

ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛІ ОКАМУРА-ХАТА ІЗ ТРАСУВАННЯМ ПРОМЕНІВ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ПРОСТОРОВОГО РОЗПОДІЛУ СИГНАЛУ

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі наведено результати аналізу модифікованої моделі Окамура-Хата із застосуванням методу трасування променів для оцінювання просторового поширення сигналу безпроводних корпоративних телекомунікаційних мереж у приміщеннях.

Ключові слова: *безпроводний канал, корпоративна телекомунікаційна мережа, модель Окамура-Хата, трасування променів, оцінювання просторового поширення сигналу.*

Abstract

In this paper, presents the analysis results of a modified Okumura-Hata model integrated with the ray-tracing method for evaluating spatial signal propagation within indoor environments of wireless corporate telecommunication networks.

Keywords: *wireless channel, corporate telecommunication network, Okumura-Hata model, ray tracing, spatial signal propagation assessment.*

Вступ

Оцінювання просторового розподілу сигналу є важливим завданням аналізу даних у багатьох задачах прогнозування покриття корпоративних телекомунікаційних мереж [1-3]. Розуміння природи поширення сигналів у просторі, дозволяє підвищувати ефективність безпроводних каналів передачі інформації, шляхом створення нових адаптивних архітектурних рішень різного роду мереж та можливість оптимізації існуючих. Також, це дає можливість виявляти недоліки складових безпроводних каналів передачі інформації та враховувати параметри навколишнього середовища.

Основна частина

Згідно [3], просторовий розподіл сигналу може бути заданий як масив вимірювань. Проектування безпроводних корпоративних телекомунікаційних мереж пов'язане зі значними труднощами у прогнозуванні рівня прийнятого сигналу. Особливо проблема полягає в умовах приміщень, які характеризуються складною архітектурною забудовою, що створює значну кількість перешкод. До них можна віднести міжкімнатні перегородки, перекриття, меблі та різноманітні будівельні матеріали (цегла, залізобетон, скло, гіпсокартон), різноманітне обладнання та прилади, які формують значну кількість поверхонь та створення явища багатопроменевого поширення хвиль.

Для вирішення вказаної проблеми застосовується багато методів і моделей оцінювання та прогнозування покриття [4], але, як показує практика, не існує універсального підходу для врахування всіх факторів впливу, оскільки різні середовища передачі характеризуються сукупністю не корельованих характеристик. Класичні емпіричні моделі, зокрема модель Окамура-Хата, розроблялись для макрокомірок мобільного зв'язку і безпосередньо не застосовні до умов приміщень без суттєвої адаптації. Проте, існують модифікації, які були адаптовані до таких умов. Одним із таких підходів є застосування методу трасування променів. Адаптація такої моделі полягає за рахунок введення додаткових доданків, які моделюють коефіцієнт згасання від стіни та коефіцієнт згасання на поверх та кількісно описують втрати при проходженні крізь конструктивні елементи будівлі. Сам метод трасування променів полягає у використанні зворотного поширення хвиль з урахуванням до п'яти відбиттів і двох дифракційних подій на кожному промені [5]. Для кожного матеріалу будівельної конструкції визначено діелектричну проникність і тангенс кута діелектричних втрат відповідно до рекомендацій ITU-R P.2040, що дозволяє розраховувати коефіцієнти відбиття та пропускання для частотних діапазонів 2.4 ГГц і 5 ГГц.

Модель Окамура-Хата із трасуванням променів можна записати так:

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} + G_{RX} - 20 \log l - 20 \log f + 27,55 - 10 \log \left| \sum_{i=1}^k A_i \cdot e^{j\phi_k} \right|^2,$$

де P_{TX} – потужність передавача; G_{TX} – коефіцієнт підсилення антени передавача; G_{RX} – коефіцієнт підсилення антени приймача; A_k – амплітуда k -го променя, ϕ_k – його фазовий зсув; f – частота сигналу; l – довжина радіоканалу.

Для найбільш поширених випадків (прямої, відбитої, заломленої, огинаючої), A_k визначається як [4-5]:

$$A_n = \frac{\lambda}{4\pi l}, \quad A_s = \frac{\lambda}{4\pi l} \prod_{i=1}^m \Gamma_m,$$

$$A_z = \frac{\lambda}{4\pi l} \prod_{i=1}^m T_m e^{-\alpha_m t_m}, \quad A_o = \frac{\lambda}{4\pi l} D(\theta_f, \theta_d, n),$$

де Γ_m – коефіцієнт відбиття Френеля для m -ї поверхні; T_m – коефіцієнт пропускання для m -ї поверхні; α_m – коефіцієнт поглинання матеріалу, t_m – товщина стіни, D – коефіцієнт дифракції, який залежить від кута падіння θ_f , кута дифракції θ_d та параметра кута поширення сигналу.

Висновки

Таким чином, встановлено, що модель Окамура-Хата із трасуванням променів є ефективним механізмом для оцінювання просторового розподілу сигналу для безпроводних корпоративних телекомунікаційних мереж, а також можуть бути адаптовані для просторового оцінювання поширення сигналу у приміщеннях із архітектурними перешкодами для частотних діапазонів 2,4 ГГц та 5 ГГц [6-8], що є досить актуальним при виконанні експериментальних досліджень пов'язаних із оцінюванням параметрів радіоканалів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Mykhalevskiy, D., Vasylyshyn, V., Riabkov, V., Myronenko, R., Bryl, D. Method for improving the coverage efficiency of wireless sensor networks based on UAVs. *Machinery and Energetics*, 2024, 15(2), 81–94. DOI 10.31548/machinery/2.2024.81.
2. Mykhalevskiy, D. V., Kychak V. M. Development of information models for increasing the efficiency of evaluating wireless channel parameters of 802.11 standard. 2019. №2. 41–51. DOI: 10.2478/lpts-2019-0009.
3. Mykhalevskiy D.V. Investigation of sensitivity impact of receiver to effective data transmission rate / D. V. Mykhalevskiy // *Proceeding of the 1th IEEE International Conference on Data Stream Mining & Processing*. – 2016. Lviv, Ukraine. – P. 369-372.
4. Giannakoulas A., Karkanis N., Gavrilidis I., Kaifas T. N. F.. *Propagation Models for Wireless Sensor Networks*. Electronics. 2026. 15. 925. Pp. 1-45. DOI: 10.3390/electronics15050925.
5. Tarapiah S., Sulaiman B., Natsheh E., Atalla S., Kharmeh S.A., Rashed A. Optimized indoor radio signal prediction with 3D ray tracing model at 2.4 and 5 GHz. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*. 2025. Vol. 14. No. 4. Pp. 2935~2946. DOI: 10.11591/eei.v14i4.9441
6. Mykhalevskiy D. Development of the method of evaluation of effective data rate on the basis of empirical model of statistical relationship of basic parameters for the wireless channel 802.11 standard. *Easten-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. № 5/9. (107). 26–35. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.114191.
7. Mykhalevskiy, D., Vasylykivskyi, N., & Horodetska, O. (2017). Development of a mathematical model for estimating signal strength at the input of the 802.11 standard receiver. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(9 (90), 38–43. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.114191>
8. Mykhalevskiy D. Devising a technique to evaluate fluctuations in the main parameters of a wireless channel of the 802.11 standard. *Easten-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. №6/9 (108). Pp. 18–24. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.218720.

Михалевський Дмитро Валерійович — д-р техн. наук, професор кафедри інфокомунікаційних систем та технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Mikhalevsky Dmytro V. — Dr. Tech. of Sciences, professor of the department of information communication systems and technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.