podatkov sistem pridobi vse kontraindikacije zdravilnih učinkovin, ki jih zdravilo vsebuje, iz baze znanja ter pacientove medicinske podatke s strežnika FHIR. Zgodi se primerjava teh dveh skupin podatkov in če so najdene skupne točke, zdravnik dobi obvestilo, da pri predpisu tega zdravila obstaja nevarnost, da pride do zdravstvenih zapletov. Gre torej za funkcionalnost, ki zdravniku ne predlaga določenih rešitev, temveč preprečuje morebitne napake.

Pri implementaciji testnega sistema smo se omejili na eno zdravilno učinkovino, in sicer klopazipin, ki se uporablja pri zdravljenju psihoz. Izkazalo se je, da se kontraindikacije med seboj precej razlikujejo in da če primerjamo na primer kontraindikaciji bolezen paralitični ileus in nezmožnost opravljanja rednih preiskav krvi vidimo, da pri prvi lahko pri preverjanju kontraindikacij preprosto iščemo po imenu bolezenskega stanja oziroma še boljše po njegovi šifri, ki ni vezana na jezik, ki ga uporabljamo. V drugem primeru ne gre za bolezensko stanje ali zdravilno učinkovino in je preverjanje po pacientovem zdravstvenem kartonu bolj zapleteno. Testni sistem, ki smo ga postavili, deluje za prvi primer in izkazalo se je, da v primeru najdenih kontraindikacij dobimo ustrezno obvestilo. Če bi želeli sistem nadgraditi ter ga uporabljati v praksi, bi bilo potrebno povezati naš sistem z eno izmed že obstoječih baz kontraindikacij, kjer bi imeli podatke za vse zdravilne učinkovine, obenem pa bi morali imeti za vse tipe kontraindikacij šifre, po katerih bi lahko iskali znotraj elektronskega zdravstvenega kartona.

V Sloveniji za enkrat v državnih bolnicah zdravniki nimajo na voljo tovrstnega sistema, se je pa pojavil korak naprej pri farmacevtilah, ki pred izdajanjem zdravila preverijo, če obstajajo kontraindikacije med zdravili, ki so bili pacientu predpisani.

2.2 Diagnosticiranje bolnikov

Drugi primer modularnega ekspertnega sistema temelji na osnovi statistične obdelave medicinskih podatkov, ki s pomočjo znanj iz velike količine podatkov pomaga zdravstvenim uslužbencem pri diagnosticiranju bolnikov in boljšemu razumevanju delovanja bolezni. V medicini obstaja že kar nekaj podjetij, ki se ukvarjajo z razvojem tovrstnih sistemov. Nekatera med njimi so Lumiata [3], Infermedica [9] in Health Catalyst [10]. Vsako podjetje ima svojevrstno arhitekturo sistema in tako svoje prednosti. Mi smo se po drugi strani osredotočili na preprostost uporabe, preglednost, povečljivost in odzivnost.

Modul ekspertnega sistema je sestavljen iz dveh glavnih delov, in sicer strukturiranja medicinskih podatkov v obliko pripravljeno na hitro obdelavo in statistična analiza. Sistem črpa medicinske podatke o boleznih in bolnikih iz strežnikov FHIR. Strežnike FHIR smo izbrali zato, ker zagotavljajo strukturirano shranjevanje medicinskih podatkov. Po prenosu podatke preoblikujemo, da so pripravljene za nadaljnjo statistično obdelavo.

Drugi del modula ekspertnega sistema je statistična obdelava podatkov. V sistem je mogoče vgraditi različne algoritme statistične obdelave. V našem primeru smo uporabili ROC analizo in analizo iskanja pomembnih telesnih značilnosti pri nastanku bolezni s pomočjo p-vrednosti.

ROC analizo smo uporabili na tipih podatkov, ki imajo neomejeno zalogo vrednosti [4]. Z njegovo pomočjo lahko uporabnik najde tiste telesne značilnosti, ki so pri določeni bolezni najbolj izrazite. Rezultati analize so v uporabniškem vmesniku prikazani v pregledni tabeli. Telesne značilnosti na levi so urejene po vrednostih AUC na desni, od največje do najmanjše, kot je prikazano na primeru na sliki 2.

Drugi primer statistične analize je iskanje p-vrednosti [7], do katere smo prišli s pomočjo različnih testov. Podatke o bolezni smo glede na tip telesne značilnosti razvrstili na kategorične in skalarne. Na vrednostih skalarnih telesnih značilnostih, katerih porazdelitev je normalna smo izvedli T-test, sicer pa Mann Whitneyev U test. Na kategoričnih spremenljivkah smo izvedli Chi kvadrat test, razen v primeru, ko je imela telesna značilnost le 2 različne možni vrednosti smo uporabili Fisherjev natančni test. Primer takšne značilnosti bi bil spol, katerega vrednost sta lahko moški ali ženska. Vsi štirje testi se uporabljajo za računanje p-vrednosti, ki nam pove pomembnost telesne značilnosti pri diagnosticiranju bolezni. Telesne značilnosti, katerih p-vrednost je manjša, so pri diagnosticiranju bolezni bolj pomembni. Rezultati analize so v uporabniškem vmesniku razvrščeni naraščajoče po p-vrednostih na desni, kot je razvidno iz primera na sliki 3. Opisana primera statistične obdelave podatkov sta prikaz zmožnosti delovanja arhitekture. Tovrstni ekspertni sistem lahko uporabniku omogoči lažje razumevanje bolezni in posledično diagnosticiranje pacienta, s pomočjo že obstoječih medicinskih podatkov. Njegov cilj je uporaba v zdravstvenih institucijah, kot pomočnik zdravniku pri diagnosticiranju bolnika. Zdravnik lahko za bolezen, katero sumi da jo bolnik ima, vnese v sistem. Ta mu prikaže telesne značilnosti, ki so bile pri bolnikih z enako boleznijo izrazite. S pomočjo sistema torej lahko zdravnik preveri, če je bila njegova diagnoza pravilna.

3. ZAKLJUČEK

V prispevku smo predstavili prototip arhitekture, ki omogoča nadgradnjo zdravstvenega sistema z dodatnimi moduli za pomoč pri odločanju zdravniku. Namen implementirane izvedbe je zgolj prikaz prototipnega delovanja. V naslednjem koraku je potrebno uporabiti višjo stopnjo abstrakcije arhitekture, ki bo omogočala po eni strani preprostejšo razširitev na različne kliničnih poti, oziroma na uporabo različnih podatkov pri diagnosticiranju pacientov. Po drugi strani pa je potrebno samo arhitekturo abstrahirati tako, da se za modeliranje uporabi jezik BPML, kot je opisano v [2]. S pomočjo takšne abstrakcije bo sistem preprosteje razširljiv in nadgradljiv.

4. REFERENCES

- [1] M. Beštek and A. Brodnik. Interoperability and mhealth – precondition for successful eCare. In S. Adibi, editor, *Mobile Health*, chapter 5. Springer, 2015.
- [2] M. Beštek and A. Brodnik. Pogoji za uspešno eOskrbo. *Informatika Medica Slovenica*, 20(1–2):17–29, 2015.
- [3] R. Bhardwaj, A. R. Nambiar, and D. Dutta. A study of machine learning in healthcare. In *Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), 2017 IEEE 41st Annual*, volume 2, pages 236–241. IEEE, 2017.
- [4] K. Hajian-Tilaki. Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve Analysis for Medical Diagnostic Test Evaluation. *Caspian Journal of Internal Medicine*, 4(2):627–635, 2013.
- [5] B. Hajnrih. *Priročnik za oblikovanje kliničnih poti*. Ministrstvo za zdravje, 2009.
- [6] M. Hussain A., S. G. Langer, and M. Kohli. Learning HL7 FHIR Using the HAPI FHIR Server and Its Use in Medical Imaging with the SIIM Dataset. *Journal of Digital Imaging*, 31(3):334–340, 2018.
- [7] D. C. Montgomery and G. C. Runger. *Applied statistics and probability for engineers*. John Wiley & Sons, 2010.
- [8] A. Obreza et al. *Farmaceutski terminološki slovar*. Založba ZRC, 2011.
- [9] K. O. Okokpuije, A. Orimogunje, E. Noma-Osaghae, and O. Alashiri. An intelligent online diagnostic system with epidemic alert. *An Intelligent Online Diagnostic System With Epidemic Alert*, 2(9), 2017.
- [10] D. Sanders, D. A. Burton, and D. Protti. The healthcare analytics adoption model: A framework and roadmap. *Health Catalyst*, 2013.

Atribut	Youdenov rez	Specifičnost	Senzitivnost	AUC
Ocenjena hitrost glomerularne filtracije	57.380	0.409	1.000	0.749
Hemoglobin A1c	6.600	0.930	0.463	0.657
Višina	169.963	0.646	0.756	0.638
Holesterol	238.912	0.959	0.293	0.612
Liposukcijski holesterol z nizko gostoto	101.274	0.569	0.634	0.607
Glukoza	113.617	0.832	0.439	0.606
Teža	60.964	0.393	1.000	0.602

Slika 2: Tabela z rezultati ROC analize.

Atribut	Tip	Zdravi	Št. zdravih	Bolanih	Št. bolanih	P vrednost
Kreatin	skalar	1.63±1.08	684	1.04±0.38	41	0.000b
Razmerje mikroalbumina kreatinina	skalar	118.94±97.40	304	7.68±5.33	41	0.000b
Ocenjena hitrost glomerularne filtracije	skalar	74.83±47.95	535	117.13±29.92	41	0.000b
Hemoglobin A1c	skalar	4.92±2.03	697	6.62±1.39	41	0.000b
Višina	skalar	148.40±38.99	1862	170.53±5.75	41	0.001b

Slika 3: Tabela analize p-vrednosti.

Razvoj intervencij za srčne bolnike in bolnike z motnjami gibanja

Iztok Cukjati

Klinični oddelek za bolezni živčevja
Univerzitetni klinični center Ljubljana
Zaloška 2, 1000 Ljubljana
+38640186268
iztok.cukjati@upr.si

Jure Bon

Klinični oddelek za bolezni živčevja
Univerzitetni klinični center Ljubljana
Zaloška 2, 1000 Ljubljana
jure.bon@kclj.si

Jurij Matija Kališnik

Klin. oddelek za kirurgijo srca in ožilja
Univerzitetni klinični center Ljubljana
Zaloška 2, 1000 Ljubljana
jmkalisnik@gmail.com

Janez Žibert

Univerza v Ljubljani
Zdravstvena fakulteta
Zdravstvena pot 5, 1000 Ljubljana
janez.zibert@zf.uni-lj.si

Zvezdan Pirtošek

Klinični oddelek za bolezni živčevja
Univerzitetni klinični center Ljubljana
Zaloška 2, 1000 Ljubljana
zvezdan.pirtosek@kclj.si

POVZETEK

Države razvitega sveta se soočajo s spremembami v demografski sliki z izrazitim staranjem prebivalcev ob hkratni nizki rodnosti. Tako se povečuje število starejših prebivalcev, sočasno pa se zmanjšuje število delovno aktivnega prebivalstva. S staranjem se povečuje delež ljudi z nenalezljivi kroničnimi boleznimi (NKB), ki so razlog za 71% vseh smrti [1]. Prav dolgotrajno zdravljenje bolnikov z NKB predstavlja največji delež sredstev zdravstvenega sistema in se zaradi omenjenih razlogov izrazito povečuje. Preventivno delovanje, zgodnje odkrivanje in cenovno učinkovito zdravljenje pacientov z NKB bo ključno za obvladovanje stroškov pri tem pa so lahko IKT v veliko pomoč. Aktivno vključevanje pacientov v proces zdravstvene oskrbe skupaj z uporabo sodobnih tehnologij omogoča učinkovitejše modele zdravstvene oskrbe.

V projektu EkoSmart se bo v kliničnem okolju testiralo spletno-mobilne rešitve za vnos in spremljanje podatkov bolnikov za potrebe znanstveno-raziskovalnega dela. Tako bomo v sodelovanju Univerzitetnega kliničnega centra Ljubljana (UKCL), Medicinske fakultete (MF) in Fakultete za računalništvo in informatiko (FRI) Univerze v Ljubljani (UL) razvili pilotni sistem za spremljanje kliničnih parametrov pri srčnih bolnikih v postoperativni fazi. Sistem bo predvidoma omogočal medsebojno primerjavo različnih senzorjev in s tem njihovo klinično validacijo.

Ključne besede

EkoSmart, e-zdravje, Parkinsonova bolezen, srčno-žilne bolezni, nenalezljive kronične bolezni, interoperabilnost

1. IZHODIŠČA

Staranje prebivalstva je v t.i. zahodnem svetu izrazito prisotno v zadnjem desetletju in je posledica nizke rodnosti in daljše življenjske dobe. Delež starejših od 65 let naj bi se do leta 2040 povečal sedanjih 19% na 27% celotnega prebivalstva [1]. Ob povečevanju števila starejših prebivalcev se sočasno povečuje tudi število bolnikov z NKB, ki že danes predstavljajo kar 71% vseh smrti [2]. Pri tem je pomembno dejstvo, da so srčno-žilne bolezni (srčni infarkt, možganska kap), rakava obolenja, diabetes

in respiratorne bolezni (KOPB, astma) povzročitelj več kot 80% t.i. prezgodnjih smrti v starosti od 30 do 69 let [3].

Dolgotrajna finančna vzdržnost zdravstvenega sistema z obvladovanjem stroškov NKB bo v prihodnje ključna za učinkovito zdravljenje. K temu lahko ključno pripomore vpeljava IKT v procese zdravstvene oskrbe.

V okviru projekta EkoSmart se razvijajo nove intervencijska področjih postoperativnega spremljanja srčnih bolnikov in oseb z motnjami gibanja. Del sistemov bo tudi avtomatizirano pošiljanje podatkov v nacionalno informacijsko hrbtenico in posledično dostopnost avtoriziranim uporabnikom.

1.1 Tehnologija

V slovenskem zdravstvenem sistemu se še vedno večinoma uporablja ročno opravljanje diagnostičnih meritev z vpisovanjem podatkov v fizične zdravstvene kartone v posameznih zdravstvenih ustanovah. Tako ni (avtomatiziranega) prenosa administrativnih in kliničnih podatkov o posameznem pacientu med različnimi zdravstvenimi ustanovami oz. delavci.

Tehnologija že dlje časa omogoča (avtomatizirano) elektronsko beleženje podatkov, kar je časovno bistveno hitrejšo in cenovno učinkovito, podatki pa so na zahtevo avtorizirane osebe dostopni praktično kjerkoli in kadarkoli. Smiselna uporaba obstoječe tehnologije v (prilagojenih) kliničnih poteh bi lahko pomembno vplivala na boljšo učinkovitost zdravstvene oskrbe.

1.2 Izmenljivost informacij

Uporaba IKT orodij omogoča hitro in zanesljivo (avtomatizirano) pridobivanje kliničnih in ostalih podatkov oz. informacij ključnih za boljšo (individualizirano) zdravstveno obravnavo pacientov. Čeprav so posamezne informacije o pacientu s pomočjo omenjene tehnologije za diagnostiko (in spremljanje terapije) uporabne obstaja t.i. »ozko grlo« zaradi lokalne hrambe podatkov, ki niso na voljo ostalim deležnikom; pri tem pa je prav interoperabilnost ključna za učinkovitost IKT podprtih intervencij [4].

V projektu EkoSmart bomo posamezne podatke pridobljene v procesu zdravstvene oskrbe pošiljali v nacionalno bazo pri NIJZ; s čimer bodo podatki na voljo pacientom in ostalim zainteresiranim/avtoriziranim uporabnikom.

1.3 Boljša zdravstvena oskrba

Osnovni namen novih IKT storitev je v boljši zdravstveni oskrbi pacientov. Njihova uporaba naj zdravstvenim delavcem omogoča natančnejši in hitrejši vpogled v zdravstveno stanje posameznih pacientov in uspešnost posameznih metod zdravljenja.

Pri tem je ključno zadovoljevanje pričakovanj in potreb zdravnikov, medicinskih sester, bolnikov in njihovih svojce, kar bi moralo biti vodilo pri izdelavi tovrstnih sistemov.

1.4 Finančna učinkovitost

Cilj, ki ga zasleduje IKT podprta zdravstvena oskrba je učinkovitejše in cenejše zdravljenje bolnikov. Hitro naraščajoči stroški zdravljenja bolnikov z NKB tako predstavljajo poglobitveni razlog za pravilno in finančno učinkovito načrtovanje razvoja in vpeljave spremenjenih (IKT podprtih) zdravstvenih intervencij.

1.5 Izkušnje iz slovenskega prostora

V Sloveniji se je v preteklih letih že testno izvajala vpeljava novih intervencij z uporabo IKT storitev na področju oskrbe bolnikov z NKB. Tako je bila npr. razvita in klinično validirana IKT podprta oskrba za paciente z depresijo [5], kasneje pa na enotni informacijski platformi za diabetike [6], astmatike [7] in osebe s prekomerno telesno težo. Ob tem je bila predstavljena/dokazana tudi finančna učinkovitost tovrstnih intervencij na primeru depresije [8].

2. RAZVOJ IN VALIDACIJA NOVIH INTERVENCIJ

2.1 Orodje za zdravnike-raziskovalce

Spletno-mobilni aplikaciji sta v fazi razvoja oz. beta testiranja.

in izvedbi kliničnih študij na področjih obravnave novonastale atrijske fibrilacije po operacijah na srcu, izdelave aktivnih registrov za zdravljenje atrijskih fibrilacij in za obravnavo bolnikov z motnjami gibanja, ki so vključeni v kontinuirane oblike zdravljenja. Delo je razdeljeno v dva sklopa, obravnava atrijske fibrilacije (AF) in motenj gibanja (PAR). Oba projekta sta primera izvedbe aktivnega registra s pripadajočo klinično študijo.

2.2 Postoperativno spremljanje srčnih bolnikov (AF)

Spremljanje srčnih bolnikov v postoperativni fazi je izrazito pomembno zaradi pojava morebitnih zapletov, med drugim tudi atrijske fibrilacije. Z uporabo prenosa EKG naprav, ki je cenovno relativno ugodna, se lahko doseže učinkovitejši nadzor nad zdravstvenim stanjem bolniki in pravočasno prepreči postoperativne, pogostno smrtno nevarne, zaplete.

Pri projektu AF skupina zdravnikov v sodelovanju z razvojno ekipo na Fakulteti za računalništvo in informatiko skrbi za tehnične vidike razvoja spletno mobilnega okolja (web aplikacija). Sočasno je v procesu izdelave tudi nabor potrebnih arhetipov v formatu OpenEHR za potrebna področja. Pripravila se je klinična intervencija za (post)operativno spremljanje bolnikov z atrijsko fibrilacijo, že izvedla pa se je pilotna klinična študija glede uporabnosti vključitve senzorja Savvy EKG kot telemonitoringa v okviru klinične intervencije. V študijo je bilo v pilotnem delu vključenih okoli 40 bolnikov z Kliničnega oddelka za kardiovaskularno kirurgijo UKCL.

2.3 Vodenje bolnikov z motnjami gibanja (PAR)

Število bolnikov z nevrodegenerativnimi boleznimi je v izrazitem porastu, tako naj bi se število bolnikov s Parkinsonovo

bolezni od 2010 do leta 2040 podvojilo, pri tem pa so ocenjeni letni stroški pacienta približno 20.000 Eur [9].

Pri projektu PAR se izdeluje tako nove, kot tudi dopoljuje že obstoječe gradnike OpenEHR. Za izvedbo projekta se bo uporabilo periferni senzor motoričnih simptomov parkinsonove bolezni, ki bo vključen v klinično intervencijo (senzor gibanja proizvajalca PKG). V okviru projekta se opravlja tudi raziskovalno delo na implementaciji principov zaprte terapevtske zanke, pri kateri meritve trenutnega stanja centralnega ali perifernega živčevja v realnem času vplivajo na modulacijo terapije. Med rezultati omenjenega raziskovalnega dela so deloma že razvite naslednje programske aplikacije:

- palMEP, C++ knjižnica in GUI za avtomatsko in ročno preprocesiranje in analizo TMS-EMG podatkov;

- palEEG, optimizirana C++/Matlab knjižnica in GUI za časovno-frekvenčno dekompozicijo, analizo in vizualno reprezentacijo EEG podatkov, z delno implementacijo računsko zahtevnih algoritmov v NVIDIA CUDA arhitekturi za časovno občutljive analize v realnem času pri eksperimentih z uporabo zaprtih zank;

- palPULSER, C++ knjižnica in GUI za mikrosekundno natančnost kontrole trigerjev pri CED 1401 družini AD pretvornikov v TMS-EEG okolju; 4) palNAV, aplikacija za MRI vodeno nevronavigacijo v realnem času v TMS okolju, z delno C++ implementacijo

3. REFERENCE

- [1] http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Population_structure_and_ageing
- [2] <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs355/en/>
- [3] <http://www.who.int/news-room/factsheets/detail/noncommunicable-diseases>
- [4] Beštek, M., Brodnik, A. Interoperability and mHealth – precondition for successful eCare. Mobile Health: A Technology Road Map, 2015: Chapter 16; Springer.
- [5] Meglic M, Furlan M, Kuzmanic M, Kozel D, Baraga D, Kuhar I, Kosir B, Iljaz R, Novak Sarotar B, Dernovsek MZ, Marusic A, Eysenbach G, Brodnik, A. Feasibility of an eHealth Service to Support Collaborative Depression Care: Results of a Pilot Study. J Med Internet Res, 12(5):e63, 2010.
- [6] Iljaz R, Brodnik A, Zrimec T, Cukjati I. E-healthcare for Diabetes Mellitus Type 2 Patients - A Randomised Controlled Trial in Slovenia. Zdr Varst. 2017 May 26;56(3):150-157.
- [7] Nemanic T, Sarc I, Skrgat S, Flezar M, Cukjati I, Marc Malovrh M. Telemonitoring in asthma control: a randomized controlled trial. J Asthma. 2018 Sep 5:1-9. doi: 10.1080/02770903.2018.1493599.
- [8] Naveršnik K, Mrhar A. Routine real-time cost-effectiveness monitoring of a web-based depression intervention: a risk-sharing proposal. J Med Internet Res. 2014 Feb 27;16(2):e67.
- [9] Kowal SL, Dall TM, Chakrabarti R, Storm MV, Jain A. The current and projected economic burden of Parkinson's disease in the United States. Mov Disord. 2013. Mar;28(3):311-8

Indeks avtorjev / Author index

Ambrožič Borut.....	24
Avbelj Viktor	7, 35
Blažun Vošner Helena.....	37
Bobnar J.	65
Bon Jure	82
Brodnik Andrej.....	78
Budna Borut	32
Burger Helena	67
Burnard Michael.....	57
Cankar Matija	40
Čarman Dominik.....	7
Čigale Matej	69
Cikajlo Imre	67
Colnarič Matjaž	37
Cukjati Iztok.....	82
Cvetkovič Tom.....	7
Depolli Matjaž.....	62
Detela Jernej.....	37
Drnovšek Mateja	11, 15, 20
Enova Dušan	24
Enova Tej	24
Gams Matjaž	11, 15, 20, 28, 32, 53
Gjoreski Martin	32
Glavač Aljaž.....	28
Gradišek Anton	32, 69
Grasselli Gregor	15, 75
Jurič Simon.....	37
Kalan Aleš.....	44
Kališnik Jurij Matija.....	7, 82
Kocjančič Staša	35
Kokol Peter.....	37
Kolenik Tine.....	20
Kompara Tomaž.....	73
Kroflič Ž.....	65
Lukšič Nal	78
Luštrek Mitja	69
Luzar Anže	40
Matjačić Zlatko	67
Mesarič Katja	24
Mlakar Miha.....	69
Moravs Stanislav	37
Pavliha Denis	44
Peterlin Potisk Karmen.....	67
Pirtošek Zvezdan	82
Planinc Nataša	44
Poglajen Gregor	32
Rus Andrej	78
Savadkouhi R.	65
Šef Tomaž	46
Šimjanoska Monika.....	32
Širaiy Boris.....	50
Slemnik Bojan.....	37
Slevec Katarina	24
Smokvina A.....	65
Stanovnik Sašo	40

Tavčar Aleš	15, 53
Tošić Aleksandar.....	57
Trobec Roman.....	24, 50
Turčin Marko	37
Valič Jakob.....	61
Vičič Jernej.....	57
Vilhar Andrej	62
Vitorovič M.....	65
Završnik Jernej	37
Završnik Tadej	37
Žibert Janez	7, 78, 82
Živković Nenad.....	78
Žlahtič Gregor	37
Zorman Milan.....	37
Zupančič Jernej	28

Konferenca / Conference

Uredila / Edited by

**Delavnica za elektronsko in mobilno zdravje
ter pametna mesta /
Workshop Electronic and Mobile Health
and Smart Cities**

Matjaž Gams, Aleš Tavčar