

УДК 004.738.5(1-19)(045)

ОЦІНКА АДЕКВАТНОСТІ МОДЕЛЕЙ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ДЛЯ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ ПІД ЧАС ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЕЗНАХОДЖЕННЯ АБОНЕНТІВ**О. П. Ткаліч**, канд. техн. наук, доц.; **Р. С. Одарченко**, канд. техн. наук;
О. Ю. Устинов, Д. О. Колодинський

Національний авіаційний університет

tkalich@nau.edu.ua

У корпоративних мережах з великою кількістю абонентів важливим аспектом є необхідність надання якісного та своєчасного сервісу з надання інформаційних послуг та моніторингу пересування абонентів у межах мережі. Для вирішення цього питання необхідно забезпечити визначення місцезнаходження абонента. Розглянуто метод визначення знаходження абонента шляхом вимірювання потужності радіосигналу на мобільній станції. Проведено аналіз існуючих емпіричних моделей розповсюдження радіохвиль, які працюють у заданому частотному діапазоні. Проведено експериментальне дослідження вимірювання потужності сигналу для різних умов розповсюдження радіохвиль, а саме відкритому простору та приміщенні. Проведено верифікацію емпіричної моделі з експериментальними даними. Визначено оптимальну модель для розрахунку місцеположення абонента на відкритій місцевості та в приміщенні.

Ключові слова: бездротові мережі, місцезнаходження абонентів, дальність зв'язку, розповсюдження радіохвиль, емпіричні моделі, затухання сигналу, мережі Wi-Fi, модель ITU-R 1238.

In corporate networks with a large number of subscribers it is an important aspect to provide quality and timely service to provide information services and monitoring the movement of subscribers within the network. To solve this problem it is necessary to provide location determination. The article describes the method of position determining of the subscriber by measuring the radio signal strength at the mobile station. The article analyzes the existing empirical distribution models that operate in a given frequency range. An experimental research of the signal power measurement for a variety of determination conditions, namely indoor and outdoor space. Verification of empirical model with experimental data was made. The optimal model was defined for calculating the subscriber location for indoor and outdoor space.

Keywords: wireless networks, user location, connection range, distribution of radio waves, empirical models, signal attenuation, Wi-Fi networks, ITU-R 1238 model.

Вступ

Для підвищення якості послуг, які надаються користувачам та більшої автоматизації бездротових мереж, важливо знати місцезнаходження об'єктів мережі. Одним з параметрів для визначення місцезнаходження є величина рівня сигналу який приймається мобільною станцією. Для попередньої оцінки сигналу на місці побудови мережі можливе використання моделей розповсюдження радіохвиль. Проблема вивчення моделей розповсюдження радіосигналів є важливим питанням для проектування локальних, корпоративних та суспільних мереж, адже розрахунок зони покриття і як наслідок оптимізація розташувань точок доступу входить в заходи по побудові бездротових мереж. Також використання таких моделей можливе для програмних комплексів по плануванню мереж, тому оцінка відповідностей моделей експериментальним даним є актуальною.

Аналіз досліджень та публікацій

У статті [1] наведено аналіз використання емпіричних моделей розповсюдження радіохвиль WiFi-сигналів для умов розповсюдження у приміщенні, серед моделей наведено: One Slope, Dual Slope, ITU-R 1238, Motley-Keenan.

Для цілей оцінки загасання сигналів на відкритій місцевості та умов міст можливе використання моделей що представлені у [2]: Free Space Path Loss (FSPL) Model, COST 231 Hata Model, COST 231 Walfisch-Ikegami Model, Stanford University Interim (SUI) Model, Ericsson Model. Для точного опису загасання сигналу у кожному типі місцевості необхідно визначити оптимальні моделі розповсюдження, які максимально близько описували б розповсюдження в експериментальних умовах. Приблизний рівень сигналу дозволяє визначити відстань радіусу віддалення мобільної станції від базової, а при прийнятті мобільною станцією сигналів від двох точок доступу можливе приблизне визначення місцезнаходження абонента. Питання визначення місцезнаходження абонентів у мережах розглянуто у [3].

Цілі та завдання

Таким чином, можна сформулювати основну мету дослідження, яка полягає в порівнянні експериментальних даних та математичних моделей для опису загасання сигналів у різних типах місцевості. Серед завдань виділимо створення математичного апарату для проведення розрахунків за моделями у середовищі MathCAD, порівняння та аналіз розрахованих даних з даними експери-

менту, визначення оптимальної моделі розповсюдження, яка максимально близько описувала б розповсюдження в експериментальних умовах.

Виклад основного матеріалу дослідження

Для дослідження моделей на можливість їх використання було вирішено провести два експерименти. Для проведення двох експериментів було використано ноутбук фірми Dell Latitude D630 (PP18L), маршрутизатор TP-Link TL-MR3020 та програму WirelessMon, що відстежує активні точки доступу, їх частотні канали, метод захисту та рівні сигналів.

Портативний бездротовий маршрутизатор TP-Link TL-MR3020 сумісний з HSPA/UMTS/EVDO 3G USB-модемами, має чотири робочих режими: 3G маршрутизатор, портативна точка доступу, маршрутизатор-клієнт WISP, бездротовий маршрутизатор. Даний маршрутизатор має всенаправлену діаграму направленості, у вигляді фігури тор.

Перший експеримент було проведено на вулиці, на відкритому просторі. Точку доступу було розміщено на висоті 1 м. Ноутбук було розміщено на висоті 0,4 м. Точка доступу була налаштована на роботу у стандарті 802.11n та частотному каналі 6, оскільки цей канал на момент експерименту був вільний від користувачів. За допомогою програми WirelessMon було проведено по 20 вимірювань потужності сигналу, що надходить від маршрутизатора на відстанях 1, 5, 10, 15, 20, 25 метрів від точки доступу (всього 120 вимірювань).

Другий експеримент було проведено в коридорі приміщення університету. Умови та порядок проведення даного експерименту були ідентичними до першого експерименту. Розподіл значень для відкритого простору на відстані 10 метрів від передавача, вибірка якого складає 120 вимірів, відображено на рис. 1.

Для отриманих значень було побудовано гістограму закону розподілу експериментальних даних рис. 2. Отриманий графік дозволяє оцінити частотне потрапляння величини у певний діапазон значень, та можливість спрогнозувати значення випадкової величини. Розподіл значень для приміщення представлено на рис. 3.

Гістограма закону розподілу експериментальних даних для відкритого простору на відстані 10 метрів та залежність середнього значення рівня сигналу для приміщення та відкритого простору від відстані представлені на рис. 4 та 5.

Для оцінки затухань в радіоканалі використовуються емпіричні моделі розповсюдження радіохвиль для різних умов, які максимально наближенні до реальних умов розповсюдження. Існуючі методи розрахунку поля в реальних умовах зв'язку суттєво відрізняються по підходу, важкості і точності. Більшість з них засновано на використанні експериментальних даних для обслуговуваного району певного типу. Як досліджувані моделі були використані такі: FSPL, SUI, Уолфіша-Ікегамі Cost-231, Хата Cost-231, Ericsson та проведено порівняльний аналіз отриманих експериментальних результатів з даними емпіричними моделями (рис. 6).



Рис. 1. Розподіл значень для відкритого простору на відстані 10 метрів

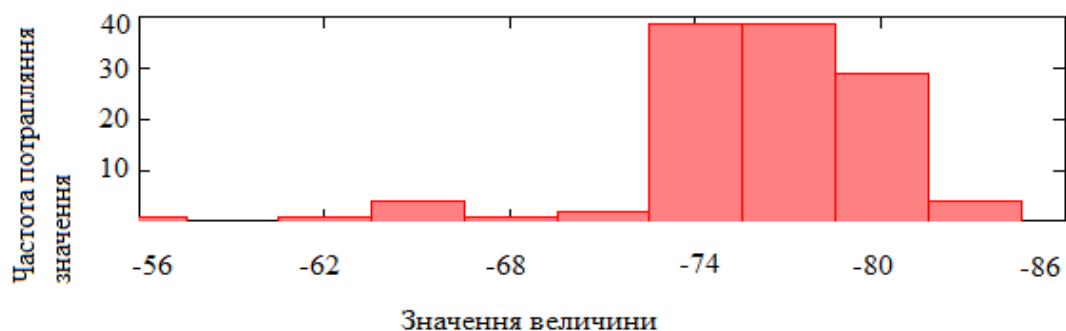


Рис. 2. Гістограма закону розподілу експериментальних даних для відкритого простору на відстані 10 метрів

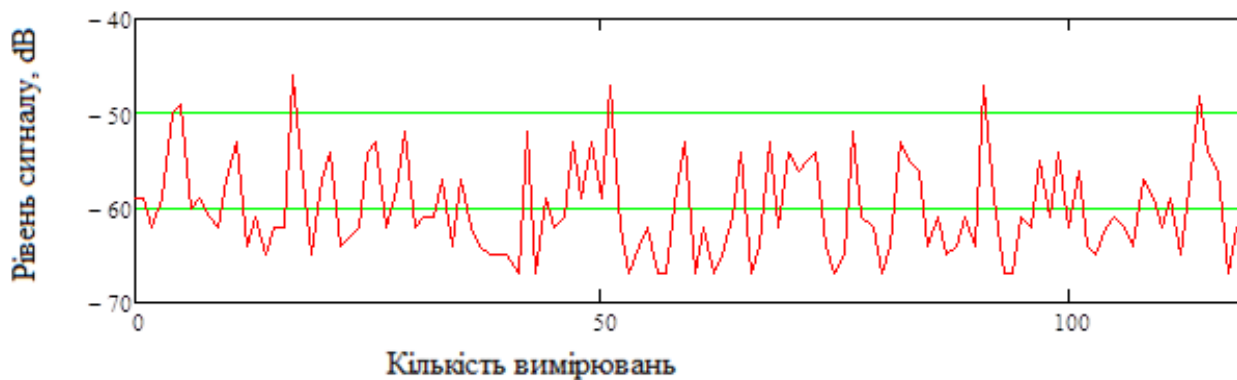


Рис. 3. Розподіл значень для відкритого приміщення на відстані 10 метрів

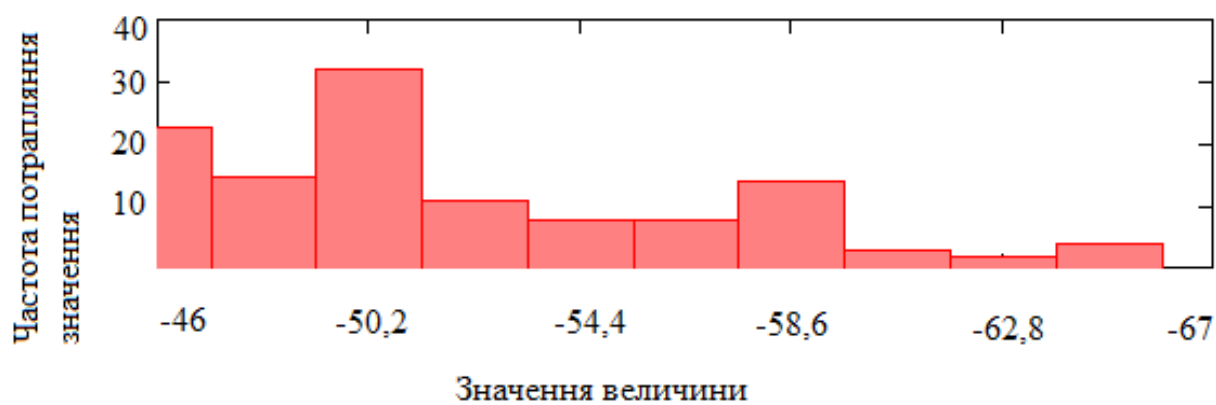


Рис. 4. Гістограма закону розподілу експериментальних даних для приміщення на відстані 10 метрів

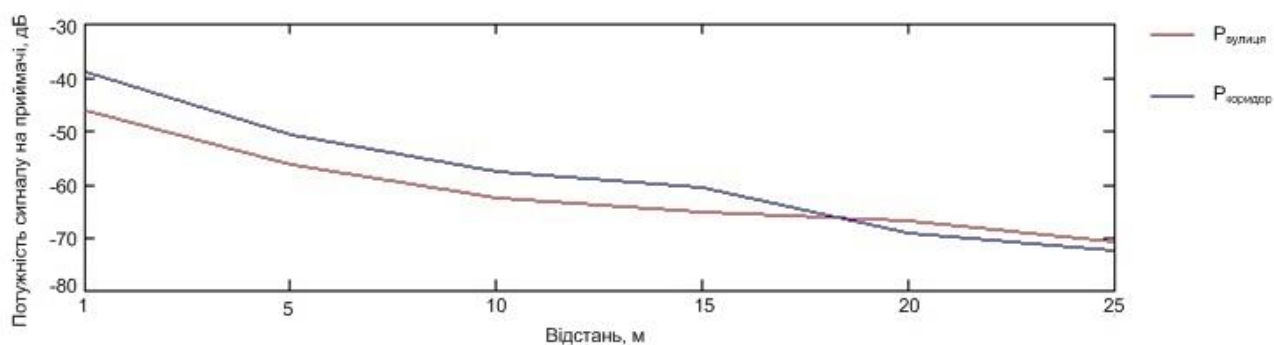
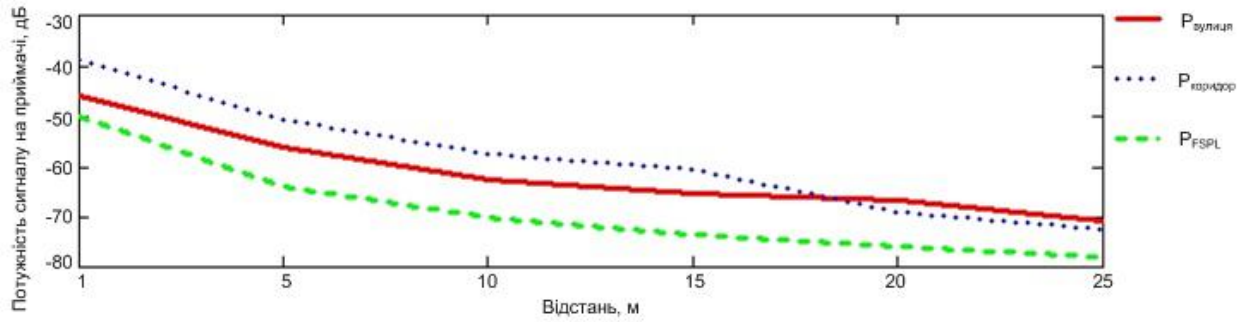


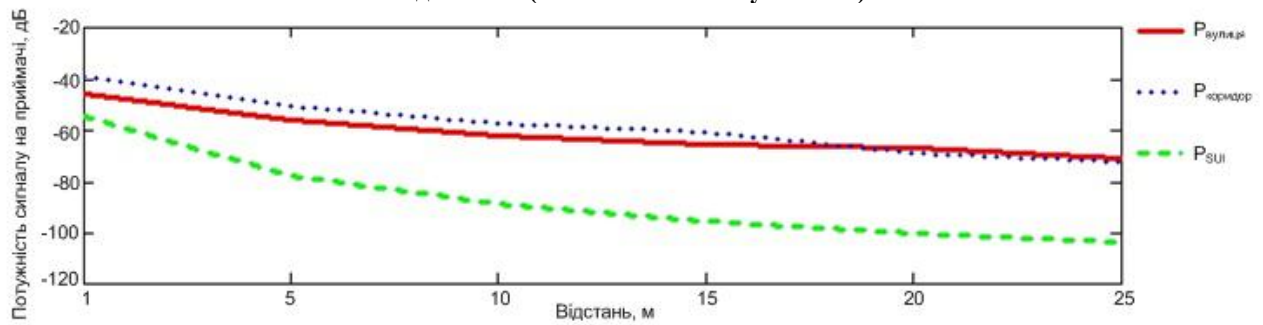
Рис. 5. Графік зміни рівня сигналу від відстані, експериментальні дані

Модель втрат у вільному просторі (FSPL – Free Space Path Loss)



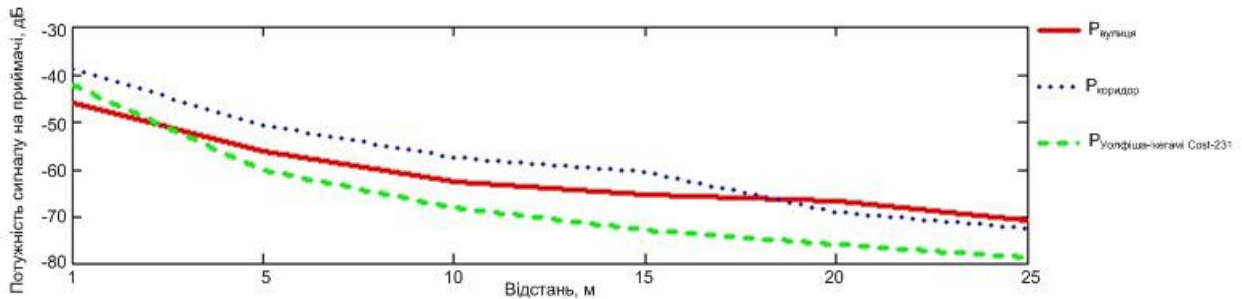
a

Модель SUI (Stanford University Interim)



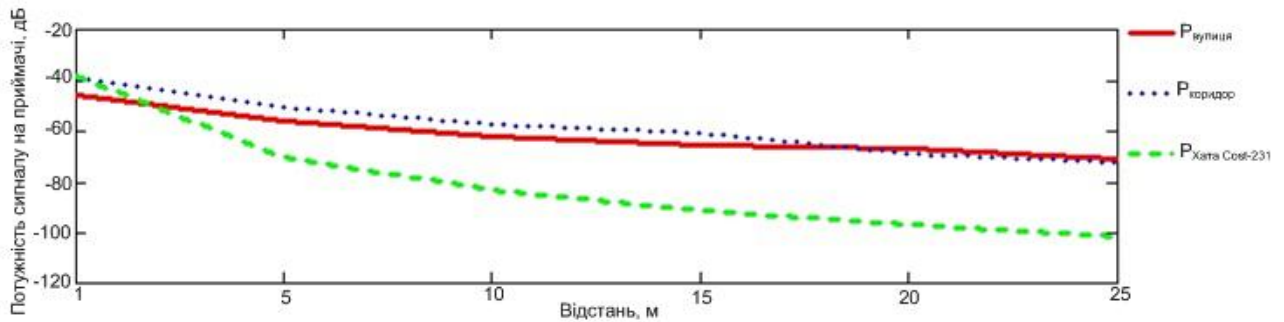
б

Модель Уолфіша-Ікегамі Cost-231



в

Модель Хата Cost-231



г

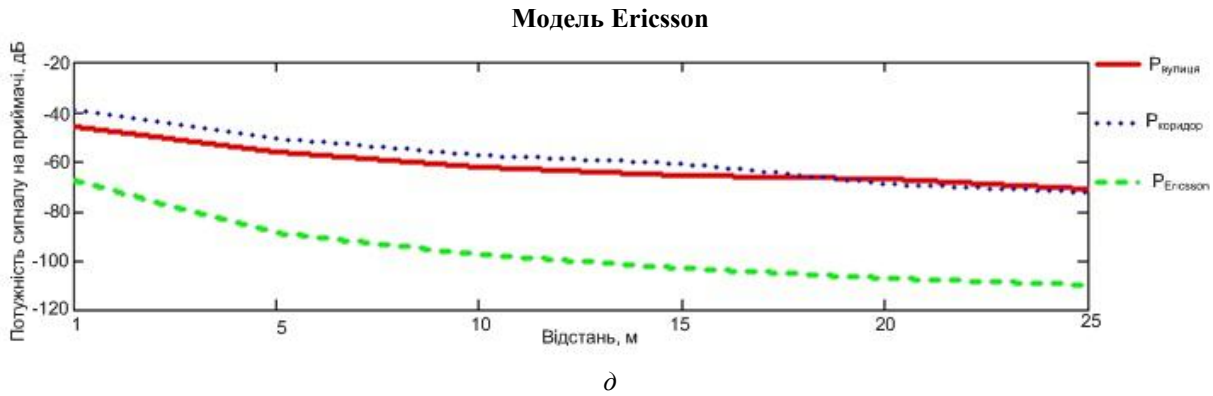


Рис. 6. Графік зміни рівня сигналу від відстані, модель FSPL (а); графік зміни рівня сигналу від відстані, модель SUI (б); графік зміни рівня сигналу від відстані, модель Уолфіша-Ікегамі Cost-231 (в); графік зміни рівня сигналу від відстані, модель Хата Cost -231 (г); графік зміни рівня сигналу від відстані, модель Ericsson (д)

Побудуємо порівняльні таблиці (табл. 1, 2) результатів розрахованих значень моделей та експериментальних даних, зобразимо різницю між експериментальними значеннями та значеннями моделей.

Також розраховано середнє значення похибки значень від експериментальних, по якому можливе визначення моделі що описує загасання у обраних умовах з найменшою похибкою, середньоквадратичне відхилення похибки зображує величину на яку в середньому відхиляється випадкова величина від її середнього значення.

Як результат можливо сказати що з існуючих емпіричних моделей найбільш оптимальною для умов відкритого простору виявилась COST 231 Walfisch-Ikegami, адже модель має найменшу середню похибку, та значення цієї похибки відхиляється на досить невелику величину (приблизно 7 %).

Серед моделей для опису загасання в умовах приміщення були використані моделі приведені на рис. 7.

Таблиця 1

Порівняння отриманих результатів для вулиці

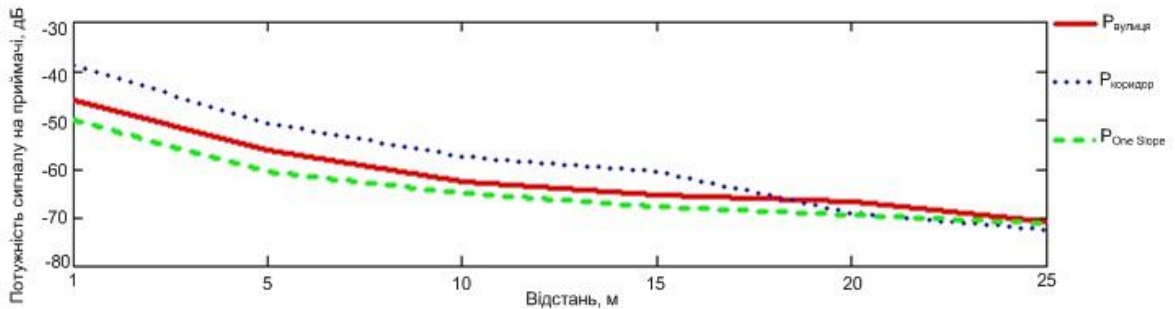
Відстань/ рівень сигналу	Екс- перимент	FSPL	Δ	SUI	Δ	Wal- fish cost 231	Δ	Hata cost 231	Δ	Ericsson	Δ
1	-46,05	-50,054	-4,0	-54,48	-8,43	-42,2	3,85	-38,64	7,4	-67,57	-21,52
5	-56,2	-64,034	-7,8	-77,80	-21,6	-60,3	-4,1	-70,0	-13,8	-88,75	-32,55
10	-62,5	-70,054	-7,5	-88,65	-26,1	-68,2	-5,7	-83,5	-21	-97,87	-35,37
15	-65,3	-73,576	-8,2	-95,22	-29,9	-72,7	-7,4	-91,45	-26,1	-103,2	-37,9
20	-66,75	-76,075	-9,3	-99,97	-33,2	-76	-9,2	-97,0	-30,2	-106,9	-40,15
25	-70,75	-78,013	-7,2	-103,7	-32,9	-78,5	-7,7	-101,4	-30,6	-109,9	-39,15
Середнє значення			-7,37		-25,37		-5,05		-19,07		-34,44
Середнє відхилення			1,80		9,397		4,71		14,435		6,901

Таблиця 2

Порівняння отриманих результатів для приміщення

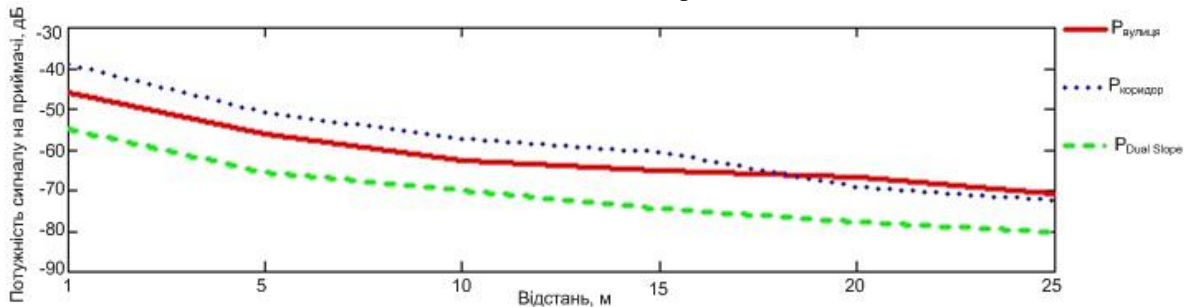
Відстань/ рівень сигналу	Експери- мент	One slope	Δ	Dual slope	Δ	Itu	Δ	Montley keenan	Δ
1	-39	-50,054	-11,054	-55,054	-16,054	-49,604	-10,604	-50,054	-11,054
5	-50,7	-60,539	-9,839	-65,539	-14,839	-60,089	-9,389	-60,539	-9,839
10	-57,5	-65,054	-7,554	-70,054	-12,554	-64,604	-7,104	-65,054	-7,554
15	-60,6	-67,696	-7,096	-74,457	-13,857	-67,246	-6,646	-67,696	-7,096
20	-69,05	-69,57	-0,52	-77,58	-8,53	-69,12	-0,07	-69,57	-0,52
25	-72,55	-71,023	1,527	-80,003	-7,453	-70,573	1,977	-71,023	1,527
Середнє значення			-5,756		-12,2145		-5,306		-5,756
Середнє відхилення			5,10344750		3,4839704		5,10344750		5,10344750

Модель One Slope



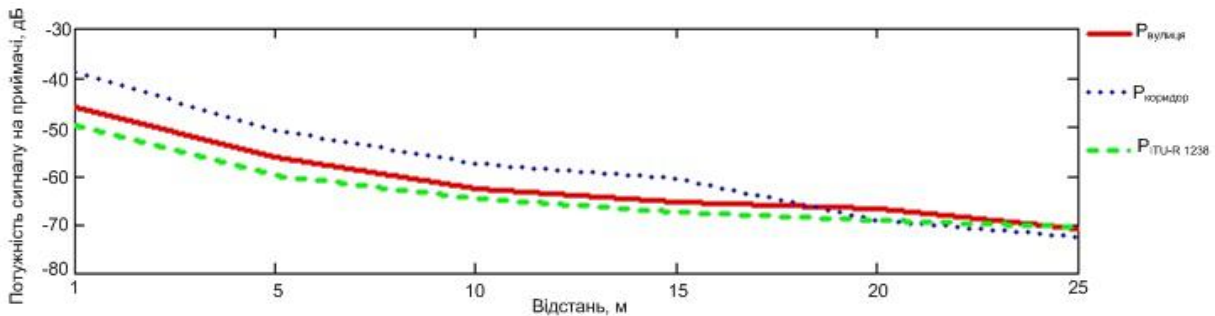
a

Модель Dual Slope



б

Модель ITU-R 1238



в

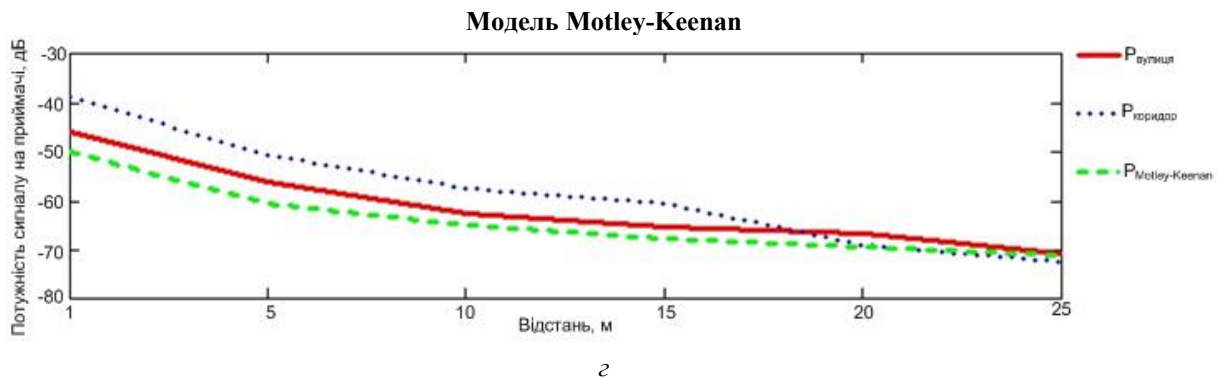


Рис. 7. Графік зміни рівня сигналу від відстані, модель One Slope (а); графік зміни рівня сигналу від відстані, модель Dual Slope (б); графік зміни рівня сигналу від відстані, модель ITU-R 1238 (в); графік зміни рівня сигналу від відстані, модель Motley-Keenan (г)

З представлених моделей найбільш оптимальною виявилась для умов приміщень модель ITU-R 1238. Модель має найменшу середню похибку, та значення цієї похибки відхиляється на досить невелику величину (приблизно 8 %). Усі результати занесені до табл. 2.

У результаті роботи було досліджено емпіричні моделі розповсюдження радіохвиль для проектування бездротових систем. Як емпіричні моделі було взято моделі One Slope, Dual Slope, ITU-R 1238 та Motley-Keenan для умов усередині приміщень та було проведено порівняння з експериментальними даними, а також проведено моделювання розповсюдження радіохвиль для умов відкритого простору за допомогою емпіричних моделей FSPL, SUI, Уолфіша-Ікегамі Cost-231, Хата Cost-231 та Ericsson. З описаних моделей для умов приміщень найбільш оптимальною моделлю вважаємо ITU-R 1238, а для умов відкритого простору — Уолфіша-Ікегамі Cost-231.

Даний вибір зумовлений порівнянням експериментальних даних та даних, отриманих в результаті розрахунку. Так для моделі ITU-R 1238 отримано найменший рівень середнього відхилення від експериментальних даних (–5,306 дБ), в той час як середнє відхилення від експериментальних даних для моделі Уолфіша-Ікегамі Cost-231 становить –8,08 дБ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Старцев С. С./ НГАСУ (Сибстрин) // Модели распространения радиосигнала Wi-Fi.
2. Md. Didarul Alam, Md. Rezaul Huque Khan/ International Journal of Future Generation Communication and Networking Vol. 6, No. 2, April, 2013/ Comparative Study of Path Loss Models of WiMAX at 2.5 GHz Frequency Band
3. Ткаліч О. П. // Розрахунок зони покриття бездротової мережі Wi-Fi для визначення місцезнаходження абонентів в аеропорту / О. П. Ткаліч, Р. С. Одарченко, О. Ю. Устинов, Д. О. Колодинський // Проблеми інформатизації та управління № 2 (50). — 2015. — С. 88–96.

Стаття надійшла до редакції 26.05.2015