

УДК 621.396.946:004.7

РАДІОХВИЛІ ПРОТИ СТІН: ЯК СИГНАЛ WI-FI ПРОХОДИТЬ КРІЗЬ ПЕРЕШКОДИ

Шубан К. Ю.

e-mail: kira.shuban@nure.ua

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. Фізики
м. Харків, Україна

This report is devoted to the analysis of the absorption processes of Wi-Fi signals by obstacles during signal propagation. The important place that Wi-Fi occupies in human life is noted. The influence of walls in household and industrial premises on the level of received Wi-Fi signals is considered. The dependences of the signal attenuation on Wi-Fi frequency range, the absorption capacity of the obstacle substance and other factors are analyzed. Recommendations are given for the optimal choice of the location of the Wi-Fi receiver in the room. The prospects for using Wi-Fi for detecting hidden objects are considered. The possibility of detecting a person through a wall is demonstrated. The possibility of detecting a person through a wall is demonstrated.

У сучасному світі бездротовий інтернет став невід'ємною частиною життя. Він з'єднує нас із безмежним світом інформації, комунікації та розваг — вдома, в офісі, у кафе чи громадських місцях. Wi-Fi — це не просто зручна технологія, а основа сучасного способу життя, що дає змогу працювати, навчатися й відпочивати без прив'язки до проводів. Однак нестабільний або слабкий сигнал може стати серйозною перешкодою, спричиняючи повільне з'єднання, перебої в роботі та дискомфорт у повсякденному житті. Чому ж у деяких випадках сигнал легко проходить крізь стіни, а в інших — різко слабшає чи навіть зникає?

Мета цієї доповіді — визначити, як фізичні явища впливають на прохідність хвиль Wi-Fi крізь різні матеріали та запропонувати способи мінімізації втрат сигналу для покращення якості бездротового з'єднання.

Wi-Fi є технологією бездротової локальної мережі, яка використовує частотні діапазони 2,4 ГГц, 5 ГГц і 6 ГГц, що дозволяє передавати інформацію на значні відстані. Однак для стабільного прийому на великих дистанціях необхідні антени з високим коефіцієнтом посилення, такі як параболічні антени або Wi-Fi-гармати.

Принцип роботи Wi-Fi базується на перетворенні цифрової інформації у радіохвилі. Адаптери формують радіосигнал, який передають антени. Бездротовий маршрутизатор приймає цей сигнал, трансформує його у дані й надсилає в Інтернет через кабельне з'єднання (див. рис.1).

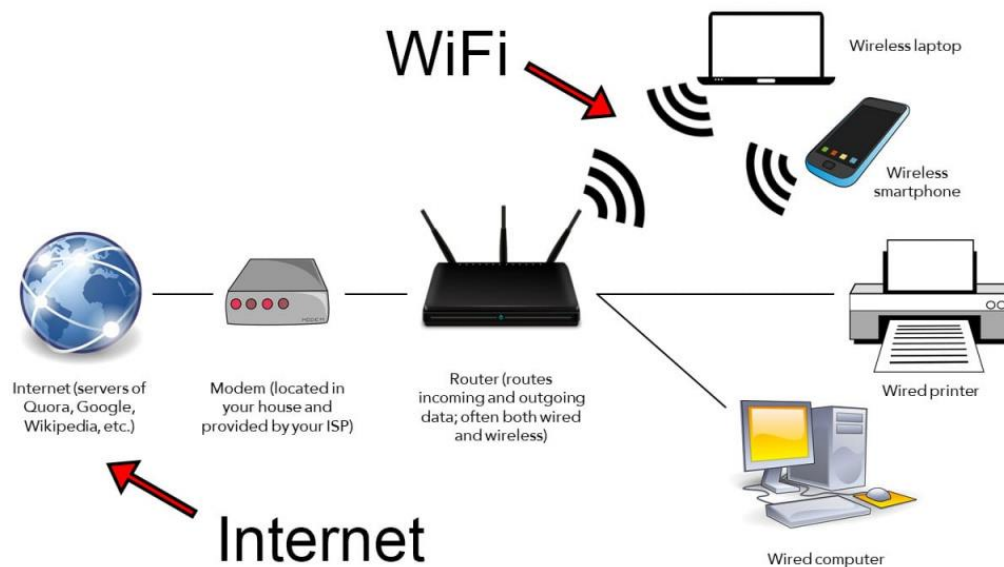


Рисунок 1. Схема роботи маршрутизатора

Поширення Wi-Fi-сигналу залежить від частоти: хвилі 2,4 ГГц краще проходять через перешкоди завдяки довшій хвилі, тоді як 5 ГГц забезпечують вищу швидкість, але мають більші втрати через ефект поглинання. Проникність Wi-Fi-сигналу залежить від діелектричної проникності матеріалу ϵ та його електропровідності. Матеріали із середнім рівнем поглинання, такі як тоноване скло, цегла, штукатурка або вода (наприклад, великий акваріум), можуть знижувати інтенсивність сигналу. Найбільші втрати спостерігаються у матеріалах із високим коефіцієнтом поглинання, зокрема у металах (залізні двері, сталеві балки), бетоні з армуванням та кераміці.

Окрім типу матеріалу, важливу роль відіграє і товщина перешкоди: чим вона більша, тим більше енергії хвилі втрачається під час проходження. Також має значення кут, під яким сигнал проходить через перешкоду. Якщо хвиля падає на стіну під прямим кутом (90°), втрати енергії мінімальні. Згідно із законом Снелліуса, зі збільшенням кута падіння зростає коефіцієнт відбиття, що призводить до додаткових втрат сигналу. При збільшенні кута падіння до 45° втрати стають більшими, а при проходженні під гострим кутом сигнал зазнає значного ослаблення через збільшення довжини траєкторії всередині матеріалу.

Здатність радіохвиль поширюватися в просторі, проходити крізь перешкоди, відбиватися або поглинатися різними матеріалами має не лише значення для стабільності бездротового зв'язку, а й відіграє важливу роль у технологіях дистанційного виявлення об'єктів. Одним із ключових фізичних механізмів, що визначають ці процеси, є дифракція. Вона дозволяє Wi-Fi-сигналу частково огинати перешкоди, однак при цьому відбувається

інтерференція – накладання хвиль, що може як підсилювати, так і послаблювати сигнал у певних точках простору.

Прикладом застосування цих фізичних принципів є дослідження, проведене вченими з лабораторії Університету Каліфорнії в Санта-Барбарі. Вони зробили значний внесок у розвиток технологій, що використовують Wi-Fi для виявлення об'єктів та людей. Цей метод базується на геометричній теорії дифракції. Ключову роль тут відіграють конуси Келлера — особливі поверхні, що описують напрямок поширення хвиль після взаємодії з краями перешкод. Це явище дозволяє реконструювати контури об'єктів навіть у складних умовах, наприклад, за стінами. Завдяки цьому підходу вченим вдалося вперше отримати зображення букв англійського алфавіту через непрозорі перешкоди, використовуючи лише Wi-Fi-сигнали.

Якщо раніше вдавалося отримати лише статичні контури предметів, то подальші дослідження показали, що зміни Wi-Fi-сигналу можна використовувати і для відстеження рухомих об'єктів, зокрема людей. Наприклад, дослідники з Карнегі-Меллона показали, що зміни фази та амплітуди Wi-Fi-сигналів можна використовувати для побудови 3D-моделі людського тіла. Це стало можливим завдяки аналізу інтерференції хвиль, які відбиваються від різних частин тіла.

Отже, Wi-Fi — це не лише засіб зв'язку, а й наочний приклад застосування фізичних законів: від дифракції та інтерференції до аналізу фазових змін хвиль. Завдяки цьому бездротові технології відкривають нові горизонти для вивчення простору. Поєднання фізичних принципів із сучасними методами обробки сигналів створює перспективи для розвитку науки, підвищення безпеки та вдосконалення інтелектуальних систем. Wi-Fi вже трансформує наше сприйняття навколишнього світу, і це лише початок його еволюції.

Список використаних джерел:

1. Як працює Wi-fi: стандарти, частоти та характеристики // Cudy: веб-сайт. URL: <https://cudy.com.ua/yak-praczyuye-wi-fi-standarty-chastoty-ta-harakterystyky/> (дата звернення: 5.02.2025)
2. Що таке Wi-fi? Детально про властивості Wi-fi сигналу // Lantorg: веб-сайт. URL: <https://lantorg.com/article/chto-takoe-wifi-podrobno-o-svojstvah-wifi-signal/> (дата звернення: 7.02.2025)
3. Цікава вісімка маловідомих фактів про Wi-Fi // Network Tools: веб-сайт. URL: <https://ntools.com.ua/uk/information/faq/interesnye-fakty-o-wi-fi> (дата звернення: 7.02.2025)