

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA

**Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică
Departamentul Informatică și Ingineria Sistemelor**

Admis la susținere

Șef Departament:

Sudacevschi Viorica, conf. univ., dr.

„_____” _____ **2022**

Sistem de depistare a poziției persoanelor în spații închise

Teză de master

Student: Crușnevschi Stanislav, CRI-211M

**Conducător: Cojuhari Irina,
conf. univ., dr.**

Chișinău, 2022

ADNOTARE

**La teza de master: „Sistem de depistare a poziției persoanelor în spații închise”,
elaborat de Crușnevschi Stanislav, Chișinău, 2022.**

Cuvinte cheie: spații închise, standarde de comunicare, precizie, IEEE 802.11, poziționare, fără fir .

Scopul lucrării este proiectarea și implementarea sistemului de depistare a poziției persoanelor în spații închise.

Teza vizează crearea aplicației ce ar oferi informații privind localizarea persoanelor în spații închise, cât persoanelor ce utilizează aplicația atât și serviciilor de salvare a persoanelor, în caz de calamități, incendii și alte situații excepționale. Aplicația este menită să salveze ultima locație a persoanei pentru a o transmite către persoanele serviciile speciale.

Estimarea poziției dispozitivelor mobile cu precizie ridicată în medii interioare este de interes pentru o gamă largă de aplicații. Această lucrare analizează cercetările efectuate privind poziționarea în interior cu standardul IEEE 802.11 Wireless Local Area Network (Wi-Fi). Soluțiile de localizare care utilizează această abordare sunt deosebit de atractive datorită implementării largi a Wi-Fi și pentru că nu este necesară cartografierea prealabilă.

Tehnologiile utilizate sunt: Wi-Fi, PowerShell, Android, Ultra-wideband.

Capitolul 1 descrie etapa de analiză a tehnologiilor ce ar putea înlocui tehnologia GPS în interiorul clădirilor.

Capitolul 2 descrie etapa de analiză a lucrărilor și sistemelor pentru localizarea persoanelor în spații închise, precum și problemele acestora.

Capitolul 3 descrie etapa de elaborare a sistemului, echipamentul utilizat la crearea sistemului, softul creat, amplasarea echipamentului și analiza lucrului acestora.

ANNOTATION

On the Master thesis ” System for detecting the position of people in indoor” elaborated by Stanislav Cruşnevschi. Chişinău, 2022

Keywords: indoor, IEEE 802.11, positioning, machine learning, wireless, pattern.

The aim of the work is to design and implement a system for detecting the position of people indoors.

The thesis aims to create an application that would provide information on the location of people in confined spaces as well as people using the application and rescue services in case of disasters, fires and other exceptional situations. The application is intended to save the last location of the person to be forwarded to the special services.

Estimating the position of mobile devices with high accuracy in indoor environments is of interest for a wide range of applications. This paper reviews research conducted on indoor positioning using time-based approaches in combination with the IEEE 802.11 Wireless Local Area Network (Wi-Fi) standard. Location solutions using this approach are particularly attractive due to the wide implementation of Wi-Fi and because no prior mapping is required.

The technologies used are: Wi-Fi, PowerShell, android, Ultra-wideband.

Chapter 1 describes the analysis phase of technologies that could replace GPS technology inside buildings.

Chapter 2 describes the analysis phase of works and systems for locating people in confined spaces and their problems.

Chapter 3 describes the system development stage, the equipment used to create the system, the software created, the deployment of the equipment and the analysis of their work.

CUPRINS

LISTA ABREVIERILOR	5
INTRODUCERE	7
1. TEHNOLOGII DE DEPISTARE A POZIȚIEI PERSOANELOR ÎN SPAȚII ÎNCHISE .	8
1.1. Introducere	8
1.2. Tehnologia ultrasonic	8
1.3. Tehnologia RFID	9
1.4. Tehnologia Ultra-wideband	10
1.5. Tehnologia Bluetooth	10
1.6. Tehnologia razelor infraroșii	11
1.7. Tehnologia Wi-Fi.....	11
1.8 Sisteme de poziționare în spații închise.....	13
1.8.1 Zebra UWB Technology.....	13
1.8.2 Senzorul Inpixon Pod	14
1.8.3 Tehnologia IR.Loc (Ambiplex)	15
1.8.4 Alegerea tehnologiei optime	17
2. ANALIZA DOMENIULUI DE CERCETARE	19
2.1 Analiza standardelor IEEE 802.1.	20
2.1.1 IEEE 802.11a.....	20
2.1.2 IEEE 802.11b.....	20
2.1.3 IEEE 802.11g.....	21
2.1.4 IEEE 802.11n.....	21
2.1.5 IEEE 802.11ac	21
2.1.6 IEEE 802.11ax	22
2.1.7 IEEE 802.11v.....	22
2.2 Analiza cerințelor sistemului	23
2.2.1 Precizia.....	23
2.2.2 Executarea în timp real	24
2.2.3 Obstacole	24

2.2.4 Eterogenitatea dispozitivelor	25
2.2.5 Scalabilitatea sistemului	25
2.2.6 Fiabilitate sistemului.....	26
2.2.7 Costul sistemului	26
2.2.8 Efectul multipath	26
2.3 Poziționare activă a persoanelor	27
2.3.1 Algoritmul deterministic.....	27
2.3.2 Algoritmul probabilist	28
2.3.3 Tehnologia de fuziune	29
2.4 Poziționarea	31
2.4.1 Poziționarea bazată pe RSSI.....	32
2.4.2 Poziționarea bazată pe informația de stare a canalului (CSI).....	33
3. SISTEM DE DEPISTARE A POZITIEI PERSOANELOR ÎN SPAȚII ÎNCHISE.....	37
3.1 Argumentarea sistemului	37
3.1.1 Formularea problemei.....	37
3.1.2 Prezentarea abstractă a soluției.....	37
3.1.3 Prezentarea abstractă a soluției.....	38
3.2 Proiectarea sistemului	39
3.2.1 Diagramele cazurilor de utilizare.....	39
3.3 Implementarea sistemului	40
3.3.1 Componentele Hardware	40
3.3.2 Componentele Software.....	44
CONCLUZII	50
BIBLIOGRAFIE	51

INTRODUCERE

Statistica persoanelor recunoscute cu dizabilități în Republica Moldova nu tinde spre a se schimba drastic. Însă tehnologiile și societatea au demonstrat că acest lucru poate fi schimbat spre bine. Multe invenții sunt menite să o facă precum: software pentru urmărirea ochilor pentru a permite utilizatorului să navigheze prin pagini web și să tasteze pe un ecran; ecranul braille tactil care convertește textul digital de pe ecran în alfabetul braille; software de dictare; tastaturi modificate pentru persoane cu deficiențe motorii și altele. O astfel de soluție pentru persoanele cu probleme de vedere, poate fi și sistemul de localizare în spații închise.

Implementarea pe scară largă a dispozitivelor fără fir i-a atras pe cercetători să studieze fezabilitatea utilizării transmisiunilor de radiofrecvență (RF) încorporate pentru a furniza servicii bazate pe locație (LBS) utilizatorilor, precum și prestatorilor. Poziționarea dispozitivelor cu precizie ridicată în medii interioare este de interes pentru o gamă largă de aplicații. Serviciile de navigație în interiorul clădirilor sunt întrebate de multe întreprinderi, cum ar fi aeroporturi, spitale, fabrici și centre comerciale și sunt de o importanță deosebită pentru persoanele cu deficiențe de vedere. Urmărirea automată a locației personalului și mărfurilor are potențialul de a îmbunătăți eficiența și timpul de răspuns în logistică. Detectarea poziționării în interiorul clădirilor sa dovedit a fi utilă la optimizarea sistemelor de control a temperaturii și umidității din aceste clădiri. Detectarea locației precise în clădire prezintă un interes sporit și pentru evacuarea personalului din interior, în caz de situații excepționale. Sistemul de poziționare globală (GPS) este utilizat pe scară largă pentru localizarea în afara clădirilor și oferă o precizie bună (2-3 m). Cu toate acestea, nu funcționează bine în spații închise din cauza atenuării semnalelor RF de la sateliții GPS în baza structurii clădirilor. Astfel, scopul tezei de masterat este:

- Cercetarea tehnologiilor optime de localizare a poziției omului în spații închise, în baza telefonului mobil.
- Crearea aplicației ce ar implementa această tehnologie.
- Ajustarea aplicației pentru ajutorul persoanelor cu nevoi speciale.

BIBLIOGRAFIE

1. The Institution of engineering and Tehnology: *Overview of Wi-Fi fingerprinting-based indoor positioning*, © 2022 [citat 06.09.2022]. Disponibil: <https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1049/cmu2.12386>
2. Zebra: *Zebra UWB Technology*, © 2022 [citat 07.09.2022]. Disponibil: https://www.zebra.com/content/dam/zebra_new_ia/en-us/solutions-verticals/product/location_solutions/zebra-ultra-wideband/spec-sheet/uwb-portfolio-spec-sheet-en-us.pdf
3. Inpixon: *Inpixon Pod* © 2018 [citat 07.09.2022]. Disponibil: <https://www.inpixon.com/technology/sensors/inpixon-pod>
4. ElectroSome: *Interfacing Ultrasonic Sensor with Arduino Uno*, ©2020 [citat 10.10.2022]. Disponibil: <https://electrosome.com/interfacing-hc-sr04-ultrasonic-sensor-arduino-uno/>
5. Shopify: *What Is RFID Technology and How Can I Use It?* ©2021 [citat 10.09.2022]. Disponibil: <https://www.shopify.com/retail/rfid-technology>
6. Locatify: *Precise Indoor Positioning is finally here* ©2022 [citat 11.09.2022]. <https://locatify.com/blog/in-practice-precise-indoor-location-detection-with-uwb-ultra-wideband/>
7. Herschel Space Observatory: *What is infrared light?* ©2021 [citat 12.09.2022]. Disponibil: <https://herscheltelescope.org.uk/science/infrared/>
8. ResearchGate: *3D Spatial Modeling of Stacked Containers based on Wireless Sensor Network : application to the physical internet* ©2017 [citat 13.09.2022]. Disponibil: https://www.researchgate.net/publication/321240584_3D_Spatial_Modeling_of_Stacked_Containers_based_on_Wireless_Sensor_Network_application_to_the_physical_internet
9. KEMPER, J., KIRCHHOF, N., MARKUS, W., *Human-Assisted Calibration of an Angulation based Location Indoor System with Preselection of Measurements*. In: *International Journal on Advances in Networks and Services*. 2010, vol 3 nr. 1 & 2, pp. 82-91. ISSN 1942-2644.
10. Mapsted: *Are Wi-Fi Positioning Systems Still Worth Implementing in 2021?* ©2021 [citat 15.09.2022]. Disponibil: <https://mapsted.com/blog/Wi-Fi-positioning-system-explained/>
11. AHMED M., ABUBAKR S., MOHAMED S., CHRIS B., *Survey of Wi-Fi Positioning using Time-Based Techniques*. In: *School of Computer Science & Informatics (CSI), University College Dublin (UCD), Ireland*. 2015.

12. FEN L., JING L. , YUQING Y., WENHAN W., DONGHAI H., PENG PENG C., QIANG N., *Survey on Wi-Fi-based indoor positioning techniques*. In: IET Communications. 2020, vol 14, pp. 1372-1383. ISSN 1942-2644.
13. ALI, M.U., HUR, S., PARK, Y.: ‘*Locali: calibration-free systematic localization approach for indoor positioning*’ 2017, vol 17, (6), p. 1213
14. HERNÁNDEZ, N., OCAÑA, M., ALONSO, J.M., et al.: ‘*Continuous space estimation: increasing Wi-Fi-based indoor localization resolution without increasing the site-survey effort*’, Sensors, 2017, 17, (1), p. 147
15. PLETS, D., SELS, A., TROGH, J., .: ‘*An assessment of different optimization strategies for location tracking with an android application on a smartphone*’. European Conf. on Antennas and Propagation, Paris, France, 2017, pp. 58–62
16. ZHANG, W., HUA, X., YU, K., : ‘*Radius based domain clustering for Wi-Fi indoor positioning*’, 2017, Vol 37, pp. 54–60.
17. TALVITIE, J., RENFORS, M., LOHAN, E.S.: ‘*Novel indoor positioning mechanism via spectral compression*’, IEEE Commun. Lett., 2016, 20, (2), pp. 352–355.
18. ALFAKIH, M., KECHE, M.: ‘*An enhanced indoor positioning method based on wi-fi rss fingerprinting*’, J. Commun. Softw. Syst., 2019, 15, (1), pp. 18–25.
19. Chen, C., Chen, Y., Han, Y., et al.: ‘*Achieving centimeter accuracy indoor localization on Wi-Fi platforms: a frequency hopping approach*’, IEEE Internet Things J., 2016, 4, (99), pp. 111–121.
20. ABDELNASSER, H., MOHAMED, R., ELGOHARY, A.,: ‘*Semanticslam: using environment landmarks for unsupervised indoor localization*’, IEEE Trans. Mob. Comput., 2015, 15, (7), pp. 1770–1782.
21. HILSENBECK, S., BOBKOV, D., SCHROTH, G., ET AL.: ‘*Graph-based data fusion of pedometer and Wi-Fi measurements for mobile indoor positioning*’. Proc. of the 2014 ACM Int. Joint Conf. on Pervasive and Ubiquitous Computing (ACM), Seattle, WA, USA, 2014, pp. 147–158.
22. JIANG, W., YIN, Z.: ‘*Indoor localization with a signal tree*’, Multimedia Tools Appl., 2015, 76, (16), pp. 1–23.
23. DAO, T.K., PHAM, T.T.T., LE, T.L.: ‘*Fusion of Wi-Fi and visual signals for person tracking*’. Symp. on Information and Communication Technology, Ho Chi Minh, Vietnam, 2016, pp. 345–351.

24. SHU, Y., BO, C., SHEN, G., ET AL.: '*Magicol: indoor localization using pervasive magnetic field and opportunistic Wi-Fi sensing*', IEEE J. Sel. Areas Commun., 2015, 33, (7), pp. 1443–1457.
25. GUO, X., SHAO, W., ZHAO, F.: '*Wimag: multimode fusion localization system based on magnetic/Wi-Fi/pdr*'. Int. Conf. on Indoor Positioning and Indoor Navigation, Madrid, Spain, 2016, pp. 1–8.
26. SCHAFFERMEYER, E.R., WAN, E.A., SAMIN, S.: '*Multi-resident identification using device-free ir and rf fingerprinting*', 2015 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), Milan, Italy, 2015, pp. 5481–5484.
27. MA, W., ZHU, X., HUANG, J.: '*Detecting pedestrians behavior in building based on wi-fi signals*'. Int. Conf. on Smart City/socialcom/sustaincom, Chengdu, China, 2016, pp. 1–8.
28. ALKANDARI, M., BASU, D., HASAN, S.F.: '*A wi-fi based passive technique for speed estimation in indoor environments*'. Recent Trends in Telecommunications Research, Palmerston North, New Zealand, 2017
29. BASU, D., HASAN, S.F.: '*Assessing device-free passive localization with a single access point*'. Dependable, Autonomic and Secure Computing, Intl Conf. on Pervasive Intelligence and Computing, Intl Conf. on Big Data Intelligence and Computing and Cyber Science and Technology Congress, Auckland, New Zealand, 2016, pp. 493–496.
30. OGUNTALA, G., OBEIDAT, H., KHAMBASI, M.A.: '*Design framework for unobtrusive patient location recognition using passive rfid and particle filtering*'. IEEE Seventh Int. Conf. on Internet Technologies and Applications, Wrexham, UK, 2017.
31. XU, C., FIRNER, B., ZHANG, Y.: '*Improving rf-based device-free passive localization in cluttered indoor environments through probabilistic classification methods*'. Int. Conf. on Information Processing in Sensor Networks, Beijing, China, 2012, pp. 209–220.
32. XIAO, J., WU, K., YI, Y.: '*Fimd: fine-grained device-free motion detection*'. Int. Conf. on Parallel and Distributed Systems, Singapore, Singapore, 2013, pp. 229–235.
33. WU, K., XIAO, J., YI, Y.: '*Fila: fine-grained indoor localization*', Proc. - IEEE INFOCOM, 2012, 131, (5), pp. 2210–2218.
34. WANG, J., JIANG, H., XIONG, J.: '*Lifs: low human-effort, device-free localization with fine-grained subcarrier information*'. Int. Conf. on Mobile Computing and Networking, New York, NY, USA, 2016, pp. 243–256.
35. KOTARU, M., JOSHI, K., BHARADIA, D.: '*Spotfi:decimeter level localization using Wi-Fi*', Acm Sigcomm Comput. Commun. Rev., 2015, 45, (5), pp. 269– 282.

36. ABDEL-NASSER, H., SAMIR, R., SABEK, I.: '*Monophy: mono-stream-based device-free wlan localization via physical layer information*'. 2013 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), Shanghai, China, 2013, pp. 4546–4551.
37. XIE, Y., XIONG, J., LI, M., ET AL.: '*md-track: leveraging multi-dimensionality for passive indoor wi-fi tracking*'. The 25th Annual Int. Conf. on Mobile Computing and Networking (ACM), Los Cabos, Mexico, 2019, pp. 1–16.
38. QIAN, K., WU, C., YANG, Z.: '*Widar: decimeter-level passive tracking via velocity monitoring with commodity wi-fi*'. Proc. 18th ACM Int. Symp. on Mobile Ad Hoc Networking and Computing, Chennai, India, 2017, p. 6.
39. WANG, X., GAO, L., MAO, S.: '*Csi-based fingerprinting for indoor localization: a deep learning approach*', IEEE Trans. Veh. Technol., 2016, 66, (1), pp. 763–776.
40. XIAO, Y., ZHANG, S., CAO, J.: '*Exploiting distribution of channel state information for accurate wireless indoor localization*', Comput. Commun., 2017, 114, pp. 73–83.
41. XIAO, J., WU, K., YI, Y.: '*Pilot: passive device-free indoor localization using channel state information*'. IEEE Int. Conf. on Distributed Computing Systems, Philadelphia, PA, USA, 2013, pp. 236–245.
42. WANG, X., GAO, L., MAO, S.: '*PhaseFi: pHase fingerprinting for indoor localization with a deep learning approach*', 2015 58th IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), San Diego, CA, United states, 2015, pp. 1–6.
43. WANG, X., GAO, L., MAO, S.: '*Csi phase fingerprinting for indoor localization with a deep learning approach*', IEEE Internet Things J., 2017, 3, (6), pp. 1113–1123.
44. WANG, X., WANG, X., MAO, S.: '*Cifi: deep convolutional neural networks for indoor localization with 5 GHz wi-fi*'. IEEE Int. Conf. on Communications, Paris, France, 2017.
45. WANG, H., WANG, H., WANG, H.: '*Widir: walking direction estimation using wireless signals*'. ACM Int. Joint Conf. on Pervasive and Ubiquitous Computing, Heidelberg, Germany, 2016, pp. 351–362.
46. YANG, C., SHAO, H.R.: '*Wi-Fi-based indoor positioning*', Commun. Mag. IEEE, 2015, 53, (3), pp. 150–157.
47. LI, W., CHEN, Y., ASIF, M.: '*A wi-fi-based indoor positioning algorithm with mitigating the influence of nlos*'. IEEE Int. Conf. on Communication Software and Networks, Beijing, China, 2016, pp. 520–523.

48. LI, D., YAN, Y., ZHANG, B., et al.: '*Measurement-based ap deployment mechanism for fingerprint-based indoor location systems*', Ksii Trans. Internet Inf. Syst., 2016, 10, (4), pp. 1611–1629.
49. BALZANO, W., MURANO, A., VITALE, F.: '*Wifact – wireless fingerprinting automated continuous training*'. Int. Conf. on Advanced Information Networking
50. ALI, M.U., HUR, S., PARK, Y.: '*Locali: calibration-free systematic localization approach for indoor positioning*', Sensors, 2017, 17, (6), p. 1213
51. ZOU, H., HUANG, B., LU, X.: '*Standardizing location fingerprints across heterogeneous mobile devices for indoor localization*'. Wireless Communications and Networking Conf., Doha, Qatar, 2016
52. ZHANG, W., HUA, X., YU, K.: '*Domain clustering based Wi-Fi indoor positioning algorithm*'. Int. Conf. on Indoor Positioning and Indoor Navigation, Madrid, Spain, 2016, pp. 1–5
53. CHEN, C., CHEN, Y., HAN, Y.: '*Achieving centimeter-accuracy indoor localization on Wi-Fi platforms: a multi-antenna approach*', IEEE Internet Things J., 2016, 4, (99), pp. 122–134
54. DUQUE, D.J., CERRADA, C., VALERO, E.: '*An improved indoor positioning system using rgb-d cameras and wireless networks for use in complex environments*', Sensors, 2017, 17, (10), p. 2391
55. WANG, X., JIANG, M., GUO, Z.: '*An indoor positioning method for smartphones using landmarks and pdr*', Sensors, 2016, 16, (12), p. 2135
56. DU, Y., YANG, D., YANG, H.: '*Flexible indoor localization and tracking system based on mobile phone*', J. Netw. Comput. Appl., 2016, 69, (C), pp. 107–116
57. CHIU, C.C., HSU, J.C., LEU, J.S.: '*Implementation and analysis of hybrid wireless indoor positioning with ibeacon and wi-fi*'. Int. Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops, Lisbon, Portugal, 2016, pp. 80–84
58. KANARIS, L., KOKKINIS, A., LIOTTA, A.: '*Fusing bluetooth beacon data with wi-fi radiomaps for improved indoor localization*', Sensors, 2017, 17, (4), p. 812
59. MIYASHITA, Y., OURA, M., PAZ, J.F.D.: '*Preliminary study of classifier fusion based indoor positioning method*' (Springer International Publishing, Cham, Switzerland, 2016)

60. BARGSHADY, N., GARZA, G., PAHLAVAN, K.: *'Precise tracking of things via hybrid 3-d fingerprint database and kernel method particle filter'*, IEEE Sens. J., 2016, 16, (24), pp. 8963–8971F
61. GSMARENA: *Google Pixel 6* © 2021 [citat 25.11.2022]. Disponibil: https://www.gsmarena.com/google_pixel_6-11037.php