

УДК 621.396.96:004.94

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ RFID-ЛОКАЛИЗАЦИИ ПУТЕМ КОМБИНИРОВАНИЯ НЕСКОЛЬКИХ АЛГОРИТМОВ, ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНУЮ ИНФОРМАЦИЮ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ

Д. А. САВОЧКИН, Ю. Б. ГИМПЛЕВИЧ

*Севастопольский национальный технический университет,
Украина, Севастополь, 99053, ул. Университетская, 33*

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос двумерной локализации объектов с использованием технологии радиочастотной идентификации (RFID, radio frequency identification). Одной из важных проблем разработки систем RFID-локализации является выбор алгоритма локализации и вида измерительной информации. Обычно разработчики стремятся найти такую комбинацию алгоритма и вида измерительной информации, которая позволяет достичь максимальной точности локализации для конкретного сценария. Однако в некоторых случаях существуют несколько комбинаций алгоритмов и видов измерений с одинаково высокой точностью. Для упрощения проблемы выбора и дополнительного повышения точности был разработан метод комбинированной локализации. Метод основан на усреднении оценок позиций, сформированных несколькими точечными и зонными алгоритмами, обрабатывающими различные измерения. В данной работе использованы три точечных и три зонных алгоритма: алгоритм k ближайших соседей, алгоритм трилатерации, алгоритм пересечений, машина опорных векторов, искусственная нейронная сеть и наивный байесовский классификатор. В качестве входных данных для алгоритмов использованы измерения в виде мощности полученного сигнала, коэффициента считывания и факта наличия ответа от меток. При эксперименте выявлено, что предложенный метод позволяет уменьшить среднюю ошибку на 15% и максимальную ошибку на 14% по сравнению с наилучшим одиночным алгоритмом.

Ключевые слова: радиочастотная идентификация; RFID; локализация; позиционирование; измерительная информация; комбинированный метод; уровень ответного сигнала

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время системы пространственной двухмерной локализации (позиционирования) в закрытых пространствах становятся все более востребованными в различных сферах экономики, особенно в промышленном секторе. Такие системы используются для поиска и отслеживания объектов внутри помещений, например, товаров на складе и в магазине, книг в библиотеке, персонала на работе, пациентов в больнице и т. д. [1].

Задача локализации в закрытых пространствах может быть решена с использованием

различных технологий, однако многие из них имеют существенные ограничения. Например системы глобальной спутниковой навигации практически неприменимы внутри помещений, поскольку их точность локализации низка в случае присутствия множества помех, таких как стены и потолки. Ультразвуковые [2] и инфракрасные [3] технологии иногда используются внутри помещений, но они могут обеспечивать высокую точность только для объектов, расположенных в зоне прямой видимости передатчика. Беспроводные сети датчиков [4] и беспроводные локальные сети [5] избавлены

DOI: [10.20535/S0021347017050053](https://doi.org/10.20535/S0021347017050053)

© Д. А. Савочкин, Ю. Б. Гимплевич, 2017

7. Zhang, D.; Xia, F.; Yang, Z.; Yao, L.; Zhao, W. Localization technologies for indoor human tracking. *Proc. FutureTech*, 21–23 May 2010, Busan, Korea. IEEE, 2010, pp. 1–6. DOI: [10.1109/FUTURETECH.2010.5482731](https://doi.org/10.1109/FUTURETECH.2010.5482731).
8. Huang, Y.; Brennan, P. V.; Seeds, A. Active RFID location system based on time-difference measurement using a linear FM chirp tag signal. *Proc. PIMRC*, 15–18 Sept. 2008, Cannes, France. IEEE, 2008, pp. 1–5, DOI: [10.1109/PIMRC.2008.4699805](https://doi.org/10.1109/PIMRC.2008.4699805).
9. Ni, L. M.; Liu, Y.; Lau, Y. C.; Patil, A. P. LANDMARC: indoor location sensing using active RFID. *Wireless Networks*, vol. 10, no. 6, pp. 701–710, Nov. 2004. DOI: [10.1023/B:WINE.0000044029.06344.dd](https://doi.org/10.1023/B:WINE.0000044029.06344.dd).
10. Cheng, S. H. An indoor positioning system based on active RFID in conjunction with Bayesian network. *Proc. ICMLC*, 10–13 Jul. 2011, Guilin, China. IEEE, 2011, pp. 386–390. DOI: [10.1109/ICMLC.2011.6016710](https://doi.org/10.1109/ICMLC.2011.6016710).
11. Zhen, Z. N.; Jia, Q.-S.; Song, C.; Guan, X. An indoor localization algorithm for lighting control using RFID. *Proc. Energy 2030*, 17–18 Nov. 2008, Atlanta, GA, USA. IEEE, 2008, pp. 1–6. DOI: [10.1109/ENERGY.2008.4781041](https://doi.org/10.1109/ENERGY.2008.4781041).
12. Saha, S.; Chaudhuri, K.; Sanghi, D.; Bhagwat, P. Location determination of a mobile device using IEEE 802.11b access point signals. *Proc. WCNC*, 16–20 Mar. 2003, New Orleans, LA, USA. IEEE, 2003, vol. 3, pp. 1987–1992. DOI: [10.1109/WCNC.2003.1200692](https://doi.org/10.1109/WCNC.2003.1200692).
13. Kotsiantis, S. B. Supervised machine learning: a review of classification techniques. *Proc. of Conf. on Emerging Artificial Intelligence Applications in Computer Engineering*, vol. 160, Amsterdam, Netherlands: IOS Press, 2007, pp. 3–24, URL: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1566770.1566773>.
14. Brchan, J. L.; Zhao, L.; Wu, J.; Williams, R. E.; Pérez, L. C. A real-time RFID localization experiment using propagation models. *Proc. IEEE RFID*, 3–5 Apr. 2012, Orlando, FL, USA. IEEE, 2012, pp. 141–148. DOI: [10.1109/RFID.2012.6193042](https://doi.org/10.1109/RFID.2012.6193042).
15. Shirehjini, A. A. N.; Yassine, A.; Shirmohammadi, S. An RFID-based position and orientation measurement system for mobile objects in intelligent environments. *IEEE Trans. Instrum., Meas.*, vol. 61, no. 6, pp. 1664–1675, Jun. 2012. DOI: [10.1109/TIM.2011.2181912](https://doi.org/10.1109/TIM.2011.2181912).
16. Ni, L. M.; Zhang, D.; Souryal, M. R. RFID-based localization and tracking technologies. *IEEE Wireless Commun.*, vol. 18, no. 2, pp. 45–51, Apr. 2011. DOI: [10.1109/MWC.2011.5751295](https://doi.org/10.1109/MWC.2011.5751295).
17. Subramanian, S. P.; Sommer, J.; Schmitt, S.; Rosenstiel, W. RIL—reliable RFID based indoor localization for pedestrians. *Proc. SoftCOM*, 25–27 Sept. 2008, Split, Croatia. IEEE, 2008, pp. 218–222, DOI: [10.1109/SOFTCOM.2008.4669483](https://doi.org/10.1109/SOFTCOM.2008.4669483).
18. Laaraiedh, M.; Yu, L.; Avrillon, S.; Uguen, B. Comparison of hybrid localization schemes using RSSI, TOA, and TDOA. *Proc. European Wireless*, 27–29 Apr. 2007, pp. 3–23.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Zhou, J.; Shi, J. RFID localization algorithms and applications—a review. *J. Intell. Manuf.*, vol. 20, no. 6, pp. 695–707, Dec. 2009. DOI: [10.1007/s10845-008-0158-5](https://doi.org/10.1007/s10845-008-0158-5).

2. Priyantha, N. B.; Chakraborty, A.; Balakrishnan, H. The Cricket location-support system. *Proc. of MobiCom*, Boston, MA, USA, 2000, pp. 32–43. DOI: [10.1145/345910.345917](https://doi.org/10.1145/345910.345917).

3. Vegni, A. M.; Biagi, M. An indoor localization algorithm in a small-cell LED-based lighting system. *Proc. of IPIN*, 13–15 Nov. 2012, Sydney, Australia. IEEE, 2012, pp. 1–7, DOI: [10.1109/IPIN.2012.6418887](https://doi.org/10.1109/IPIN.2012.6418887).

4. Suo, H.; Wan, J.; Huang, L.; Zou, C. Issues and challenges of wireless sensor networks localization in emerging applications. *Proc. ICCSEE*, 23–25 Mar. 2012, Hangzhou, China. IEEE, 2012, vol. 3, pp. 447–451, DOI: [10.1109/ICCSEE.2012.44](https://doi.org/10.1109/ICCSEE.2012.44).

5. Youssef, M.; Agrawala, A. The Horus WLAN location determination system. *Proc. MobiSys*, Seattle, WA, USA, 2005, pp. 205–218. DOI: [10.1145/1067170.1067193](https://doi.org/10.1145/1067170.1067193).

6. Banks, J.; Pachano, M.; Thompson, L.; Hanny, D. “The stage is set,” *RFID applied*. Hoboken, NJ: Wiley, 2007, pp. 3–23.

2011, Vienna, Austria. IEEE, 2011, pp. 1–5, URL: <http://ieeexplore.ieee.org/document/5898074/>.

19. Macii, D.; Colombo, A.; Pivato, P.; Fontanelli, D. A data fusion technique for wireless ranging performance improvement. *IEEE Trans. Instrum., Meas.*, vol. 62, no. 1, pp. 27–37, Jan. 2013. DOI: [10.1109/TIM.2012.2209918](https://doi.org/10.1109/TIM.2012.2209918).

20. Savochkin, D. A. Combinational RFID-based localization using different algorithms and measurements. *Proc. MIKON*, 16–18 Jul. 2014, Gdansk, Poland. IEEE, 2014, pp. 563–566. DOI: [10.1109/MIKON.2014.6899958](https://doi.org/10.1109/MIKON.2014.6899958).

21. Liu, H.; Darabi, H.; Banerjee, P.; Liu, J. Survey of wireless indoor positioning techniques and systems. *IEEE T SYST MAN CY C*, vol. 37, no. 6, pp. 1067–1080, Nov. 2007. DOI: [10.1109/TSMCC.2007.905750](https://doi.org/10.1109/TSMCC.2007.905750).

22. Gimpilevich, Y. B.; Savochkin, D. A. RFID indoor positioning system based on read rate measurement information. *Proc. ICATT*, 16–20 Sept. 2013, Odessa, Ukraine. IEEE, 2013, pp. 546–548. DOI: [10.1109/ICATT.2013.6650842](https://doi.org/10.1109/ICATT.2013.6650842).

23. Khedo, K. K.; Sathan, D.; Elaheebocus, R.; Subramanian, R. K.; Rughooputh, S. D. Overlapping zone

partitioning localisation technique for RFID. *Int. J. of UbiComp*, vol. 1, no. 2, pp. 20–32, Apr. 2010. DOI: [10.5121/ijcu.2010.1202](https://doi.org/10.5121/ijcu.2010.1202).

24. Caceres, M.; Sottile, F.; Spirito, M. A. WLAN-based real time vehicle locating system. *Proc. VTC Spring*, 26–29 Apr. 2009, Barcelona, Spain. IEEE, 2009, pp. 1–5, DOI: [10.1109/VETECS.2009.5073916](https://doi.org/10.1109/VETECS.2009.5073916).

25. Mitchell, T. M. “Naive Bayes classifier,” *Machine Learning*. McGraw-Hill SEM, 1997, pp. 177–180.

26. Liu, C.-L.; Hao, H.; Sako, H. Confidence transformation for combining classifiers. *Pattern Anal. Applic.*, vol. 7, no. 1, pp. 2–17, Apr. 2004. DOI: [10.1007/s10044-003-0199-5](https://doi.org/10.1007/s10044-003-0199-5).

27. Gimpilevich, Yu. B.; Savochkin, D. A. Simulation of measuring data obtained from RFID-tags in systems of spatial localization of objects. *Radioelectron. Commun. Syst.*, vol. 59, no. 7, pp. 301–308, 2016. DOI: [10.3103/S0735272716070037](https://doi.org/10.3103/S0735272716070037).

Поступила в редакцию ?