

# Z REPOZITORIJEM ZA PREPOZNAVANJE AKTIVNOSTI DO BOLJ PRIMERLJIVIH REZULTATOV IN HITREJŠEGA NAPREDKA NA PODROČJU AMBIENTALNE INTELIGENCE

*Simon Kozina<sup>1,2</sup>, Boštjan Kaluža<sup>1</sup>, Mitja Luštrek<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Odsek za inteligentne sisteme  
Institut Jožef Stefan  
Jamova 39, 1000 Ljubljana, Slovenija

<sup>2</sup>Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana  
Jamova 39  
1000 Ljubljana, Slovenija

e-mail: {simon.kozina, bostjan.kaluza, mitja.lustrek}@ijs.si

## POVZETEK

Področje ambientalne inteligence se zadnja leta pospešeno razvija. Rezultate razvoja se uporablja v številnih aplikacijah. Eden od ključnih faktorjev takšnih aplikacij je uspešen in zanesljiv sistem sposoben prepoznati aktivnosti, ki jih uporabnik trenutno izvaja in razumeti kontekst, v katerem se to dogaja. Pri razvoju takšnih sistemov se pojavljata dve pomanjkljivosti: (i) prenosljivost, tj., določena implementacija sistema je tesno povezana z izbranim algoritmom strojnega učenja, senzorji, ki so na voljo in domeno, kjer se aplikacija uporablja; in (ii) primerljivost, tj. trenutno ne obstaja referenčna podatkovna zbirka, ki bi omogočala neposredno primerjanje različnih pristopov. Članek na začetku predstavi trenutne poskuse pri snovanju referenčnih zbirk podatkov in nato predlaga centralizirano zbirko podatkov s katero bi lahko primerjali različne sisteme. Glavna ideja je vzpostaviti spletni repozitorij, kjer bi bile shranjene različne podatkovne zbirke, opisane naloge, opravila in rezultati posameznih zbirk. Tako bi se od donatorjev zbirke podatkov pričakovalo, da bi prispevali tudi kratek opis podatkov, nalog in rezultatov, do katerih so prišli med procesiranjem podatkov, relevantnih člankov in povezav do orodij za implementacijo njihovih pristopov. To bi ostalim raziskovalcem na področju ambientalne inteligence omogočilo hitro napredovanje, enostavno uporabo drugih podatkovnih zbirk in primerjavo razvitih pristopov z namenom čimbolj uspešnega napredka celotnega področja.

## 1 UVOD

Trenutni napredek na področju ambientalne inteligence (AmI) je izpostavil celo vrsto aplikacij, ki so občutljive in odzivne na prisotnost ljudi. Ena od pomembnejših lastnosti takšnih aplikacij je učinkovito in zanesljivo prepoznavanje

aktivnosti ljudi. Le-to mora biti sposobno, glede na dano kontekstno informacijo, tudi razumeti zakaj uporabnik izvaja trenutne aktivnosti. V težnji po razvoju aplikacij, ki bi delovale zanesljivo tudi v realnem življenju, morajo biti testi takšnih aplikacij dobro načrtovani in raznoliki. Večinoma so testi opravljeni na podatkovnih zbirkah, ki jih za določen problem pripravijo kar razvijalci sistema.

Obstaja kar nekaj AmI sistemov, ki so se izkazali za uporabne tudi pri scenarijih iz resničnega življenja [6, 13] vendar je primerjava med njimi skoraj nemogoča zaradi različnih scenarijev testiranja, različnega okolja, senzorjev in pristopa. Kot primer lahko vzamemo problem detekcije padcev, kjer je bilo narejeno veliko študij in razvitih veliko pristopov, ki ugotavljajo padce uporabnikov s pomočjo pospeškov. Vsak od teh sistemov v namen testiranja uporablja lastno podatkovno zbirko. Neposredna primerjava med različnimi metodami nemogoča je tako nemogoča.

V zadnjem času je kar nekaj raziskovalnih skupin začelo s prvimi koraki k reševanju tega problema. Leta 2010 je bilo organizirano tekmovanje »International Workshop on Frontiers of Activity Recognition« [5], ki je vzpodbujalo iskanje novih izzivov in nastanek novih metod za prepoznavanje aktivnosti iz videa. Za potrebe tekmovanja je bila na razpolago zbirka videov VIRAT [11], ki vsebuje scenarije posnete z več kamerami v naravnem, resničnem okolju. Kamere imajo različne resolucije, dinamične frekvence, različne vidne kote in različne stopnje šuma. Naloga je bila razviti algoritem za prepoznavanje aktivnosti, ki je sposoben obravnavati vse zgoraj naštetih pomanjkljivosti. Naslednje leto, 2011, je bilo tekmovanje ponovno organizirano (»Activity Recognition Competition Workshop« [4]). Tokrat so bile posnetkom dodane tudi oznake aktivnosti v težnji za boljšo analizo podatkov.

Še eno od tekmovanj za prepoznavanje aktivnosti je »Opportunity Activity Recognition Challenge« [12], katero je bilo organizirano leta 2011 in je del evropskega projekta »Opportunity«. Ta je usmerjen v iskanje in razvoj novih generičnih pristopov, algoritmov in arhitektur sistemov, ki

bi bili sposobni prepoznati višjenivojske aktivnosti in kontekstne informacije kljub temu, da na voljo ni točnih oz. zadostnih informacij o razpoložljivosti in karakteristikah senzorjev [10]. V ta namen je bila ustvarjena podatkovna zbirka v bogatem senzorskem okolju. Skupaj je bilo posnetih 72 senzorjev vgrajenih v okolico in nošenih na testnih osebah. Zbirka je označena tako z višjenivojskimi aktivnostmi kot tudi z atomičnimi aktivnostmi. Tekmovanje je bilo razdeljeno na štiri naloge: (1) prepoznavanje aktivnosti s senzorji pritrjenimi na uporabnika, (2) avtomatska detekcija časovnih intervalov, kjer se ne dogaja nič pomembnega, (3) detekcija in prepoznavanje premikov rok, in (4) detekcija in prepoznavanje premikov rok, ko je testnim podatkom dodan šum.

Zadnji tekmovanji sta bili organizirani leta 2011 in 2012 pod skupnim naslovom: »Evaluating AAL systems through competitive benchmarking« [2]. V nasprotju z ostalimi tekmovanji, so morali sodelujoči sami zagotoviti in priskrbeti strojno opremo in tudi programske komponente sistema, ki so bili nato testirani s pomočjo vnaprej določenega scenarija. Tekmovanji sta bili razdeljeni na dve nalogi: (1) notranja lokalizacija in sledenje uporabnikom, kjer je bil cilj najti najboljši notranji lokalizacijski sistem, in (2) prepoznavanje aktivnosti, katerega cilj je bilo najti trenutno najboljši sistem za prepoznavanje aktivnosti.

Cilj tega članka je predlagati centralizirano zbirko orodij, člankov in seveda podatkovnih zbirk, ki bi služile lažji evalvaciji sistemov za prepoznavanje aktivnosti. Naš cilj je vzpostavitev spletnega repozitorija podatkovnih zbirk, ki bi vsebovale vse osnovne informacije o podatkih, vse potrebne informacije in orodja za uspešno uporabo teh podatkov in povezave na sorodne članke. Tako bi se od donatorjev podatkovnih zbirk pričakovalo, da bi prispevali tudi kratek opis podatkov, nalog in rezultatov, do katerih so prišli med procesiranjem podatkov, relevantnih člankov in povezav do orodij za implementacijo njihovih pristopov. To bi ostalim raziskovalcem na področju ambientalne inteligence omogočilo hitrejšo napredovanje, enostavno uporabo drugih podatkovnih zbirk in primerjavo razvitih pristopov z namenom čimbolj uspešnega napredka celotnega področja.

V nadaljevanju je predstavljena osnovna ideja spletnega repozitorija in tri podatkovne zbirke, katere le-ta že vsebuje. Glavna ideja ni vsiljevanje naše ideje drugim raziskovalcem na tem področju, temveč začeti diskusijo, kako bi lahko naš repozitorij preoblikovali na tak način, da bi bil primeren za čimširši krog ljudi. Na začetku predstavimo različne tipe podatkovnih zbirk, katere so razdeljene glede na domeno, tip senzorjev in nalogo. Nato predlagamo strukturo repozitorija in opišemo trenutno implementacijo. Na koncu predstavimo še tri podatkovne zbirke, ki so že dodane repozitoriju.

## 2 TIPI PODATKOVNIH ZBIRK

Področje ambientalne inteligence je zelo obširno, kar pomeni, da se raziskovalci ukvarjajo z množico različnih problemov in še večjim številom podatkov. Podatkovne zbirke lahko kategoriziramo glede na različne kriterije: tip

senzorjev, ki so uporabljeni pri snemanju podatkov, problem za katerega so bili posneti podatki in domeno problema. Nekatero zbirke podatkov so seveda lahko označene tudi z več oznakami pri posameznem kriteriju.

V prvi kategoriji ločimo podatkovne zbirke glede na uporabljeno strojno opremo pri snemanju le-teh. Ta kategorija vsebuje naslednje podkategorije: (1) okoljski senzorji, ki so lahko vgrajeni v bivalni prostor (kot primer: senzorji pritiska vgrajeni v kuhinjska tla) ali v/na predmete (kot primer: RFID značke v kuhinjskih napravah); (2) strojna oprema za zajem videa, ki obsega kamere in infrardečo detekcijo gibanja za namen lokalizacije; (3) senzorji, ki jih uporabnik nosi, kot so: lokacijski senzorji, inercialni senzorji, katere sestavljajo pospeškometri, žiroskopi in merilci magnetnega polja.

V drugi kategoriji delimo podatkovne zbirke glede na problem, ki ga s temi podatki lahko rešimo. V to kategorijo spadajo: atomično prepoznavanje aktivnosti, kompleksno prepoznavanje višjenivojskih aktivnosti in planov, prepoznavanje obnašanja, analiza aktivnosti, poraba energije, ipd. Tretja kategorija opisuje domeno aplikacije, kot primer: nadzorovanje zdravja posameznika, prepoznavanje bolezni, detekcija sumljivega obnašanja, športna analiza, ipd.

Upoštevati bi morali tudi možnost razlikovanja med sintetično generiranimi podatki in podatki, ki so posneti v realnem okolju.

## 3 REPOZITORIJ

Trenutno je implementirana začetna verzija spletnega repozitorija [1]. Repozitorij je sestavljen iz začetne/glavne strani in strani z opisi posameznih podatkovnih zbirk. Začetna stran ponuja pregled podatkovnih zbirk, ki so organizirane v kategorije, ki so bile definirane v prejšnjem poglavju. Poudariti je potrebno, da tako kategorije kot podkategorije niso dokončno določene, saj lahko po potrebi dodajamo nove kategorije in podkategorije. Prva kategorija, strojna oprema uporabljena pri zajemu podatkov, vsebuje naslednje oznake: RFID značke, lokalizacijski senzorji, pospeškometri, žiroskopi, merilci magnetnega polja, infrardeča detekcija gibanja in lokacijski senzorji. Oznake v drugi kategoriji, ki označuje vrsto problema za katerega je bila podatkovna zbirka posneta so: prepoznavanje aktivnosti, prepoznavanje gest, prepoznavanje položajev, razpoznavanje hoje, detekcija padcev in analiza zdravja. Dodatno smo vključili še kategorijo, ki označuje način učenja iz podatkov tj. ali podatki vsebujejo oznako razreda in lahko uporabimo algoritme za nadzorovano stojno učenje ali podatki ne vsebujejo oznake razreda in moramo uporabiti algoritme za nenadzorovano strojno učenje.

Na začetni strani dobi uporabnik kar nekaj uporabnih informacij, recimo zadnje dodane podatkovne zbirke. Nahajajo se tudi povezave do zanimivih spletnih strani - do spletnih strani organizacij, ki so organizirale tekmovanja v prepoznavanju aktivnosti, do konferenc in delavnic s področja ambientalne inteligence in do drugih repozitorijev

ter virov informacij relevantnih za ambientalno inteligenco [7, 8].

Drugi del spletnih strani vsebuje podatke o posameznih zbirkah podatkov. Vsaka zbirka je opisana z nekaj sekcijami. Prva sekcija vsebuje dve povezavi: do podrobnega opisa podatkovne zbirke in do podatkovne zbirke same, ki naj bi bila v formatu ločenem z vejicami (.csv).

Druga sekcija vsebuje izvleček opisa podatkovne zbirke, njen namen in strukturo le-te. Tretja sekcija vsebuje oznake kategorij: tip senzorjev, tip naloge, domena in učni pristop. Naslednja sekcija je sestavljena iz statističnih informacij o podatkovni zbirki: (1) število instanc, (2) frekvenca pridobivanja podatkov, (3) število razredov za označevanje podatkov, (4) informacija o tem, ali v zbirki obstajajo tudi podatki, ki nimajo vrednosti, (5) skupna dolžina posnetkov v minutah, (6) število atributov, (7) število senzorjev, (8) število ljudi, ki je sodelovalo pri snemanju, (9) datum vpisa podatkovne zbirke v repozitorij in (10) število obiskovalcev in število prenosov zbirke. V prihodnosti bi lahko bile podatkovne zbirke opisane tudi z mero kompleksnosti, kot je bilo predlagano v [14].

Peta sekcija opisuje eksperimentalni pristop do snemanja podatkov. Tukaj donator baze podrobno pojasni postavitev senzorjev, scenarije, ki so jih izvajali pri snemanju in ostale podrobnosti, ki bi pripomogle k boljšemu razumevanju podatkovne zbirke.

V šesti sekciji je opisana struktura zbirke in uporabljena orodja. V polju rezerviranem za strukturo podatkov so podrobno pojasnjeni atributi. V primeru, da podatki niso v standardnem formatu in morajo biti predprocesirani za uporabo v drugih aplikacijah, bi moral orodja za manipulacijo z njimi zagotoviti donator podatkov.

V sedmi sekciji so navedena sorodna dela/članki. V to sekcijo lahko informacije dodajajo vsi uporabniki, ki so uporabili omenjene podatke pri reševanju njihovega problema. Za vsak članek sta na kratko povzeta tudi eksperimentalni pristop (parametri prečnega preverjanja,

velikost učne in testne množice, ipd.) in doseženi rezultati.

Zadnja sekcija je rezervirana za zahteve po citiranju. Donator ali avtor lahko poda zahtevo po citiranju njihovega izbranega članka takrat, ko se njihova podatkovna zbirka uporabi pri rezultatih novega članka.

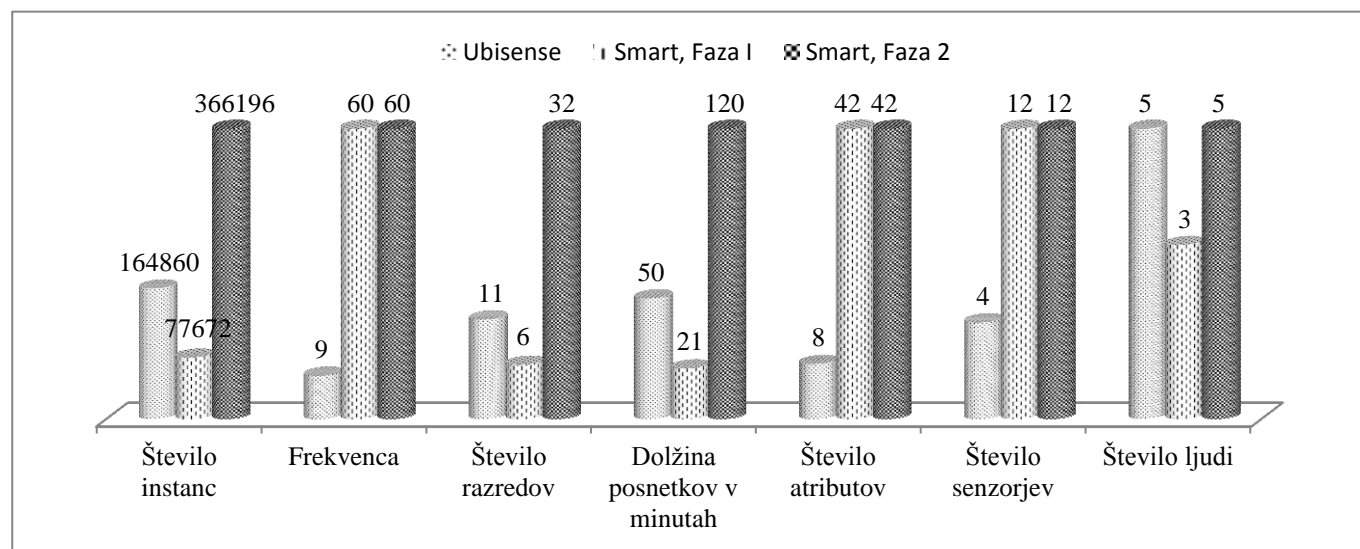
Trenutna implementacija repozitorija ne omogoča avtomatskega vnosa novih podatkovnih zbirk. Vsi zainteresirani donatorji podatkovnih zbirk lahko zaenkrat pošljejo elektronsko pošto avtorjem tega članka. Vsekakor pa je tudi to ena od stvari, ki bodo v prihodnosti implementirane, kakor tudi možnosti urejanja lastnih podatkovnih zbirk.

#### 4 TRENUTNE PODATKOVNE ZBIRKE

Trenutno so v repozitoriju tri zbirke podatkov [6], katere je prispeval Odsek za Inteligentne Sisteme iz Instituta Jožef Stefan in so bile kreirane med izvajanjem evropskega projekta Confidence [3]. Skupna lastnost vseh je uporaba senzorjev, ki jih uporabnik nosi na sebi. Slika 1 prikazuje statistične podatke vseh treh podatkovnih zbirk v repozitoriju. Prvi dve zbirki uporabljata isti tip senzorjev (3D koordinate izračunane iz vidnih značk na telesu) vendar se razlikujeta po posnetih scenarijih. Zadnja zbirka uporablja brezžične lokacijske senzorje. Scenariji so podobni tistim v drugi podatkovni zbirki.

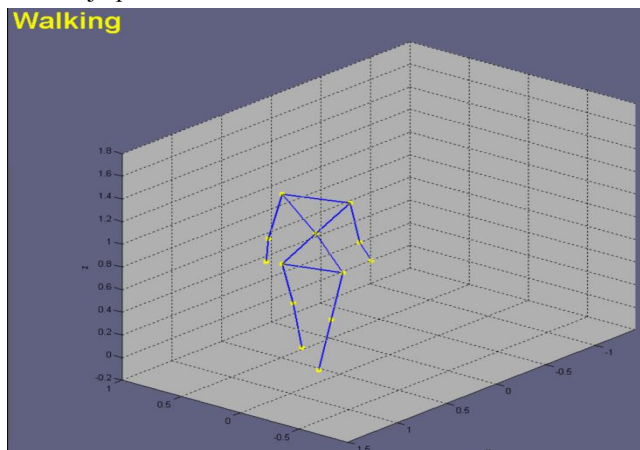
##### 4.1 Aktivnosti in Padci, SMART, Faza I

Podatkovna zbirka vsebuje kratke scenarije primerne za prepoznavanje aktivnosti, prepoznavanje padcev in detekcijo šepanja. Vsebuje koordinate 12 značk pritrjenih na telesa treh prostovoljcev. Posnetki so bili posneti s sistemom Smart [15] in s pomočjo Odseka za avtomatiko, biokibernetiko in robotiko na Institutu Jožef Stefan. Smart je infrardeči sistem za prepoznavo gibanja in deluje s pomočjo šestih infrardečih kamer in infrardečih svetlobnih značk. Trije prostovoljci so bili opremljeni z infrardečimi svetlobnimi značkami. Te so bile pritrjene na oba gležnja,



Slika 1: Statistična predstavitev zbirk podatkov trenutno dodanih v repozitorij

kolena, boke, ramena, komolca in zapestja. Infrardeče kamere sledijo značkam in računajo njihovo lokacijo v prostoru na 1 mm natančno. Rekonstrukcija značk med hojo človeka je prikazana na Sliki 2.



**Slika 2:** Rekonstrukcija telesnih značk med hojo človeka

## 4.2 Aktivnosti, Padci in Drugi Zdravstveni Problemi, Faza II

Strojna oprema za snemanje te podatkovne zbirke je enaka prej opisani. Razlika med zbirkami je v scenarijih snemanja in številu posnetkov. Ta zbirka podatkov dodatno vsebuje še posnetke specifičnih bolezni kot so: Parkinsonova bolezen, hemiplegija, bolečine v hrbtu, epilepsija, ipd.

## 4.3 Aktivnosti in Padci, Ubisense

Ta podatkovna zbirka vsebuje posnetke kratkih scenarijev primernih za prepoznavanje aktivnosti in detekcijo padcev. Strojna oprema uporabljena pri zajemu podatkov je bila Ultra-Širokopasovna tehnologija Ubisense [16]. Vsak od petih prostovoljcev je nosil 4 značke, ki so bile pritrdene na obeh gležnjih, prsih in pasu. Vsaka značka vrača podatke o njeni trenutni lokaciji s frekvenco od 6-9 Hz in je natančna na približno 50 cm.

## 5 ZAKLJUČEK

Članek predlaga spletni repozitorij v katerem bi bile zbrane zbirke podatkov s področja ambientalne inteligence. Obstoječe zbirke podatkov bi pripomogle k hitrejšemu razvoju novih pristopov in lažji primerjavi rezultatov na tem področju. Potencialne darovalce zbirk podatkov vzpodbujamo naj v repozitorij prispevajo le-te.

## Zahvala

To delo je bilo financirano iz 7. okvirnega programa (FP7/2007-2013) po sporazumu o dodelitvi sredstev št. 214986.

## Reference

[1] Activity recognition repository 2012. <http://dis.ijs.si/ami-repository/>.

- [2] Chessa, S., Gulliem, S.. Evaluating AAL Systems through Competitive Benchmarking 2011. <http://evaal.aaloa.org/>.
- [3] Confidence 2012. <http://www.confidence-eu.org/>.
- [4] Davis, L., Hoogs, L. Activity Recognition Competition Workshop 2011. <http://www.umiacs.umd.edu/conferences/cvpr2011/ARC/>.
- [5] Dai, L., Desai, M., Soatto, S., Hoogs, A. International Workshop on Frontiers of Activity Recognition, <http://vision.ucla.edu/ActionWorkshop.html>, 2010.
- [6] Dovgan, E., Luštrek, M., Pogorelc, B., Gradišek, A., Burger, H., and Gams, M. 2011. Intelligent elderly-care prototype for fall and disease detection. Slovenian Medical Journal 80(11): 824-831.
- [7] Geib, C.W. Resources for Plan, Activity, and Behavior Recognition Research 2012. <http://homepages.inf.ed.ac.uk/cgeib/PlanRec/Resources.html>.
- [8] Hu, D.H. Activity Recognition: Datasets, Bibliography and others, <http://www.cse.ust.hk/~derekhh/ActivityRecognition/index.html>, 2008.
- [9] International Workshop on Frontiers of Activity Recognition 2012. <http://vision.ucla.edu/ActionWorkshop.html>.
- [10] Kurz M., Hözl G., Ferscha A., Calatroni A., Roggen D., Tröster G., Sagha H., Chavarriaga R., Millán J. R., Bannach D., Kunze K., and Lukowicz P. 2011. The OPPORTUNITY Framework and Data Processing Ecosystem for Opportunistic Activity and Context Recognition. International Journal of Sensors, Wireless Communications and Control 1: 102-125.
- [11] Oh, S., Hoogs, A., Perera, A.G.A., Cuntoor, N.P., Chen, C., Lee, J.T., Mukherjee, S., Aggarwal, J.K., Lee, H., Davis, L., Swears, E., Wang, X., Ji, Q., Reddy, K.K., Shah, M., Vondrick, C., Pirsivash, H., Ramanan, D., Yuen, J., Torralba, A., Song, B., Fong, A., Roy-Chowdhury, A., Desai, M.: A large-scale benchmark dataset for event recognition in surveillance video (VIRAT video dataset). In CVPR 2011, pp. 3153-3160, 2011.
- [12] Opportunity. Opportunity Activity Recognition Challenge, 2011. <http://opportunity-project.eu/challenge>.
- [13] Park, S., Kautz, H. Privacy-preserving recognition of activities in daily living from multi-view silhouettes and rfid-based training. In AAAI Symposium on AI in Eldercare: New Solutions to Old Problems, 2008.
- [14] Sahaf Y., Krishnan N. C., Cook D. J. 2011. Defining the Complexity of an Activity. AAAI Workshops. Available at: <http://www.aaai.org/ocs/index.php/WS/AAAIW11/paper/view/3946>.
- [15] Smart infrared motion capture system 2012. [http://www.btsbioengineering.com/BTSBioengineering/Kinematics/BTSSMARTDX/BTS\\_SMARTDX.html](http://www.btsbioengineering.com/BTSBioengineering/Kinematics/BTSSMARTDX/BTS_SMARTDX.html).
- [16] Ubisense real-time location system 2012. <http://www.ubisense.net/en/rtls-solutions/>.