

# Koncept sistema za odkrivanje vožnje v zavetrju na triatlonih Ironman

Iztok Fister, Iztok ml. Fister

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko  
Smetanova 17, 2000 Maribor, Slovenija  
E-pošta: iztok.fister@uni-mb.si

**Povzetek.** Eden največjih računalniških izzivov je danes načelo "dostopati do informacij od *koderkoli* in *kadarkoli*", ki se je še posebej uveljavilo v t. i. vseprisotnem računalništvu. Z velikim razmahom vseprisotnih pametnih naprav (npr. pametni telefoni) po eni strani in hitrim razvojem spletnega omrežja (to danes postaja tako rekoč edino vseprisotno omrežje) po drugi strani se čedalje širi tudi razvoj vseprisotnih aplikacij v realnem času. V tem članku se osredinjamo na problem odkrivanja vožnje v zavetrju na triatlonskih tekmovanjih Ironman, ki danes teži večino organizatorjev teh prireditelj. Na podlagi načel vseprisotnega računalništva postavimo koncept sistema za odkrivanje vožnje v zavetrju. Rezultati delovanja testnega sistema dokazujejo, da ta koncept z nadaljnjim razvojem računalniške tehnologije lahko postane realnost v bližnji prihodnosti.

**Ključne besede:** vseprisotno računalništvo, Android, mobilne naprave, GPS, spletne storitve, aplikacijski strežnik, triatlon

## Concept of drafting detection system in Ironmans

One of the biggest challenge for Computer Science today represents a paradigm "access to information from *everywhere* at *anytime*" that, especially, is put into effect by the pervasive computing. With a growth of this computing smart devices (e.g., smart-phones), on the one side, and a quick development of the Internet (this becomes the really pervasive network today), on the other side, a development of the real-time pervasive applications is broaden. In this article, we are focused on problem of a drafting detection in Ironman triathlons that causes big troubles to majority organizers of such competitions. A concept of drafting detection system in Ironman is developed on paradigms of pervasive computing. Results of performing the test system show that this concept in accordance with the further development of computer technologies could become reality in the near future.

## 1 UVOD

Vseprisotno računalništvo se je začelo leta 1991 z Weiserjevo [22] idejo o računalniku 21. stoletja. Ta postavlja v ospredje človeka in njegovo naravno okolje in potiska računalnik v ozadje (pojem izginjajoči računalnik). Navidezno računalniki uporabniku še vedno omogočajo interakcijo z informacijskimi napravami, vendar postajajo majhni in prirejeni namenu, za katerega so narejeni. To pa je v nasprotju s klasičnimi, velikimi in splošno namenskimi osebnimi računalniki.

Vseprisotno računalništvo postaja šele danes realnost, in to predvsem zaradi tehnološkega razvoja brezžične infrastrukture in mobilnih naprav. Te uporabljajo to infrastrukturo kot dostopno točko do informacijskih

storitev na spletnem omrežju. Informacija postaja tako dostopna *od vsepovsod*. Ker spletno omrežje zagotavlja neprekinjeno delovanje storitev, lahko te informacije zahtevamo *kadarkoli*. Seveda so rezultati teh storitev odvisni od *konteksta*, t. j. kdo, kje, kdaj in zakaj je v danem trenutku zahteval neko informacijo.

Pametni telefon postaja najpomembnejša mobilna naprava za dostop do spletnega omrežja, saj ima možnost brezžične komunikacije in zmogljivega procesiranja. Poleg navadnega telefoniranja in dostopa do informacijskih storitev omogoča tudi dodatne zmogljivosti, kot npr. globalno pozicioniranje (angl. Global Positioning System, krajše GPS), pospeškometer, kompas ipd. V tem članku se osredinjamo predvsem na globalno pozicioniranje, ki ga uporabimo pri razvoju koncepta za odkrivanje vožnje v zavetrju na triatlonih Ironman.

Ironman je triatlon, sestavljen iz treh maratonov [15]:

- plavalnega (3,8 kilometra),
- kolesarskega (180 kilometrov) in
- tekaškega (42,2 kilometra).

Na progi tekmovalca tekmuje sam, t. j. brez pomoči drugih sotekmovalcev. V želji po izboljšanju rezultatov pa tekmovalci to pravilo poštenega boja (angl. fair play) pogosto kršijo in si, predvsem pri kolesarjenju, pomagajo z vožnjo drug za drugim, pri čemer dosegajo večje hitrosti in hkrati hranijo moči za poznejše napore. Temu pravimo tudi vožnja v zavetrju (angl. drafting oz. slipstreaming). V skupini kolesarjev največ dela opravi vodilni tekmovalca, preostali pa vozijo v zavetrju tekmovalca pred seboj.

Takšno početje Svetovna triatlonska zveza (angl. World Triathlon Association, krajše WTC) kaznuje s

petminutnim postankom tekmovalca, ki vozi v zavetrju. Odkrivanje tega početja pa je vse prej kot enostavno. Danes so za odkrivanje zadolženi sodniki na motorjih, ki pa lahko pokrivajo samo določen del proge in ocenjujejo kršitve zelo subjektivno. Avtomatizirana rešitev, ki bi pomagala sodnikom pri odkrivanju tega pojava, je zato nujna.

V tem članku želimo postaviti koncept sistema za odkrivanje vožnje v zavetrju na Ironmanih. Sistem je sestavljen iz dveh delov:

- vseprisotne mobilne aplikacije in
- spletne kontekstno - odvisne storitve na spletnem strežniku.

Pri tem mobilna aplikacija deluje kot posrednik, ki pridobiva podatke o trenutni poziciji tekmovalca na kolesu prek naprave GPS in jo posreduje spletni storitvi. Ta na podlagi pozicij preostalih tekmovalcev izračuna, ali je dani tekmovalec v zavetrju, in če je, kako dolgo ta krši postavljena pravila WTC. Trajanje vožnje v zavetrju je pomembno zato, da ločimo ta pojav od prehitavanja.

Razvoj koncepta za odkrivanje vožnje v zavetrju je pripeljal do nastanka testnega sistema. Rezultati tega sistema so se pokazali kot zelo vspešni in dokazujejo, da lahko v bližnji prihodnosti postane sistem tudi praktično uporaben.

Struktura članka v nadaljevanju je naslednja: v drugem poglavju obravnavamo problem vožnje v zavetrju na Ironmanih. Tretje poglavje opisuje naš koncept sistema za odkrivanje vožnje v zavetrju. V četrtem poglavju predstavimo poskuse in rezultate, ki smo jih pridobili med testiranjem predlaganega sistema za odkrivanje vožnje v zavetrju. Članek končujemo s povzetkom opravljenega dela in usmeritvami za nadaljnje delo.

## 2 VOŽNJA V ZAVETRJU

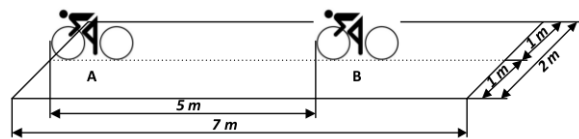
Čeprav danes obstaja več vrst triatlonov, pa ostaja Ironman še vedno eden najbolj prestižnih. Njegovi začetki segajo v leto 1978, ko je skupina navdušenih športnikov na havajskem otoku Oahu skušala premagati tri maratonske preizkušnje (plavanje, kolesarjenje in tek) v enem dnevu. V počastitev temu dogodku poteka vsako leto oktobra na Havajih svetovno prvenstvo v Ironmanu. Ironman ostaja najtežja enodnevna preizkušnja na svetu [18], ki dobiva iz dneva v dan več privržencev.

Klasična tekma v Ironmanu je prikazana na sliki 2, iz katere lahko razberemo, da tekmovanje po disciplinah poteka zaporedno. Po skupinskem startu tekmovalci najprej opravijo s plavanjem, sledi kolesarjenje in se konča s tekom. Na progi sta tudi dva menjalna prostora (MP1 in MP2 na sliki 1). V prvem tekmovalce odloži neoprensko plavalno obleko in se pripravi na kolesarjenje, v drugem pa odloži kolo in se pripravi na tek. Časi, ki jih tekmovalce porabi za pripravo v menjalnem prostoru in so običajno krajši od dveh minut, se skupaj z rezultati preostalih treh disciplin štejejo k skupnemu dosežku.

Vožnja v zavetrju se na takih tekmovanjih največkrat pojavlja pri kolesarjenju in označuje pojav, ko en tekmovalce vozi tik za drugim in se tako izogiba uporabi vetra. Tekmovalce v zavetrju pri tem lahko poveča povprečno hitrost vožnje in hkrati varčuje s porabo energije. Običajno na Ironmanih vozi skupaj več tekmovalcev, ki s skupnimi močmi hitreje drvi proti cilju. Taka vožnja pa ne odraža dejanske sposobnosti nekega tekmovalca in jo zato WTC regulira z naslednjimi pravili [23]:

- Vožnja v zavetrju sotekmovalca oz. drugega vozila ni dovoljena.
- Tekmovalci morajo držati razdaljo vsaj sedem metrov (oz. štirih dolžin kolesa), razen pri prehitovanju.
- Prehitovanje nastopi, ko prednje kolo tekmovalca, ki prehitava, prehitijo prednje kolo tekmovalca, ki ga prehitavamo.
- Tekmovalca prehitavamo po levi strani največ do 20 sekund, in se nato umaknemo na desni rob cestišča.
- Tekmovalce, ki ga prehitimo, se mora oddaljiti za sedem metrov, preden lahko začne napadati spredaj vozečega tekmovalca.

Primer vožnje v zavetrju je prikazan na sliki 2, kjer tekmovalce *A* vozi neposredno za tekmovalcem *B* v oddaljenosti petih metrov. Če tekmovalce *B* te razdalje do tekmovalca *A* ne poveča na sedem metrov v 20 sekundah, ga sodnik lahko kaznuje zaradi vožnje v zavetrju. Iz slike lahko razberemo, da t. i. cona zavetrja za tekmovalcem *A* ni določena samo z linijo sedmih metrov, ampak s pravokotnikom  $2 \times 7$  metrov, oz. meter levo in meter desno od tekmovalca *A*. To pomeni, da kjerkoli znotraj tega navideznega pravokotnika za tekmovalcem *A* se tekmovalce *B* zadržuje več kot 20 sekund, lahko njegovo vožnjo razglasimo kot vožnjo v zavetrju.



Slika 2: Vožnja v zavetrju

Pojav na uradnih tekmovanjih odkrivajo in kaznujejo sodniki na motorjih, ki pa imajo zaradi prevelikega števila tekmovalcev na progi (tudi več kot 2.000) obilico problemov, kot na primer:

- sočasno lahko obravnavajo samo del proge,
- oddaljenost tekmovalcev med seboj lahko ocenjujejo le po občutku in
- tudi trajanje kršitve je prepuščeno osebni presoji sodnika.

Vseprisotno računalništvo nam pri iskanju avtomatizirane rešitve tega problema lahko veliko pomaga, saj lahko sočasno obravnavamo vse tekmovalce na progi, s pomočjo sprejemnikov GPS pa natančneje določamo

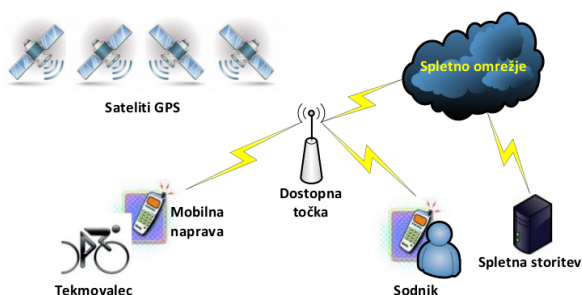


Slika 1: Triatlon Ironman

oddaljenosti tekmovalcev in trajanje kršitev vožnje v zavetrju. Omenjene prednosti skušamo vgraditi v koncept sistema za odkrivanje vožnje v zavetrju, ki ga opisujemo v nadaljevanju.

### 3 KONCEPT SISTEMA ZA ODKRIVANJE VOŽNJE V ZAVETRJU

Koncept predlaganega sistema za odkrivanje vožnje v zavetrju predstavljamo na sliki 3, iz katere je razvidno, da je osnova sistema mobilna naprava, ki jo tekmovalec vozi s seboj. Ta mobilna naprava s pomočjo sprejemnika GPS dobiva podatke o trenutni poziciji tekmovalca in to pozicijo pošilja prek brezžičnega modema spletni storitvi, ki ugotavlja, ali ta krši pravila vožnje v zavetrju. Te kršitve lahko spremlja sodnik na motorju sprotno prek podobne mobilne naprave.



Slika 3: Koncept sistema za odkrivanje vožnje v zavetrju

Predlagani koncept sestoji iz štirih delov:

- sprejemnika GPS,
- brezžičnega modema,
- vseprisotnega odjemalca spletnih storitev in
- spletne storitve.

Poudarimo, da imajo današnji pametni telefoni sprejemnike GPS in brezžične modeme že vgrajene. Na njih teče operacijski sistem (npr. Windows Mobile, BlackBerry, MacOS, Android, ipd.) s platformo, ki omogoča razvoj odjemalcev spletnih storitev v višjem programskem jeziku. Platforma Android [5], [6], ki smo jo uporabili pri našem delu, omogoča razvoj vseprisotnih aplikacij [11] v programskem jeziku Java [4] in razvojnem orodju Eclipse [1]. Ker je natančnost izračuna razdalj med tekmovalci odvisna od natančnosti sprejemnika GPS, v nadaljevanju prikazujemo navigacijske

tehnologije podrobneje. Poglavje končujemo z opisom spletne storitve za odkrivanje vožnje v zavetrju.

#### 3.1 Navigacijski sistemi GPS, DGPS in Galileo

GPS je globalni navigacijski sistem, ki se je začel razvijati leta 1973 pod okriljem obrambnega ministrstva ZDA [7]. Temelji na množici oddajnih satelitov, ki krožijo v Zemljini orbiti. Sistem GPS uporablja te satelite kot referenčne točke za izračun pozicije objektov na Zemlji. Za ta izračun potrebuje povezavo z vsaj štirimi oddajnimi sateliti. Vsak satelit sprejemniku pošilja sporočila z informacijo o svoji natančni poziciji. Sprejemnik GPS prejeta sporočila uporabi za izračun svoje pozicije na Zemlji po metodi triangulacije [24]. Ta pozicija je po navadi predstavljena v geografskih koordinatah, t.j. zemeljski širini, dolžini in nadmorski višini.

GPS je sestavljen iz treh elementov: vesoljskega, uporabniškega in nadzornega. Vesoljski segment sestoji iz 24 do 31 satelitov, ki krožijo v konstelaciji GPS z rotacijo Zemlje na višini približno 20 km. Uporabniški segment je sestavljen iz sprejemnikov GPS (npr. Garmin, Polar, Suunto, mobilni telefoni ipd.). Nadzorni sistem skrbi, da sateliti GPS v orbiti delujejo pravilno in učinkovito.

GPS omogoča dve ravni storitev [13]:

- standardno (angl. Standard Positioning System, krajše SPS) in
- natančno (angl. Precise Positioning System, krajše PPS).

Standardna pozicionira objekte na Zemlji do 20 metrov natančno in je namenjena široki uporabi. Drugi je preciznejši, saj umešča objekte do nekaj centimetrov natančno in je namenjen vojaški uporabi.

Standardnega GPS ne moremo uporabiti za natančnejše pozicioniranje objektov na Zemlji zaradi različnih vzrokov, ki vplivajo na zmogljivost sistema GPS [3]. Ti vzroki se nanašajo na efekte ionosfere in troposfere, rednega vzdrževanja satelitov, nanačrtovanih okvar satelitov in nedelovanja satelitov zaradi načrtovanega vzdrževanja. Te anomalije lahko vplivajo na napake pri sporočanju pozicij satelitov, kar vpliva na zmanjšano natančnost, razpoložljivost, odzivnost in varnost podatkov GPS. Zaradi teh težav je nastala diferenčna metoda GPS (angl. Differential Global Positioning System, krajše DGPS) [16]. Ta temelji na korekcijskih signalih, ki jih oddajajo oddajniki na

geostacionarnih satelitih. Ta metoda bistveno poveča natančnost (do pet metrov natančno) standardnega GPS. V Evropi uporabljamo diferenčni sistem EGNOS, v ZDA pa WAAS.

Galileo je globalni navigacijski satelitski sistem [16], ki je trenutno v izgradnji. Nastaja pod okriljem Evropske unije oz. Evropske vesoljske agencije ESA. Namen projekta Galileo, vrednega 20 milijard evrov, je ustvariti navigacijski sistem, ki bo Evropi zagotavljal visoko natančnost pozicioniranja, in ki bo neodvisen od ameriškega sistema GPS oz. ruskega sistema GLO-NASS. Sistem naj bi začel leta 2012 in bi imel dva nadzorna centra, t. j. v Italiji in Nemčiji. Galileo bo imel v orbiti 30 satelitov, ki bodo krožili na višini 23.222 km. V prosti uporabi bo zagotavljal pozicioniranje objektov do enega metra natančno, za komercialne potrebe pa bo še natančnejši, t. j. do enega centimetra natančno.

### 3.2 Spletna storitev za odkrivanje vožnje v zavetrju

Vseprisotnega odjemalca lahko najpreprosteje povežemo s spletnim strežnikom prek spletne storitve (angl. Web service). Za izmenjavo sporočil med spletnimi storitvami je storitveno orientirana arhitektura (angl. Service Oriented Architecture, krajše SOA) de-facto standard [2]. SOA sestoji iz štirih standardov:

- XML (angl. Extensible Markup Language): namenjen označevanju podatkov,
- SOAP (angl. Service Oriented Architecture Protocol): je protokol za prenos sporočil,
- WSDL (angl. Web Service Definition Language): uporabljamo za opis razpoložljivih storitev na spletu in
- UDDI (angl. Universal Description, Discovery and Integration): omogoča iskanje spletnih storitev.

Zaradi množice protokolov razvoj spletnih storitev ni preprost, zato je podjetje Apache razvilo orodje AXIS2 [12], ki programerjem omogoča delo s spletnimi storitvami na višji ravni. To orodje je integrirano tudi v Eclipse in ga uporabljamo tudi pri razvoju našega koncepta.

Obstaja več arhitekturnih rešitev za povezavo med mobilnimi napravami in arhitekturami SOA. V našem konceptu smo uporabili neposredno klicanje spletnih storitev, t. j. vse zahteve iz mobilne naprave pošljemo spletni storitvi neposredno, kar pomeni, da mora za zavijanje in odvijanje sporočil SOAP poskrbeti odjemalec sam. Na operacijskem sistemu Android te funkcionalnosti omogoča knjižnica KSOAP2.

Podatki o pozicijah tekmovalcev, ki jih pošilja vseprisotni odjemalec z mobilne naprave, so zapisani v geografskih koordinatah oblike  $(lon, lat, alt)$ , kjer  $lon$  označuje geografsko širino (longituda),  $lat$  geografsko dolžino (latituda) in  $alt$  nadmorsko višino (altituda). Z geografskimi koordinatami je težko računati, zato jih je treba s pomočjo Merkatorjeve projekcije transformirati v tridimenzionalni koordinatni sistem UTM (angl. Universal Transverse Mercator system) [14]. Koordinatni sis-

tem UTM je Merkatorjeva projekcija Zemlje na ravnino in jo deli na 60 longitudinalnih ter 30 latitudnih con. Vsaka pozicija je v tem koordinatnem sistemu predstavljena kot četvorka  $(lon\_cona, lat\_cona, vzhod, sever)$ , kjer  $lon\_cona$  in  $lat\_cona$  pomenita številko longitudinalne oz. latitudne cone,  $vzhod$  predstavlja projicirano razdaljo od centralnega poldnevnik in  $sever$  projicirano razdaljo od ekvatorja. Obe vrednosti  $vzhod$  in  $sever$  sta definirani v metrih. Čeprav so težišče transformacije geografskih koordinat v koordinatni sistem UTM osnovne trigonometrične in algebrske funkcije, pa so transformacijske formule zelo zahtevne [21], [20]. Zato smo pri svojem delu uporabili implementacijo transformacije avtorja Salkosua v Javi [19].

Pri izračunavanju razdalj med tekmovalci uporabimo evklidsko razdaljo med dvema točkama v ravnini. Ker zajemamo pozicije tekmovalcev vsako sekundo in obravnavamo samo tekmovalce v neposredni bližini določenega tekmovalca, t. j. v njegovi coni zavetrja, višino lahko zanemarimo.

Algoritem za ugotavljanje vožnje v zavetrju je relativno preprost. Vsak zapis o trenutni poziciji tekmovalca lahko predstavimo kot šestorko  $(i, x, y, z, t, l)$ , kjer  $i$  označuje startno številko tekmovalca,  $x, y, z$  njegovo trenutno pozicijo v koordinatnem sistemu UTM,  $t$  čas nastanka zapisa in  $l$  izračunano dolžino poti, ki jo je prevozil  $i$ -ti tekmovalec. Izračunano dolžino poti  $l$  dobimo s projekcijo trenutne pozicije  $i$ -tega tekmovalca na premico, ki povezuje točke, dobljene pri označevanju kolesarske proge s precizno napravo GPS v sekundnih intervalih. To označevanje proge opravimo pred samim začetkom kolesarskega tekmovanja.

Dolžina prevožene poti  $l$  vpliva na trenutno uvrstitev tekmovalca, t. j. večja je dolžina prevožene poti, boljša je uvrstitev tekmovalca. Uvrstitev tekmovalca določamo s sortirnim algoritmom glede na padajočo dolžino prevožene poti  $l$ . Zaradi gostega zajema trenutnih pozicij tekmovalcev na progi se orientiramo samo na uvrstitve tekmovalcev v neposredni okolici  $i$ -tega tekmovalca in je zato število zamenjav, potrebnih pri sortiranju, majhno.

Ko imamo uvrstitev  $i$ -tega tekmovalca določeno, je treba preveriti, kakšna je njegova razdalja do naslednjega tekmovalca  $i + 1$ . Če je ta manjša od sedmih metrov za več kot 20 sekund, algoritem sporoči kršitev vožnje v zavetrju.

## 4 POSKUSI IN REZULTATI

Cilj eksperimentalnega dela je bil pokazati, da lahko današnje mobilne naprave uporabimo pri ugotavljanju vožnje v zavetrju. S tem namenom smo izvedli dva testa:

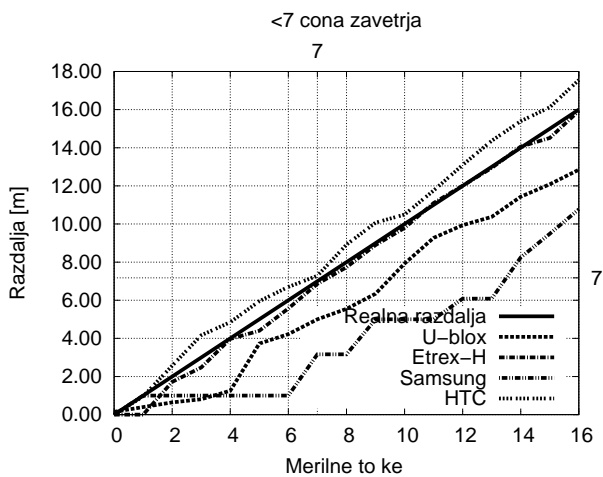
- primerjavo referenčnih razdalj na Zemlji z razdaljami, ki smo jih izračunali na podlagi podatkov iz sprejemnika GPS in
- simulacijo vožnje v zavetrju.

V prvem poskusu smo na Zemlji označili 14 kolirnih točk v medsebojni oddaljenosti enega metra. Z različnimi mobilnimi napravami smo se sprehodili po teh točkah in pri tem vsako sekundo izmerili njihove pozicije GPS. Iz teh pozicij smo izračunali razdaljo do izhodiščne točke. Po točkah smo se sprehajali s hitrostjo 1 meter na sekundo. V testu nas je zanimalo, kako občutljive so naprave GPS na razdaljo v okolici sedmih metrov, kjer zaznavamo vožnjo v zavetrju. Uporabili smo naslednje naprave GPS:

- pametni telefon Samsung Galaxy,
- pametni telefon HTC Wildfire,
- napravo U-blox, priključeno na prenosni PC z vmesnikom USB in
- napravo Garmin Etrex-H.

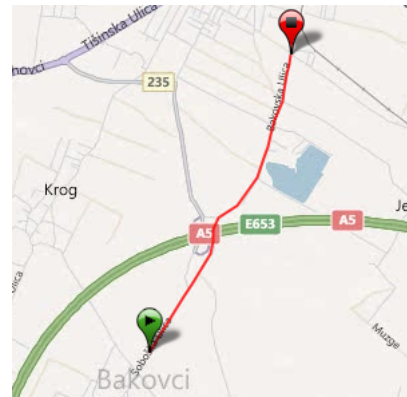
Vse naprave zajemajo pozicije GPS v intervalih ene sekunde. Naprava Etrex-H te pozicije shranjuje v pomnilnik. Ta pomnilnik lahko po dejavnosti prepisemo na PC v obliki datotek GPX. Podobno je tudi z napravo U-blox, medtem ko podatke GPS s pametnih telefonov obdelujemo sproti.

Rezultate izračunov prikazujemo na sliki 4. V grafu je s polno črto označena realna razdalja točk na Zemlji, z linijama < 7"pa označujemo cono zavetrja. Iz grafa lahko razberemo, da se najbližje realni razdalji približamo z napravo Garmin Etrex-H. Od pametnih telefonov je zelo blizu tudi HTC Wildfire, ki je tudi najresnejši kandidat za uporabo v praksi.



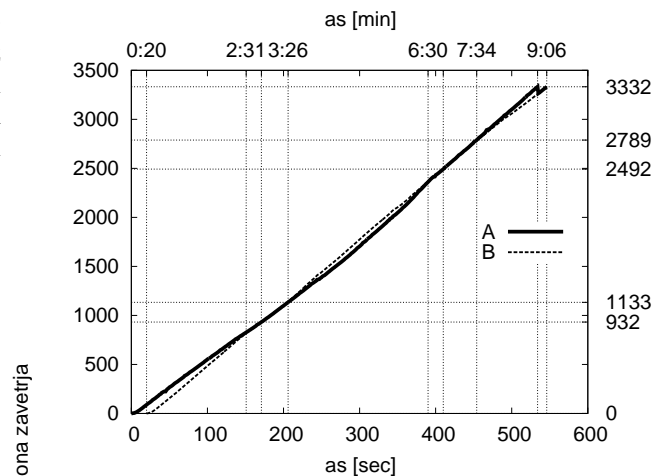
Slika 4: Primerjava referenčnih razdalj z izračunanimi razdaljami

V drugem poskusu simuliramo vožnjo v zavetrju. Pri tem poskusu dva tekmovalca na dirkalnih kolesih premagujeta progo dolgo 3,332 km (slika 5). Proga je razmeroma preprosta brez vzponov. Oba tekmovalca sta bila opremljena s športnima urama Garmin Forerunner 110, ki imata vgrajene zelo natančne sprejemnike DGPS. Podatke o vožnjah obeh tekmovalcev smo prepisali z obeh ur v datoteki v formatu .GPX.



Slika 5: Trasa kolesarske dirke (povzeto po Google Map)

Za simulacijo dirke smo razvili agenta, ki čita datoteki in v realnem času sporoča podatke sistemu za odkrivanje vožnje v zavetrju. Pametni telefon je neroden za vožnjo, potrebuje pa tudi povezavo z javnim brezžičnim omrežjem, ki pa ni zastoj. Zato smo raje izbrali športne ure.



Slika 6: Simulacija vožnje v zavetrju

Dirko obeh tekmovalcev prikazujemo na sliki 6, iz katere lahko razberemo, da je tekmovalec A startal 20 sekund pred tekmovalcem B. Tekmovalec B ga je po času 2:31 minute ujel in po pretečenih 20 sekundah v njegovem zavetrju začel kršiti pravila vožnje v zavetrju. Dogodek je sistem za odkrivanje vožnje v zavetrju korektno zaznal. Po dvesto metrih vožnje v zavetrju je tekmovalec B prehitel tekmovalca A in vozil pred njim v razdalji 20 do 30 metrov. V času 6:30 minut od starta tekmovalca A se je obrnilo. Tako je tekmovalec A vozil v zavetrju tekmovalca B okrog 300 metrov, ga prehitel in dirko končal v času 8:54 minut oz. 12 sekund pred tekmovalcem B. Tudi drugič je sistem kršitev vožnje v zavetrju korektno zaznal. Ker je tekmovalec A startal 20 sekund pred tekmovalcem B je bil zadnji v resnici 8 sekund hitrejši od prvega.

Na splošnem lahko povzamemo, da je vožnja v zavetru mogoče odkrivati s pomočjo današnjih mobilnih naprav z vgrajenimi sprejemniki GPS. Pametni telefoni sicer omogočajo omenjene funkcionalnosti, vendar so za uporabo na dirkalnih kolesih neprimerni. Problem je tudi velika poraba električne energije, ki pri polni obremenitvi ne pokrije trajanja celotne kolesarske dirke (6 ur pri hitrosti 30 km/h). Veliko primernejše bi bile namenske mobilne naprave z vgrajenimi zelo natančnimi napravami GPS in zmogljivimi brezžičnimi modemi.

## 5 SKLEP

V članku smo pokazali, da odkrivanje vožnje v zavetru na Ironmanih ni več iluzija, ampak bi jo bilo mogoče uporabiti v bližnji prihodnosti. K temu prepričanju nas sili več dejstev, kot na primer: navigacijski sistem Galileo je tik pred dokončanjem in bo omogočal natančnost umeščanja objektov na Zemlji boljšo od enega centimetra. Z nastopom mobilnih omrežij 4G [17] se povečuje njihova zmogljivost. Vseprisotno računalništvo se naglo vzpenja. Na trg prihajajo ponudniki namenskih vseprisotnih naprav, ki združujejo natančne sprejemnike GPS z brezžičnimi modemi v mobilnih napravah, ki so zelo lahke, poceni in imajo majhno porabo. Takšne vrste naprav so lahko ključ do rešitve naših problemov.

V nadaljevanju dela želimo integrirati sistem za odkrivanje vožnje v zavetru z merilnim sistemom, ki ga nadzorujemo z domensko-specifičnim jezikom EasyTime [8], [9], [10].

## ZAHVALA

Raziskavo je omogočilo Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo Republike Slovenije v okviru programa P2-0041 - Računalniški sistemi, metodologije in inteligentne storitve.

## LITERATURA

- [1] D. Abbott *Embedded Linux Development using Eclipse*, Elsevier Inc., Burlington, 2009.
- [2] G. Alonso, F. Casati, H. Kuno, V. Machiraju *Web Services: Concepts, Architectures and Applications*, Springer Verlag, 2010.
- [3] D.C. Agnew, K.M. Larson *Finding the repeat times of the GPS constellation*, Springer Verlag, Berlin, 2007.
- [4] D. Bell, M. Parr *Java for Students*, Prentice-Hall, 2010.
- [5] E. Brunette *Hello, Android: Introducing Google's Mobile Development Platform*, Pragmatic Bookshelf, 2010.
- [6] L. Darcey, S. Conder *Android: Wireless Application Development*, Addison Wesley, Upper Saddle River, 2011.
- [7] A. J. Dierendonck "GPS Receivers," In: B. W. Parkinson, and J. J. Spilker (Eds.): *Global Positioning System: Theory and Applications*, American Institute of Aeronautics and Astronautics, vol. 1, 1996.
- [8] I. Jr. Fister, I. Fister, M. Mernik, and J. Brest, "Design and implementation of domain-specific language Easytime," *Computer Languages, Systems & Structures*, 2011, Article in press.
- [9] I. Jr. Fister, M. Mernik, I. Fister, D. Hrnčič, "Implementation of the Domain-Specific Language EasyTime using a LISA Compiler Generator," *Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems*, pp. 801–808, 2011.
- [10] I. Jr. Fister, I. Fister, "Measuring Time in Sporting Competitions with the Domain-Specific Language EasyTime," *Electrotechnical Review*, vol. 78, no. 1–2, pp. 34–41, 2011.
- [11] B. Fling *Mobile Design and Development*, O'Reilly Media, 2009.
- [12] D. Jayasinghe, A. Azeez *Apache Axis2 Web Services*, Packt Publishing, 2011.
- [13] P. Misra, P. Enge *Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance*, Ganga-Jamuna Press, Lincoln, Massachusetts, 2010.
- [14] TM8358.2 *The Universal Grids: Universal Transverse Mercator (UTM) and Universal Polar Stereographic (UPS)*, Defense Mapping Agency, 1989.
- [15] S. Petschnig *10 Jahre Ironman Triathlon Austria (Ironman Edition)*, Meyer & Meyer Sport, 2007.
- [16] R. Prasad, M. Ruggieri *Applied Satellite Navigation Using GPS, GALILEO, and Augmentation Systems*, Artech House, Boston, 2005.
- [17] R. Prasad, S. Dixit, R. van Nee, T. Ojanpera *Globalization of Mobile and Wireless Communications: Today and in 2020*, Springer Verlag, 2010.
- [18] S. Rauter, M. Doupona Topič "Perspectives of the sport-oriented public in Slovenia on extreme sports," *Kinesiology*, vol. 43, no. 1, pp. 82–90, 2011.
- [19] Coordinate conversions made easy <http://www.ibm.com/developerworks/java/library/j-coordconvert>, 2011.
- [20] P.J.G. Teunissen, "A optimality property of the integer least-squares estimator," *Journal of Geodesy*, vol. 73, no. 11, pp. 587–593, 1999.
- [21] T. Vincenty, "Direct and inverse solutions of geodesics on the ellipsoid with application of nested equations," *Survey Review*, vol. 22, no. 176, pp. 88–93, 1975.
- [22] M. Weiser *The computer for the 21st Century*, *Scientific American*, vol. 3, pp. 94–104, 1991.
- [23] World Triathlon Corporation: IRONMAN Rules, *WTC Technical Report*, 2010.
- [24] B. Žalik "An efficient sweep-line Delaunay triangulation algorithm," *Computer-Aided Design*, vol. 37, no. 10, pp. 1027–1038, 2005.

**Iztok Fister** je leta 1983 diplomiral na Fakulteti za elektrotehniko in računalništvo Univerze v Ljubljani. Doktorsko disertacijo je leta 2007 zagovarjal na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru leta 2007. Od leta 2010 je zaposlen kot asistent v Laboratoriju za računalniške arhitekture in jezike na isti fakulteti. Raziskovalno se ukvarja z računalniškimi arhitekturami, programskimi jeziki, operacijskimi raziskavami, umetno inteligenco in evolucijskim računanjem. Je tudi član IEEE.

**Iztok ml. Fister** je magistrski študent Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru. Poleg študija in raziskovalne dejavnosti, je navdušeni triatlonec. Je tudi študentski član IEEE.