

# DOLOČANJE POLOŽAJA INDOOR POSITIONING V ZAPRTIH PROSTORIH TECHNOLOGIES

*Sebastjan Meža, Blaž Barborič*

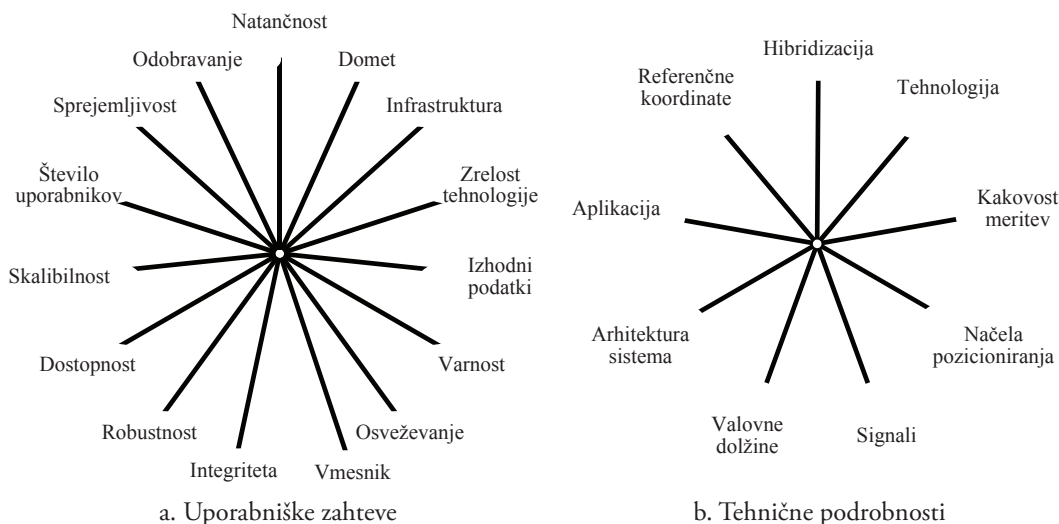
V članku so povzete prednosti in slabosti tehnologij za določanje položaja v zaprtih prostorih. Osnovni namen je utemeljiti izbor tehnologije, uporabljene v mobilni aplikaciji – tehničnem pripomočku za slepe in slabovidne osebe, ki so ga razvili v projektu Infrastrukturni in tehnološki potencial za vključevanje oseb s posebnimi potrebami v sistem vzgoje in izobraževanja. Aplikacija temelji na tehnologiji iBeaconov. Lahko se uporablja kot sredstvo za opozarjanje slepih in slabovidnih oseb na bližino ovir oziroma kot orientacijski dodatek, ki uporabniku poda informacije o pomembnih točkah v okolici.

## 1 UVOD

Učinkovitost navigacijsko-orientacijskih sistemov je odvisna predvsem od zanesljivosti delovanja in natančnosti. GNSS (angl. *global navigation satellite system*) je tehnologija, ki na prostem precej dobro ustreza tem zahtevam. Večji izziv je določanje položaja v zaprtih prostorih, kjer GNSS-signala ni oziroma je zaradi odbojev neuporaben za kakovostno določanje položaja. Cenovna dostopnost in množična uporabnost dostopnih točk WiFi omogoča vse večjo pokritost urbanih prostorov s tovrstnim brezžičnim omrežjem in je podlaga za pojav pionirskih komercialnih produktov (Google Maps, 2013; Ekahau, 2015), ki so namenjeni predvsem pomoči pri orientaciji v velikih prostorih, na primer v letaliških terminalih. Sistemi pa še daleč niso zreli za množično uporabo. Raziskave so namreč pokazale, da triangulacija, temelječa zgolj na WiFi-signalu, ni dovolj natančna (Zhang in sod., 2015; Li in sod., 2015). Še večji je razkorak med teorijo in praktično uporabo, ko želimo opisane tehnologije uporabiti kot pripomoček za orientacijo oseb s posebnimi potrebami. Pripomočki, namenjeni slepim in slabovidnim osebam, morajo biti zelo dobro preizkušeni. Še večjo skrb je treba nameniti zanesljivosti, saj nedelovanje pri teh skupinah uporabnikov povzroča večje težave kot pri večinski populaciji.

## 2 MERILA ZA IZBOR TEHNOLOGIJE

Pri izboru tehnologije za določanje uporabnikovega položaja v prostoru je treba na eni strani upoštevati potrebe in želje končnih uporabnikov ter na drugi strani zmožnosti tehnologij, ki so v danem prostoru in času na voljo. Na sliki je prikazan večrazsežen optimizacijski problem, ki ga je bilo treba rešiti pred pričetkom razvoja aplikacije (slika 1).



Slika 1: Merila za izbor tehnologije (Matuz, 2012).

### 3 TEHNOLOGIJE ZA DOLOČANJE POLOŽAJA V ZAPRTIH PROSTORIH

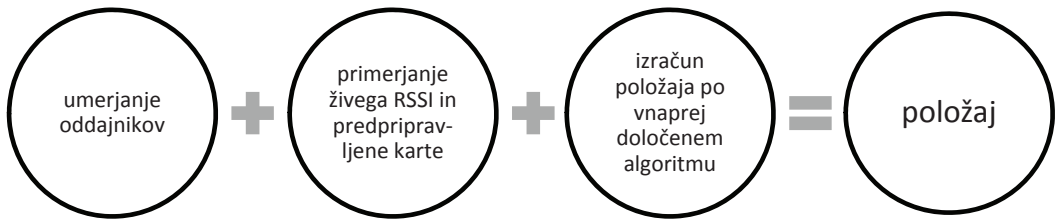
V akademskih krogih se razprave in poskusi, povezani z določanjem položaja v stavbah, vrstijo že več let. Eden izmed pionirskih sistemov za sledenje ljudi v zaprtih prostorih je bil izdelan leta 1992, ko so predstavili ActiveBadgeLocationSystem (Want in sod., 1992). Sistem je temeljil na infrardeči svetlobi, z njim pa je bilo mogoče slediti medicinskemu osebju v bolnišnicah. Sledilo je mnogo preizkusov, ki so bili bolj ali manj vezani na vnaprej pripravljeno laboratorijsko okolje. Ključni preboj je nastopil s pojavom in množično uporabo brezžičnih računalniških omrežij v povezavi s pametnimi telefoni in tabličnimi računalniki. Obstaja množica tehnologij, ki jih je mogoče uporabiti v zaprtih prostorih, na primer RFID, Bluetooth, GSM, WiFi, ultrazvok, infrardeči oddajniki. V nadaljevanju sta predstavljena WiFi (angl. *Wireless Fidelity*) in nizkoenergijski Bluetooth (angl. *Bluetooth Low Energy – BLE*), tehnologiji, ki ju je mogoče uporabiti na komercialno dostopnih mobilnih napravah, pametnih telefonih in tabličnih računalnikih. Obe temeljita na merjenju jakosti sprejetega signala (angl. *received signal strength indication – RSSI*).

#### 3.1 WiFi Fingerprinting

Metoda prstnega odtisa WiFi (angl. *WiFi Fingerprinting*) deluje na podlagi vzorčenja jakosti radijskega signala, posnetega na dani lokaciji v prostoru. Natančnost je odvisna jakosti signala, gostote oddajnikov, enakomernosti njihove razporeditve ter fizičnih ovir med oddajniki in sprejemnikom. Nadalje je natančnost odvisna od kakovosti podatkovnega niza referenčnih vrednosti RSSI, na podlagi katerih se ustvari virtualna karta jakosti signala. V dobrih razmerah je mogoče doseči natančnost približno enega metra (Faragher in Harle, 2014). Določanje položaja po metodi prstnih odtisov je tristopenjski proces (slika 2).

Vsaka referenčna točka na virtualni karti vključuje izmerjeno vrednost vseh dosegljivih dostopnih točk – WiFi-oddajnikov. V realnem času se na sprejemniku kontinuirano meri RSSI in izračunava oddalje-

nost od različnih dostopnih točk. Podatki se nato primerjajo s podatkovno bazo, v kateri so zapisane informacije o položajih referenčnih točk. Za izračun oddaljenosti od referenčne točke na podlagi RSSI je mogoče uporabiti raznovrstne algoritme (Chen in Kobayashi, 2012).



Slika 2: Koraki določanja položaja po metodi prstnih odtisov (Chan in Sohn, 2012).

Slabosti predstavljenega načina so zahtevno in dolgotrajno umerjanje sistema, stroškovna neučinkovitost, če prostori še niso dobro in enakomerno pokriti z WiFi-oddajniki, ter energetska potratnost – zaradi nenehnih meritev RSSI se poraba energije na mobilnih napravah precej poveča.

### 3.2 iBeacon in nizkoenergijski Bluetooth

V literaturi se pogosto zamenjujeta izraza iBeacon in svetilnik (angl. *beacon*). iBeacon je tehnološki standard podjetja Apple, ki dovoljuje mobilnim aplikacijam, delujočim na platformi iOS oziroma Android, iskanje signalov okoliških svetilnikov in oddajanje lastnih signalov. Oddajniki delujejo po že navedeni tehnologiji nizkoenergijski Bluetooth.



Slika 3: Delovanje standarda iBeacon (iBeaconInsider, 2015).

Standard Bluetooth je tehnologija za brezžično komunikacijo na majhnih razdaljah med napravami, ki omogoča prenos podatkov med njimi. BLE je energijsko varčnejša in cenejša različica standardizirane tehnologije. Določanje položaja z iBeaconi je podobno kot pri metodi prstnega odtisa WiFi. Obakrat sprejemnik meri RSSI, na podlagi katerega se izračuna oddaljenost od oddajnika. Poglavitna prednost

iBeaconov pred WiFi je standardizacija delovanja. Tako iOS kot novejša različica operacijskega sistema Android imajo algoritme zaznave svetilnikov vgrajene v osnovni nabor funkcionalnosti. Standardiziran je nabor in način zapisa podatkov, ki jih svetilnik oddaja. Druga prednost uporabe iBeaconov je stroškovna učinkovitost: 1) cena oddajnika je nižja od cene oddajnika WiFi in 2) ne potrebujemo omrežne povezave in električne napeljave do oddajnika, saj se svetilniki napajajo z baterijo.

## 4 IZBOR TEHNOLOGIJE

Izbor tehnologije za izdelavo mobilne aplikacije je potekal po merilih, predstavljenih v poglavju 2. Pri tem je bil poudarek na uporabniških zahtevah ciljne populacije slepih in slabovidnih oseb. Pri izboru smo upoštevali predvsem vmesnik, robustnost, prilagodljivost in stroškovno učinkovitost.

### 4.1 Vmesnik

Navadno kot vmesnik razumemo uporabniški vmesnik, torej interakcijo med človekom in napravo. Ta lahko poteka prek besedil, grafičnih prikazov, glasovnih sporočil itd. V našem primeru so bili pomembni tudi vmesniki med strojnimi napravami. IBeaconi so s tega stališča bolj primerni, saj so algoritmi merjenja razdalje med svetilnikom in prenosno napravo že integrirani v operacijska sistema iOS in Android. Pri drugih načinih določanja položaja je ta operacija bolj zapletena.

### 4.2 Robustnost in prilagodljivost

Robustnost sistema je določena z odpornostjo proti fizičnim poškodbam, tatvinam, motnjam in nepooblaščenemu dostopu. Svetilniki so majhni oddajniki, ki jih je mogoče v tavnih primerih brez večjih popravkov sistema zamenjati. Prilagodljivost sistema je odvisna do strojne in podporne programske opreme. Pri načrtovanju sistema smo izkoristili prednosti, ki jih ponujajo majhnost in enostavna prenosljivost svetilnikov. Prilagodljivost se odraža tudi v njihovi dostopnosti in stroškovni učinkovitosti, saj z izjemo postavitve svetilnika na vnaprej določeno lokacijo ni drugih posegov v prostor.

## 5 SKLEP

Uporaba tehnologije za določanje položaja v zaprtih prostorih ima ob upoštevanju opisanih pomanjkljivosti mnogo prednosti. Pripomočki za orientacijo oseb s posebnimi potrebami v zaprtih prostorih morajo biti zanesljivi in dobro preizkušeni. Izbrana tehnologija za izdelavo mobilne aplikacije je stroškovno učinkovita, prilagodljiva ter povezljiva z operacijskima sistemoma iOS in Android. Izdelan sistem omogoča, da nam aplikacija na mobilni napravi posreduje minimalne količine podatkov o zaznanih oddajnikih, aplikacija na strežniku pa jih obdelava in (uporabnikovi) mobilni napravi vrne podatek o izračunanem položaju.

V okviru projekta »Infrastrukturni in tehnološki potencial za vključevanje oseb s posebnimi potrebami v sistem vzgoje in izobraževanja« je bila razvita mobilna aplikacija, ki je še na stopnji prototipa. Glavna težava, s katero smo se srečevali, je nekonsistentnost vhodnih podatkov RSSI. Za izboljšanje natančnosti določanja položaja in zmanjšanje tveganj, povezanih z nedelovanjem svetilnikov, bo treba razširiti nabor vhodnih podatkov s povečanjem števila teh svetilnikov.

## Literatura in viri:

- Chan, S., Sohn, G. (2012). Indoor Localization Using Wi-Fi Based Fingerprinting and Trilateration Techniques for LBS Applications. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences – ISPRS Archives, XXXVIII-4/C26, 1–5. DOI: <http://dx.doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXVIII-4-C26-1-2012>
- Chen, Y., Kobayashi, H. (2002). Signal Strength Based Indoor Geolocation. Proceedings of the 9th IEEE International Conference on Communications – ICC'02, 1, 436–439. New York, ZDA, 28. april–2. maj 2002.
- Ekahau (2015). Real-Time Location System. <http://www.ekahau.com/real-time-location-system/case-studies>, pridobljeno 18. 11. 2015.
- Faragher, R., Harle, R. (2014). An Analysis of the Accuracy of Bluetooth Low Energy for Indoor Positioning Applications. Proceedings of the 27th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation – ION GNSS+ 2014. Tampa, Florida, ZDA, 14.–18. september 2014.
- Google Maps (2013). <http://www.google.com/maps/about/partners/indoormaps>, pridobljeno 18. 11. 2015.
- iBeaconInsider (2015). "What is iBeacon? A guide to Beacons", <http://www.ibeacon.com/what-is-ibeacon-a-guide-to-beacons>, pridobljeno 19. 11. 2015.
- Li, Y., He, Z., Nielsen, J., Lachapelle, G. (2015). Using Wi-Fi/Magnetometers for Indoor Location and Personal Navigation. IPIN 2015 – 6th International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation. Banff, Alberta, Kanada, 13.–16. oktober 2015.
- Matuz, R. (2012). Indoor Positioning Technologies. Habilitation Thesis. Zurich, Švica: ETH.
- Want, R., Hopper, A., Falcão, V., Gibbons, J. (1992). The Active Badge Location System. Journal ACM Transactions on Information Systems, 10(1), 91–102.
- Zhang, C., Subbu, K. P., Luo, J., Wu, J. (2015). GROPING: Geomagnetism and cROwdsensing Powered Indoor Navigation. IEEE Transactions on Mobile Computing, 14(2). DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TMC.2014.2319824>

**dr. Sebastjan Meža, univ. dipl. inž. grad.**  
 Geodetski inštitut Slovenije  
 Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana  
 e-naslov: [sebastjan.meza@gis.si](mailto:sebastjan.meza@gis.si)

**Blaž Barborič, univ. dipl. geog.**  
 Geodetski inštitut Slovenije  
 Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana  
 e-naslov: [blaz.barboric@gis.si](mailto:blaz.barboric@gis.si)