

<https://doi.org/10.30857/2786-5371.2023.4.3>

УДК 654.026

ПАВЛЮЧЕНКО В. А., МАКАРЕНКО В. В.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ WI-FI У ТРАНСПОРТНІЙ МЕРЕЖІ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ТРАНСПОРТУ ТА ПІШОХОДІВ

Мета. Провести аналіз можливості застосування технології W-Fi у транспортній мережі міста в цілях підвищення безпеки руху пішоходів та транспортних засобів і зробити висновки щодо доцільності використання даної технології у транспортній мережі.

Методика. Моделювання міської інфраструктури та аналіз розповсюдження рівня сигналу у програмному симуляторі Altair WinProp. Проведення аналізу якості каналу передачі даних шляхом тестування втрат пакетів та пропускної здатності при різних рівнях сигналу. Аналіз якості передачі даних при різних рівнях сигналу проведено за допомогою Wi-Fi роутера Mikrotik та ноутбуку з Wi-Fi модулем.

Результати. В результаті дослідження виконано моделювання міської інфраструктури для аналізу розповсюдження рівня сигналу від точок доступу Wi-Fi. Проведено аналіз розповсюдження рівня сигналу від точок доступу Wi-Fi в програмному симуляторі Altair WinProp. В ході дослідження встановлено, що для побудови надійної «безшовної» мережі необхідно створити покриття, в якому рівень сигналу був не меншим за -70 дБм. Встановлено, що чотирьох точок доступу Wi-Fi, з потужністю передавача +21 дБм, що встановлені на відстані близько 50 м одна від одної буде достатньо для того, щоб забезпечити надійним зв'язком учасників дорожнього руху на відстані до 50 м від перехрестя.

Наукова новизна. Знайдено граничний рівень сигналу від точки доступу Wi-Fi, при якому кількість втрат пакетів буде мінімальною, для побудови «безшовного» покриття для транспортної мережі. Проаналізовано доцільність використання технології Wi-Fi для транспорту та пішоходів у smart-місті.

Практична значимість. Результати дослідження та моделювання розповсюдження рівня сигналу від точок доступу Wi-Fi можна використати при створенні «безшовного» покриття для транспортної інфраструктури smart-міста.

Ключові слова: IoT; технологія Wi-Fi; рівень сигналу; безшовний зв'язок; точка доступу Wi-Fi; покриття.

Вступ. Технології світу Інтернету речей або IoT (Internet of Things) стрімко розвиваються та займають передові позиції при побудові нових інтелектуальних систем безпеки. «Розумні будинки» та «розумна техніка» дозволяють уникати пожеж, завчасно попереджають про небезпеку та захищають будинок від шахраїв. Однак наразі існує дуже багато аварій на дорогах, в яких страждають як водії так і пішоходи. Більшість дорожньо-транспортних пригод можна було б уникнути, якщо б пішохід або водій були завчасно попереджені про можливу небезпеку зіткнення. Технології IoT, такі як DSRC (Dedicated Short Range Communication) можуть створювати mesh-мережу з пристроїв, що встановлені в транспортних засобах та дорожній інфраструктурі, проте пішоходи будуть невидимі для даної мережі DSRC, а отже буде небезпека аварії при переході дороги пішоходом. Оскільки наразі у 99% пішоходів є смартфон з Wi-Fi модулем доцільно розглянути можливість застосування технології Wi-Fi в якості технології для упередження зіткнення пішоходів і транспортних засобів.

Аналіз попередніх досліджень. Навіть при наявності пішохідного переходу, перехід через дорогу не завжди є безпечним, оскільки пішоходи дуже часто потрапляють до «сліпих зон» транспортних засобів. Транспортні засоби, що запарковані дуже близько до пішохідних

переходів з порушенням правил дорожнього руху, дуже часто стають причинами раптової появи пішохода в зоні видимості інших учасників дорожнього руху, через що може статися аварія. Задля безпечного пересування транспортного засобу та переходу дороги пішоходом необхідно, щоб всі учасники дорожнього руху мали інформацію про місцезнаходження один одного.

Дослідження [1] показано, що при швидкості транспортних засобів до 80 км/год немає суттєвого впливу на затримки передавання пакетів технологій Wi-Fi та DSRC, отже технологія Wi-Fi може використовуватися у міських умовах, де швидкість транспортних засобів не перевищує показника у 80 км/год. У роботі [2] досліджено, що при швидкості близько 80 км/год швидкість передавання даних по Wi-Fi падає до 1 Мбіт/с, проте цієї швидкості буде цілком достатньо для обміну даними у транспортній мережі. Технологія Wi-Fi може виявляти місцезнаходження об'єктів завдяки моніторингу рівня сигналу від пристроїв [3, 4], завдяки цьому можна виявляти координати пішоходів та транспортних засобів без залучення GPS сервісів. У дослідженні [5] виявлено, що технологія Wi-Fi програє технології DSRC у швидкості з'єднання пристроїв та у затримці передавання пакетів даних, проте має більшу пропускну здатність, що можна використати як значну перевагу у місцях скупчення людей, особливо на пішохідних переходах. Проведений аналіз наукових статей по розвантаженню Wi-Fi мереж через стільниковий зв'язок у роботах [6-8] показав, що Wi-Fi мережу можна розвантажити у складних випадках в місцях великого скупчення людей. У роботі [9] запропоновано метод об'єднання технологій Wi-Fi та WiMax, що дає змогу з'єднати ці технології в одну спільну мережу. В рамках дослідження [10] представлено гібридну систему DSRC/Wi-Fi та експериментально оцінено її продуктивність. В результаті дослідження [11] було з'ясовано, що покриття однієї точки доступу буде достатньо для забезпечення неперервним зв'язком протягом 10 с транспортний засіб, що рухається зі швидкістю 180 км/год. Однак було встановлено, що на границях зон покриття з'являється проблема з великими втратами пакетів через ослаблений сигнал від точки доступу. Поки транспортний засіб з'єднається з іншою точкою він подолає велику відстань, через що на деякий час зникне з видимості інших пристроїв транспортної системи, що може привести до виникнення аварійної ситуації.

Постановка завдання. Запропоновано організувати «безшовне» покриття для забезпечення надійного зв'язку вздовж доріг між пристроями Wi-Fi, що встановлені на транспортних засобах та у пішоходів. «Безшовна» мережа Wi-Fi дозволить уникнути втрат часу при переключенні між точками доступу Wi-Fi і зменшить ризики зіткнення на дорогах. При побудові безшовного покриття на дорозі та тротуарі необхідно розрахувати оптимальну відстань між точками доступу Wi-Fi та мінімальний рівень сигналу, при якому якість каналу передавання даних буде достатньою для надійного зв'язку.

Результати дослідження. З'єднання пристроїв Wi-Fi з точкою доступу складає приблизно 2 с. Отже, коли транспортний засіб виїжджає з зони дії Wi-Fi точки йому треба приблизно 2 с, щоб організувати зв'язок з наступною точкою доступу. При швидкості 50 км/год за 2 с транспортний засіб встигне проїхати приблизно 28 м без надання інформації про своє місцезнаходження, напрямок та швидкість руху, що може привести до виникнення аварійної ситуації. Для усунення цієї проблеми пропонується організувати безшовне покриття Wi-Fi вздовж дороги. При безшовному покритті переключення між точками доступу відбувається приблизно за 50 мс, що дає змогу не втрачати зв'язок між пристроєм пішохода/транспортного засобу та точкою доступу. Приклад організації безшовного зв'язку Wi-Fi вздовж дороги наведено на рис. 1.

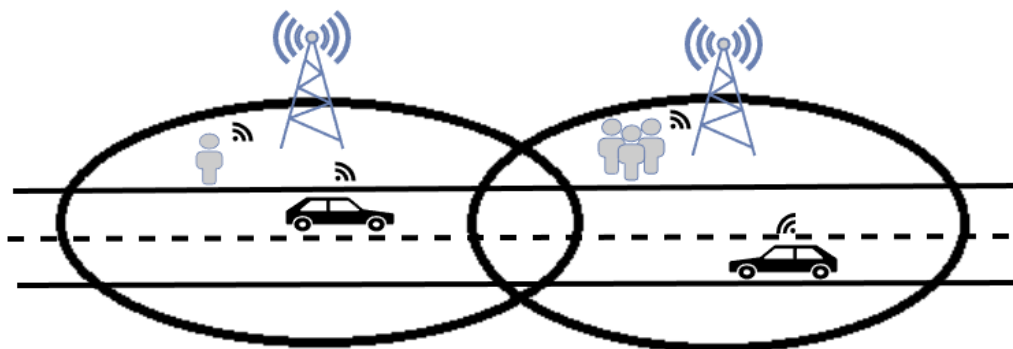


Рис. 1. Приклад організації безшовного зв'язку Wi-Fi вздовж дороги

Як випливає з рис. 1 транспортні засоби, що рухаються по дорозі та пішоходи, що йдуть вздовж дороги, не будуть виходити з зони покриття точок доступу Wi-Fi. Згідно з принципом роботи безшовного Wi-Fi, якщо пристрій буде знаходитись у зоні перетину покриття від декількох точок, то пристрій буде підключатися до тієї точки доступу, від якої рівень сигналу буде найвищим.

Для проведення дослідження були використані характеристики стандартної точки доступу Wi-Fi з підтримкою стандарту 802.11ac для встановлення поза зоною будівлі:

- антени з круговою діаграмою спрямованості;
- максимальна вихідна потужність передавача +21 дБм;
- максимальне підсилення антени +3 дБм;
- чутливість приймача -90 дБм;
- робочі діапазони частот 2.4 та 5 ГГц.

Навіть при перевазі 2.4 ГГц діапазону Wi-Fi у дальності розповсюдження сигналу, дослідження проведено для діапазону частот Wi-Fi 5 ГГц. Цей діапазон обрано оскільки у ньому менше завад у міському середовищі, а також більше каналів передавання даних, частотні діапазони яких не перекриваються один з одним. Більшість сучасних пристроїв Wi-Fi пішоходів та водіїв підтримують роботу в діапазоні 5 ГГц.

Схема перехрестя на якому проводилось тестування розповсюдження сигналу наведена на рис. 2.

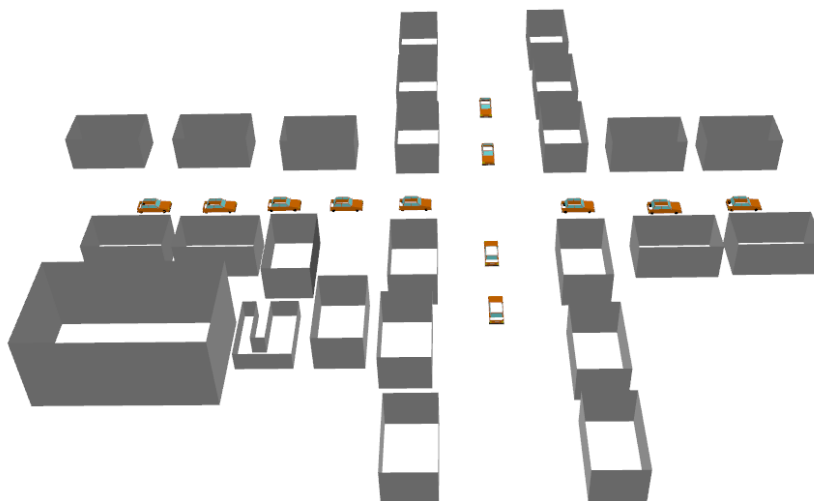


Рис. 2. Схема перехрестя для тестування розповсюдження сигналу від точок доступу Wi-Fi для безшовного покриття ділянки дороги

Для організації надійного зв'язку і забезпечення високого рівня сигналу встановлено 4 точки доступу таким чином, щоб зона перетину електромагнітних полів проходила поза межами розташування будинків, тобто посередині вулиць. Враховуючи, що чутливість приймача Wi-Fi найчастіше не перевищує -90 дБм, необхідно, щоб в точках перетину полів рівень сигналу не нижче -80 дБм для уникнення роз'єднання пристроїв з точками доступу Wi-Fi. Враховуючи вихідну потужність передавача точок доступу, відстань між ними при якій на перетині зон дії рівень сигналу не менше за -80 дБм, буде дорівнювати приблизно 120 м. Ця відстань отримана шляхом моделювання розповсюдження сигналів від точок доступу на перехресті у програмному середовищі Altair WinProp.

Аналіз отриманого шляхом моделювання розповсюдження рівня сигналу від точок доступу Wi-Fi наведено на рис. 3.

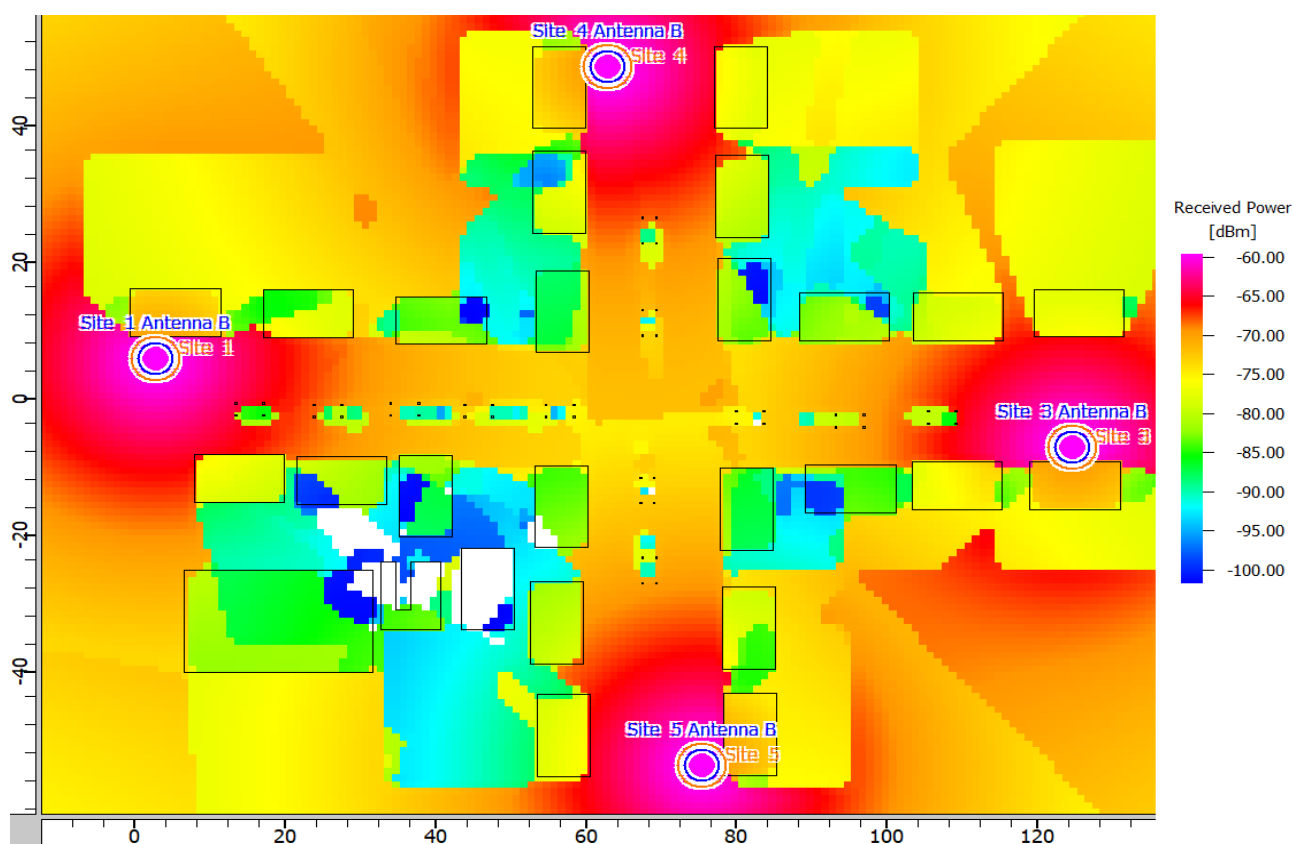


Рис. 3. Розповсюдження рівня сигналу від точок доступу Wi-Fi вздовж доріг на перехресті

Як випливає з рис. 3, вздовж доріг, що перетинаються на перехресті, організовано безшовний Wi-Fi зв'язок з рівнем сигналу не менше ніж -80 дБм. На перехресті, у місці, де перетинаються зони дії усіх точок доступу рівень сигналу знаходиться на рівні $-73...-78$ дБм.

За допомогою точки доступу Wi-Fi Mikrotik та ноутбуку з Wi-Fi модулем проведено тестування втрат в каналі передавання даних при рівні сигналу $-73...-78$ дБм. Спостереження за зміною рівня сигналу проводилося через Web-інтерфейс точки доступу Wi-Fi. Результати перевірки наведені на рис. 4.

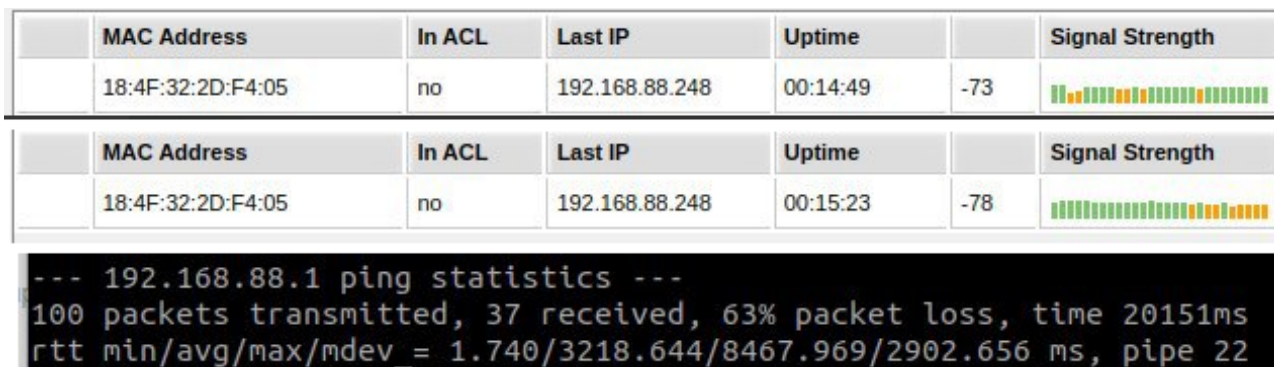


Рис. 4. Результат перевірки якості каналу передавання даних при рівні сигналу від точки доступу в діапазоні -73...-78 дБм

Як впливає з рис. 4 при коливанні рівня сигналу в діапазоні -73...-78 наявність втрат в каналі передавання даних становила у найгіршому випадку 63%, а середня затримка доставки пакетів зростає до 3.218 с, що є показником дуже поганої якості зв'язку. Тестування втрат і затримок в каналі передавання даних проводилося командою ping від ноутбуку з Wi-Fi модулем до точки доступу Wi-Fi Mikrotik. Розмір пакета даних становив – 64 біт.

При таких параметрах пропускна здатність каналу передавання даних впала з 95 Мбіт/с при рівні сигналу близько -66 дБм до 30...100 кбіт/с при рівні сигналу -73...-78 дБм, а іноді опускалася до позначки у 0 біт/с. Перевірка пропускної здатності каналу проводилася за допомогою утиліти iperf3 в 1 потік. В якості сервера виступав персональний комп'ютер, що знаходиться в одній локальній мережі з ноутбуком через який проводилося тестування якості каналу. Результат тестування пропускної здатності каналу при рівні сигналу -73...-78 дБм наведено на рис. 5.

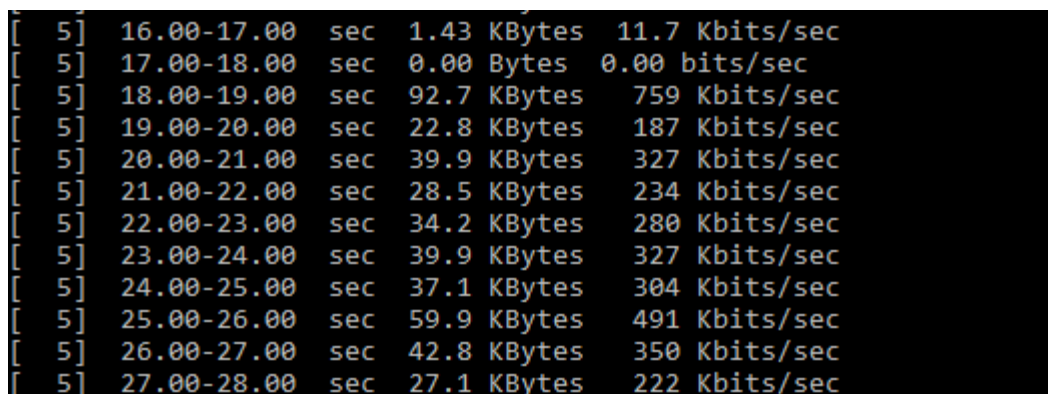


Рис. 5. Результат тестування пропускної здатності каналу при рівні сигналу -73...-78 дБм

Оскільки при рівні сигналу -73...-78 дБм на перехресті можуть виникати втрати в каналі передавання даних, необхідно виявити мінімальний рівень сигналу при якому в каналі передавання даних не буде втрат пакетів. Виявлено, що при рівні сигналу -65...-70 дБм зберігається належна якість передавання даних без втрат. Результат перевірки каналу передавання даних при рівні сигналу -65...-70 дБм наведено на рис. 6.

MAC Address	In ACL	Last IP	Uptime		Signal Strength
18:4F:32:2D:F4:05	no	192.168.88.248	00:56:21	-65	
MAC Address	In ACL	Last IP	Uptime		Signal Strength
18:4F:32:2D:F4:05	no	192.168.88.248	00:57:35	-70	

```

--- 192.168.88.1 ping statistics ---
100 packets transmitted, 100 received, 0% packet loss, time 19893ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.809/2.840/46.327/5.212 ms
    
```

Рис. 6. Результат перевірки якості каналу при рівні сигналу у -65...-70 дБм

Оскільки рівень сигналу в діапазоні -73...-78 дБм на перехресті призводить до великої кількості втрачених пакетів, необхідно переглянути відстань між точками доступу для підвищення рівня сигналу. Відстань між точками доступу зменшено до 50 м. Результат розподілу рівня сигналу при відстані 50 м між точками доступу наведено на рис. 7. Моделювання розповсюдження рівня сигналу було проведено в програмі Altair WinProp.

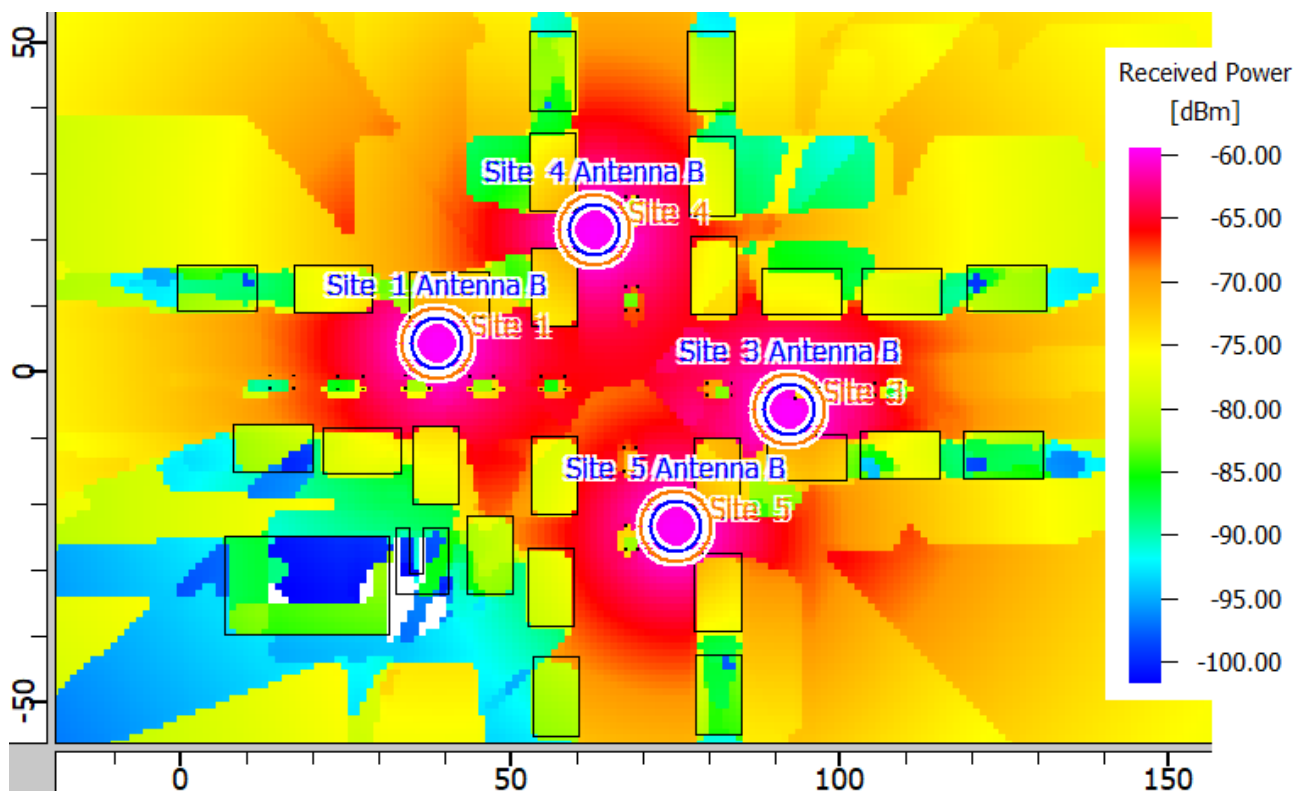


Рис. 7. Розподіл рівня сигналу при відстані 50 м між точками доступу

Як випливає з рис. 7 рівень сигналу на перехресті та вздовж дороги знаходиться на рівні не менше за -70 дБм. Цього рівня сигналу цілком достатньо для того, щоб пристрої, що встановлені на транспортних засобах, що пересуваються по дорозі та пішоходи, які знаходяться на тротуарі були забезпечені безперервним зв'язком з точками доступу Wi-Fi.

На рис. 8 наведено розповсюдження сигналу на перехресті з рівнем сигналу не меншим за -70 дБм.

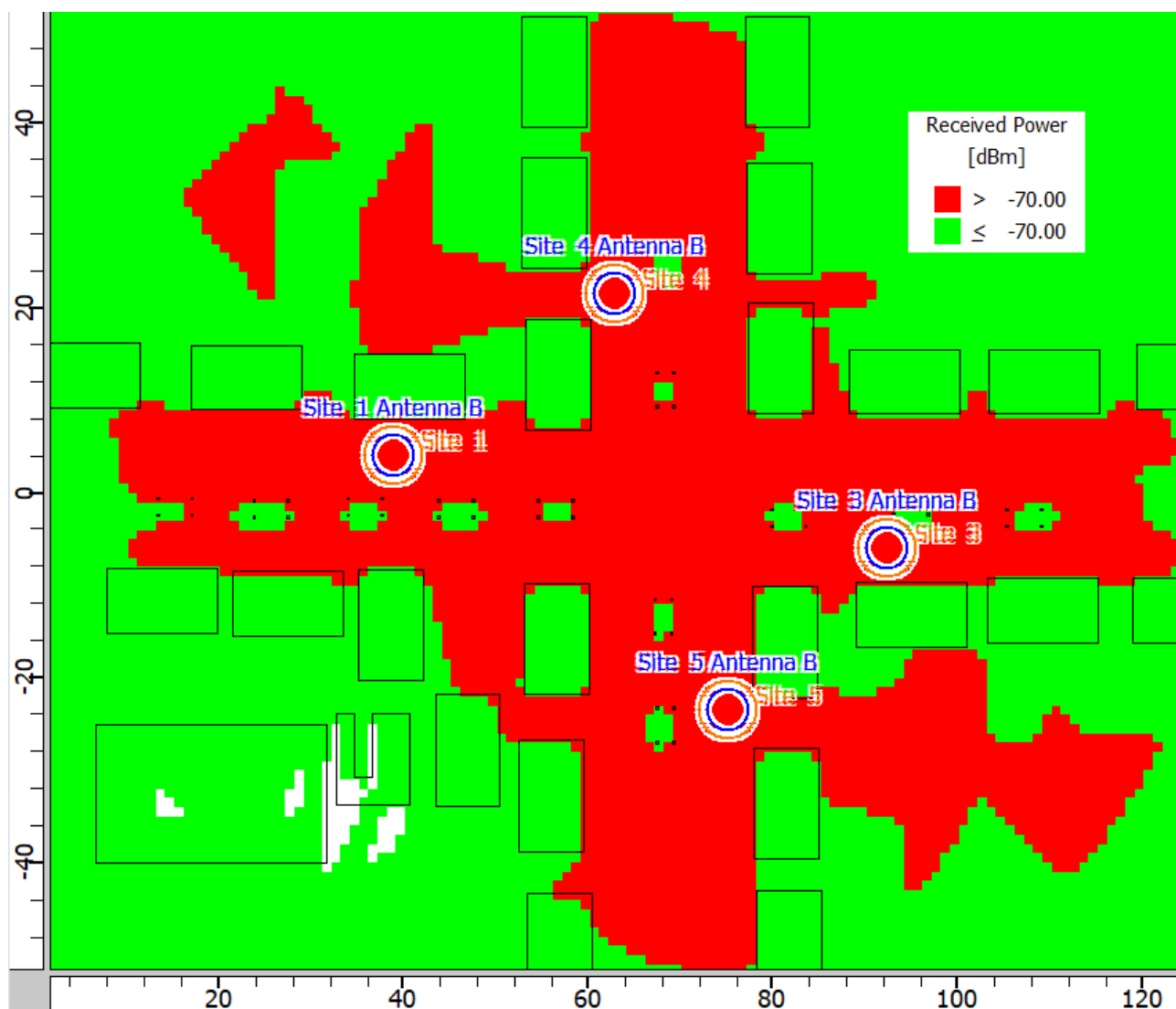


Рис. 8. Розповсюдження сигналу на перехресті з рівнем сигналу не меншим за -70 дБм

Як випливає з рис. 8 рівень сигналу більший за -70 дБм забезпечується на відстані до 100 м від перехрестя на будь-якому напрямку. З цього можна зробити висновок, що чотирьох точок доступу Wi-Fi, з потужністю передавача +21 дБм, що встановлені на відстані близько 50 м одна від одної буде достатньо для того, щоб забезпечити надійним зв'язком учасників дорожнього руху на відстані до 50 м від перехрестя.

Результати моделювання показують, що при потраплянні в зону покриття від Wi-Fi точки, транспортний засіб або пішохід може здійснювати безперервний обмін інформацією про своє місцезнаходження, напрямок та швидкість руху. Завдяки безшовному покриттю технологія Wi-Fi компенсує свій мінус у швидкості з'єднання між пристроями, що дає змогу використовувати її як альтернативу технології DSRC на деяких ділянках руху.

Висновки. Результати дослідження розповсюдження поля сигналу від точок доступу Wi-Fi показали, що для впевненого і швидкого зв'язку між пристроями Wi-Fi необхідно забезпечити рівень сигналу у приймальній антені не менше ніж -70 дБм.

При проектуванні безшовного Wi-Fi покриття для транспортних засобів та пішоходів, необхідно встановлювати Wi-Fi точки доступу на такій відстані, що забезпечить у місцях перетину зон покриття точок доступу рівень сигналу не менший за -70 дБм. З урахуванням того, що при наявності опадів та густого туману загасання в каналі передавання даних значно

зростає, доцільно зменшувати відстань між точками доступу для забезпечення у найгіршому випадку рівня сигналу у приймальній антені не менше ніж -60...65 дБм.

З'ясовано, що для точок доступу з потужністю передавача 21 дБм та ненаправленими антенами, при відстані між ними 50 м забезпечується безшовне Wi-Fi покриття доріг та тротуарів на відстані до 50 м з рівнем сигналу не меншим за -70 дБм.

В результаті проведеного дослідження встановлено, що незважаючи на те що технологія Wi-Fi забезпечує меншу швидкість з'єднання між пристроями, ніж технологія DSRC, при організації безшовного Wi-Fi покриття можна компенсувати цю ваду даної технології завдяки тому, що пристроям Wi-Fi не треба щоразу встановлювати з'єднання з точкою доступу, поки вони знаходяться в зоні дії безшовного покриття. Таким чином технологію Wi-Fi можна використовувати для оповіщення про місцезнаходження транспортних засобів та пішоходів на небезпечних ділянках руху.

References

Література

1. Shuhaimi, N. I., Heriansyah, Juhana, T. (2015). Comparative Performance Evaluation of DSRC and Wi-Fi Direct in VANET. *4th International Conference on Instrumentation, Communications, Information Technology, and Biomedical Engineering (ICICI-BME)*. P. 298–303. DOI: 10.1109/ICICI-BME.2015.7401382.
2. Tufail, A., Fraser, M., Hammad, A., Kim, K.-H., Yoo, S.-W. (2008). An empirical study to analyze the feasibility of WI-FI for VANETs. *Proceedings of the 2008 12th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, CSCWD*. P. 553-558. DOI: 10.1109/CSCWD.2008.4537038.
3. Jiantong, C., Ling, Y., Yong, L., Weihua, Z. (2014). Seamless outdoor/indoor navigation with WI-FI/GPS aided low cost. *Physical Communication*. P. 1–28. DOI: 10.1016/j.phycom.2013.12.003.
4. Ahmeda, F., Phillips, M., Phillips, S., Kima, K.-Y. (2021). Comparative Study of Seamless Asset Location and Tracking Technologies. *30th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM2021)*. P. 1138–1145. DOI: doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.160.
5. Fitah, A., Badri, A., Moughit, M., Sahel, A. (2018). Performance of DSRC and WI-FI for Intelligent Transport Systems in VANET. *Procedia Computer Science*. P. 360–368. DOI: 10.1016/j.procs.2018.01.133.
6. Cheng, N., Lu, N., Zhang, N., Shen, X. (S.), Mark, J. W. (2014). Vehicular Wi-Fi offloading: Challenges and solutions. *Vehicular Communications*, P. 13–21. DOI: 10.1016/j.vehcom.2013.11.002.
7. Dimatteo, S., Hui, P., Han, B., Li, V. O. K. (2011). Cellular Traffic Offloading through Wi-Fi Networks. *IEEE 8th International Conference on Mobile Adhoc and Sensor Systems*, Valencia, P. 192–201. DOI: 10.1109/MASS.2011.26.
1. Shuhaimi N. I., Heriansyah, Juhana T. Comparative Performance Evaluation of DSRC and Wi-Fi Direct in VANET. *4th International Conference on Instrumentation, Communications, Information Technology, and Biomedical Engineering (ICICI-BME)*. 2015. P. 298–303. DOI: 10.1109/ICICI-BME.2015.7401382.
2. Tufail A., Fraser M., Hammad A., Kim K.-H., Yoo S.-W. An empirical study to analyze the feasibility of WI-FI for VANETs. *Proceedings of the 2008 12th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, CSCWD*. 2008. P. 553–558. DOI: 10.1109/CSCWD.2008.4537038. DOI: 10.1016/j.phycom.2013.12.003.
3. Jiantong C., Ling Y., Yong L., Weihua Z. Seamless outdoor/indoor navigation with WI-FI/GPS aided low cost. *Physical Communication*. 2014. P. 1–28. DOI: 10.1016/j.phycom.2013.12.003.
4. Ahmeda F., Phillips M., Phillips S., Kima K.-Y. Comparative Study of Seamless Asset Location and Tracking Technologies. *30th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM2021)*. 2021. P. 1138–1145. DOI: doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.160.
5. Fitah A., Badri A., Moughit M., Sahel A. Performance of DSRC and WI-FI for Intelligent Transport Systems in VANET. *Procedia Computer Science*. 2018. P. 360–368. DOI: 10.1016/j.procs.2018.01.133.
6. Cheng N., Lu N., Zhang N., Shen X. (S.), Mark J. W. Vehicular Wi-Fi offloading: Challenges and solutions. *Vehicular Communications*. 2014. P. 13–21. DOI: 10.1016/j.vehcom.2013.11.002.
7. Dimatteo S., Hui P., Han B., Li V. O. K. Cellular Traffic Offloading through Wi-Fi Networks. *IEEE 8th International Conference on Mobile Adhoc and Sensor Systems*. Valencia: 2011. P. 192–201. DOI: 10.1109/MASS.2011.26.

8. Cheng, R.-S., Huang, C.-M., Pan, S.-Y. (2018). Wi-Fi offloading using the device-to-device (D2D) communication paradigm based on the Software Defined Network (SDN) architecture. *Journal of Network and Computer Applications*, P. 1–12. DOI: 10.1016/j.jnca.2018.03.014.
9. Chen, Y.-C., Hsia, J.-H., Liao, Y.-J. (2021). Advanced seamless vertical handoff architecture for WiMAX and Wi-Fi heterogeneous networks with QoS guarantees. *Computer Communications*, P. 281–293. DOI: 10.1016/j.comcom.2008.10.014.
10. Wickramarachchi, T., Dias, D., Samarasinghe, T., Gokull, N. (2022). Evaluation of DSRC/Wi-Fi Hybrid Communications for Intelligent Transport Systems. *2022 IEEE 25th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, P. 3509–3514. DOI: 10.1109/ITSC55140.2022.9922307.
11. Ott, J., Kutscher, D. (2004). Drive-thru Internet: IEEE 802.11b for "Automobile" Users. *Proceedings – IEEE INFOCOM*, P. 373.
8. Cheng R.-S., Huang C.-M., Pan S.-Y. Wi-Fi offloading using the device-to-device (D2D) communication paradigm based on the Software Defined Network (SDN) architecture. *Journal of Network and Computer Applications*. 2018. P. 1–12. DOI: 10.1016/j.jnca.2018.03.014.
9. Chen Y.-C., Hsia J.-H., Liao Y.-J. Advanced seamless vertical handoff architecture for WiMAX and Wi-Fi heterogeneous networks with QoS guarantees. *Computer Communications*. 2021. P. 281–293. DOI: 10.1016/j.comcom.2008.10.014.
10. Wickramarachchi T., Dias D., Samarasinghe T., Gokull N. Evaluation of DSRC/Wi-Fi Hybrid Communications for Intelligent Transport Systems. *2022 IEEE 25th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*. 2022. P. 3509–3514. DOI: 10.1109/ITSC55140.2022.9922307.
11. Ott J., Kutscher D. Drive-thru Internet: IEEE 802.11b for "Automobile" Users. *Proceedings – IEEE INFOCOM*. 2004. P. 373.

Pavliuchenko Vladyslav

Postgraduate student, Department of Acoustic and Multimedia Electronic Systems, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-7481-9719>
E-mail: pva20200929-ames24@iit.kpi.ua

Makarenko Volodymir

Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Associate Professor, Department of Acoustic and Multimedia Electronic Systems, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-1232-5198>
Scopus Author ID: 57189323242
Researcher ID: I-1835-2017
E-mail: mvv00610-ames@iit.kpi.ua

PAVLIUCHENKO V. A., MAKARENKO V. V.

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine

ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF USING WI-FI TECHNOLOGY IN THE TRANSPORT NETWORK TO IMPROVE TRAFFIC AND PEDESTRIAN SAFETY

Purpose. Conduct an analysis of the possibility of using W-Fi technology in the city's transport network in order to improve the safety of pedestrians and vehicles and draw conclusions about the feasibility of using this technology in the transport network.

Methodology. Urban infrastructure modeling and signal level propagation analysis in the Altair WinProp software simulator. Conducting data channel quality analysis by testing packet loss and bandwidth at different signal levels. Analysis of the quality of data transmission at different signal levels was carried out using a Mikrotik Wi-Fi router and a laptop with a Wi-Fi module.

Findings. As a result of the research, modeling of the city infrastructure was performed to analyze the spread of the signal level from Wi-Fi access points. The analysis of signal level propagation from Wi-Fi access points was carried out in the Altair WinProp software simulator. In the course of the research, it was established that in order to build a reliable "seamless" network, it is necessary to create a coverage in which the signal level was not less than -70 dBm. It has been established that four Wi-Fi access points, with a transmitter power of +21 dBm, installed at a distance of about 50 m from each other will be sufficient to ensure reliable communication of road users at a distance of up to 50 m from the intersection.

Originality. The limit level of the signal from the Wi-Fi access point, at which the number of packet losses will be minimal, was found for the construction of a "seamless" coverage for the transport network. The feasibility of using Wi-Fi technology for transport and pedestrians in a smart city is analyzed.

Practical value. The results of research and modeling of signal level propagation from Wi-Fi access points can be used to create a "seamless" coverage for the transport infrastructure of a smart city.

Keywords: IoT; Wi-Fi technology; signal level; seamless connection; Wi-Fi access point; W-Fi coverage.