

ПРОГНОЗУВАННЯ СПОТВОРЕНИХ СИГНАЛІВ ВІД LED ЛАМП В СИСТЕМАХ ПОЗИЦІОНУВАННЯ ВСЕРЕДИНІ ПРИМІЩЕНЬ

Романов О.І., Мікляєв Г.О.

Навчально-науковий інститут телекомунікаційних систем

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail: a_i_romanov@ukr.net, glibmiklaiv@gmail.com

FORECASTING DISTORTED SIGNALS FROM LED LAMPS IN INDOOR POSITIONING SYSTEMS.

The paper analyses the possibility of forecasting distorted signals from LED transmitting lamps used as signal transmitters in indoor positioning systems. It is shown that using the 'fingerprint' method, it is possible to determine which lamps in a Li-Fi network are distorted.

Сьогодні позиціонування всередині приміщень широко використовується у різних галузях сучасних досліджень. Внутрішнє позиціонування зараз все більше і більше використовують для взаємодії між роботами та різними автоматизованими об'єктами. Ці проблеми особливо актуальні в Інтернеті речей (IoT), враховуючи швидке зростання IoT у «розумних» містах, «розумних» мережах та «розумних» медичних закладах.

На даний час для вирішення такої задачі в основному використовуються радіотехнології, такі як Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, або навіть GPS, який призначений, в основному, для зовнішнього використання. Основними недоліками цих методів є те, що вони мають малу точність, не можуть використовуватися там, де є обмеження на застосування радіохвиль (наприклад в лікарнях) і, крім того, вже відчувається нестача в радіочастотному (РЧ) спектрі.

Тому зараз почали використовувати видиме світло (VLC), як інноваційне рішення для бездротової передачі даних. На базі VLC зараз будують мережі Li-Fi, які мають ряд переваг у порівнянні з радіотехнологіями тим, що видиме світло має в 10 000 разів більший діапазон частот[1], може використовувати для передавання даних світлодіодні LED лампи, які є частиною готової інфраструктури освітлення, і одночасно на цій базі можливе здійснити рішення задач визначення місцеположення об'єктів усередині приміщення.[2,3]

Розглянемо структуру системи на базі VLC, яка дозволяє вирішити задачу позиціонування. Зазвичай в приміщеннях розташовано декілька LED ламп, і всі ці лампи можна використовувати для передавання інформації і визначення місцеположення об'єкта (рис 1). [4,5]

Дослідження полягає в розробці алгоритму для визначення LED ламп, від яких приймач користувача отримує спотворені сигнали. Вирішення цієї задачі дозволяє значно підвищити точність визначення координат користувача, коли система позиціонування працює в умовах наявності завад.[6]

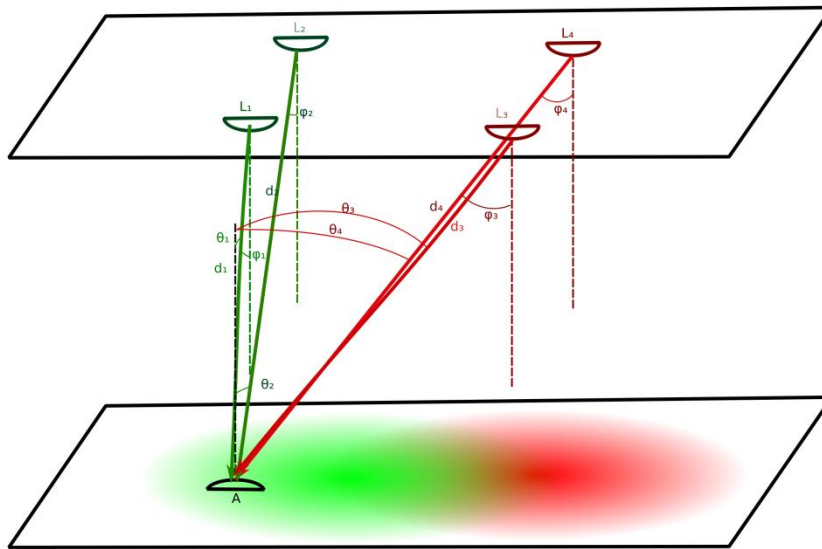


Рис.1. модель системи позиціонування на базі мережі Li-Fi.

На рис.1 представлено модель системи позиціонування на базі мережі Li-Fi та її основні елементи. Передавачі в системі представлені у вигляді світлодіодних LED ламп $\{ L_1, L_2, L_3, L_4 \}$. Причому лампи, від яких користувач отримує неспотворені сигнали, мають зелені кольори $\{ L_1, L_2 \}$, а лампи, від яких користувач отримує спотворені сигнали, мають червоні кольори $\{ L_3, L_4 \}$. Крім того, на рис.1 показані кути передавання і приймання світлових сигналів в мережі Li-Fi. Вони дозволяють розрахувати загасання світлових сигналів в процесі його переміщення від передавача до приймача.[7]

Для рішення задачі позиціонування в даній роботі використовується метод «відбитки пальців». Запропоновано наступний алгоритм визначення LED ламп, від яких приймаються неспотворені сигнали:

Шаг 1. Оператор A1-розрахунок різниці прийнятого сигналу об'єктом та еталонним сигналом в базі даних для кожної точки. Позначення на рис.2: $M_{\text{fingerprint}}$ – матриця відбитків пальців, в якій міститься інформація о потужності сигналів в опорних точках; M_{user} – прийняті значення потужності сигналів від різних ламп, M_{diff} - різниця між потужністю прийнятих сигналів користувачем та в опорних точках.

Шаг 2. Оператор A2-фільтрація різниці прийнятої потужності та потужності в базі даних; filter – функція яка визначає де може знаходитись об'єкт.

Шаг 3. Оператор A3-групування ламп, де $\text{group}(M_{\text{filtred}})$ by (x, y) означає що після фільтрації всі лампи групуються за спільними координатами.

Шаг 4. Оператор A4-обрахунок середньоквадратичного значення потужності для кожної пари LED ламп.

Шаг 5. Оператор A_5 -визначення найменшого середньоквадратичного значення помилки $\min(M_{RSM})$.

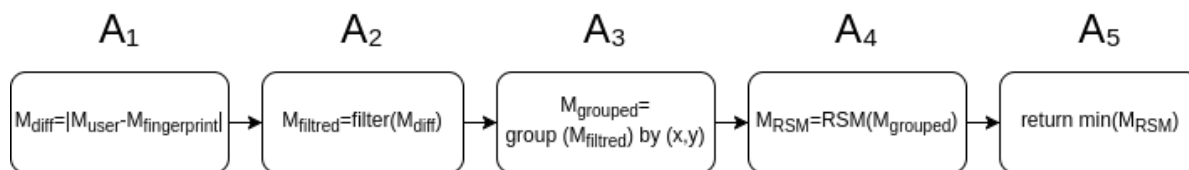


Рис.2. Алгоритм визначення LED ламп, від яких приймаються неспотворені сигнал.

Для перевірки алгоритму було проведено моделювання, яке показало що правильне визначення ламп, від яких сигнал є неспотвореним складає 97%.

Висновки. У роботі розглянуто систему позиціонування всередині приміщення, яка працює в умовах завад. Запропоновано алгоритм, який дає змогу з високим ступенем імовірності визначати LED лампи, сигнали від яких приймається без завад. Це дає можливість підвищити точність розв'язання задач позиціонування всередині приміщень в умовах завад.

Література

1. IEEE, "IEEE Approved Draft Standard for Information Technology– Telecommunications and Information Exchange Between Systems Local and Metropolitan Area Networks–Specific Requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 7: Light Communications," IEEE P802.11bb/D7.0, March 2023, pp. 1–29, 2023.
2. Petrosino A., Striccoli, D., Romanov, O., Boggia, G., Grieco, L.A. Fidelity for Internet of Things: A survey/ Optical Switching and Networking, Volume 48, March 2023, 100732, <https://doi.org/10.1016/j.osn.2023.100732>
3. V. P. Rekkas et al., "Artificial Intelligence in Visible Light Positioning for Indoor IoT: A Methodological Review," in IEEE Open Journal of the Communications Society, vol. 4, pp. 2838-2869, 2023, doi: 10.1109/OJCOMS.2023.3327211.
4. Романов О., Бурлака Г., Берестовенко О., Підпалій О. Технічні особливості побудови Li-Fi мережі за допомогою методів керування SDN/ Вісник ЧДТУ 2023; 0 (3): С:16-25; DOI: 10.24025/2306-4412.3.2023.284893.
5. Romanov, O., Dong, T.T., Nesterenko, M. The possibilities for deployment eco-friendly indoor wireless networks based on LiFi technology/Proceedings of International Conference on Applied Innovation in IT, 2020, 8(1), стр. 41–48
6. Romanov, O.I., Fediushyna, D.M., Dong, T.T. Model and method of Li-Fi network calculation with multipath light signals/2018 International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2018 - Proceeding, 2018, 9047550
7. Romanov, O.I., Hordashnyk, Y.S., Dong, T.T. Method for calculating the energy loss of a light signal in a telecommunication Li-Fi system/2nd International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2017 - Proceedings, 2017, 8095404