

ЗАПОБІГАННЯ ВИТОКУ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ ФУНКЦІОНУВАННІ БЕЗДРОТОВИХ МЕРЕЖ

Євген Габрусенко¹, Валерій Павлов², Інна Михальчук³

¹Національний авіаційний університет, Україна



ГАБРУСЕНКО Євген Ігорович, к.т.н., доцент

Рік та місце народження: 1958 рік, м. Томськ, Росія.

Освіта: Київський інститут інженерів цивільної авіації (з 2000 року – Національний авіаційний університет), 1985 рік.

Посада: доцент кафедри радіоелектронних пристроїв та систем з 1992 року.

Наукові інтереси: заводостійкість та безпека бездротових мереж.

Публікації: більше 60 наукових публікацій, серед яких підручники, навчальні посібники, наукові статті та патенти на винаходи.

E-mail: gab58@meta.ua



ПАВЛОВ Валерій Георгійович, к.т.н., доцент

Рік та місце народження: 1953 рік, м. Київ, Україна.

Освіта: Севастопольський приладобудівний інститут (з 2001 року – Севастопольський національний технічний університет), 1976 рік.

Посада: доцент кафедри комп'ютеризованих систем захисту інформації з 2002 року.

Наукові інтереси: квантова інформація, квантова криптографія.

Публікації: більше 70 наукових публікацій, серед яких навчальні посібники, наукові статті та патенти на винаходи.

E-mail: pavlovvg@ukr.net



Михальчук Інна Іванівна, асистент.

Рік та місце народження: 1977 рік, м. Київ, Україна.

Освіта: Національний авіаційний університет, 2000 рік.

Посада: асистент кафедри радіоелектронних пристроїв та систем з 2006 року.

Наукові інтереси: інформаційна безпека, пристрої надвисоких частот, антени.

Публікації: більше 30 наукових публікацій, серед яких наукові статті, матеріали та тези доповідей на конференціях, патенти.

E-mail: innanau@ukr.net

Анотація. Пропонується методика прогнозування зон досяжності бездротових мереж, яка здійснюється у два етапи: попереднє обчислення усередненого радіусу зони та подальше його уточнення геометричними способами за окремими напрямками із суттєвими ділянками місцевості. Недооцінювання даного фактору може бути причиною як відсутності сигналу, що призводить до порушення доступності інформації, так й поширення радіохвиль поза зоною призначення, що створює передумови для витоку інформації та її перехоплення на фізичному рівні. Отримані результати дозволять підвищити рівень інформаційної цілісності, доступності та безпеки бездротових мереж за рахунок запобігання поширення радіохвиль поза призначенням. Вказані чинники сприятимуть зменшенню ймовірності витоку інформації та її перехоплення на фізичному рівні, а також забезпеченню потрібного рівня доступності та цілісності інформації.

Ключові слова: бездротові мережі, зона досяжності, модель поширення радіохвиль, базова станція, термінал, доступність інформації, цілісність інформації, перехоплення інформації, виток інформації.

Вступ

Розвиток технологій бездротових мереж ставить питання про забезпечення їх захисту, а саме конфіденційності, цілісності та доступності інформації. На останній чинник впливає поширення радіохвиль у реальних умовах та прогнозування зон досяжності. На сьогодні переважна більшість операторів зв'язку проводить процедуру прогнозування зон досяжності по величинам так званих усереднених втрат поширення радіохвиль за моделлю Окумура-Хата, яка є доволі простою і зручною у практичному використанні [1 - 2], але не враховує таких важливих деталей рельєфу місцевості, як будівлі та споруди в умовах міської забудови. Нехтування впливу, що здійснює рельєф місцевості на дійсне поширення радіохвиль, призводить до

представлення зони досяжності у вигляді ідеалізованого кола. Проте, реальна місцевість містить будівлі, споруди, та інші неоднорідності великих розмірів порівняно з довжиною хвилі, тому фактична зона досяжності має значні відхилення від форми кола – так звані «викиди» та «провали». Такі відхилення від очікуваного усередненого радіусу зони досяжності можуть бути дуже значними, і реальна відстань поширення радіохвиль від базової станції (точки доступу та ін.) може в десятки разів перевищувати очікуване прогнозоване усереднене значення – наприклад, у створі вулиці між щільно розташованими будинками. Все це означає з одного боку відсутність зв'язку в межах вищезазначеного ідеалізованого кола, тобто втрата доступності інформації, а з іншого – існування реальної небезпеки поширення радіохвиль, як носія інформації, на відстані, що значно перевищують очікувані величини. Останнє створює загрозу несанкціонованого перехоплення інформації, що передається.

Вказані обставини обумовлюють принаймні три фактори, які негативно впливають на інформаційну цілісність та безпеку бездротових мереж:

- фактичне розповсюдження носія інформації поза призначенням на відстані, значно більші або менші за очікувані;
- як наслідок зазначеного, можливість витоку інформації або відсутність в очікуваній зоні;
- створення ненавмисних взаємних завад неприпустимих рівнів, що негативно впливатиме на цілісність інформації та призведе до погіршення якості функціонування бездротових мереж.

З усього зазначеного випливає необхідність в розробці таких методик прогнозування зон досяжності, які при достатній простоті дозволяють враховувати неоднорідності реальної місцевості.

Аналіз існуючих досліджень

Основна найбільш поширена у практичному застосуванні формула Окумура-Хата є емпіричною моделлю (отриманою в результаті чисельних вимірювань) для усереднених втрат поширення L (коефіцієнтом ослаблення потужності передавача в логарифмічному масштабі), як рівняння відносно радіусу зони досяжності d , має такий вигляд [1 - 4]:

$$L = 69,55 + 26,16 \lg f - 13,82 \lg h_1 - a(h_2) + (44,9 - 6,55 \lg h_1) \lg d - K, \text{ (дБ)}$$

де h_1 – висота антени базової станції (точки доступу), м;

h_2 – висота антени терміналу, м;

d – відстань між антеною базової станції (точкою доступу) та терміналом, км;

f – робоча частота, МГц;

$a(h_2)$ – коефіцієнт виправлення висоти, який залежить лише від частоти та є усередненим по типу місцевості – місто, передмістя, село [1 - 2];

K – додатковий ваговий коефіцієнт для сільської місцевості, та передмістя, значення якого надані в [3 - 4].

На практиці, з використанням цієї формули було встановлено [3 - 4], що вона недооцінює втрати на частотах 1,5...2 ГГц в умовах міста. Тому пізніше була запропонована «Доповнена модель Хата», яка усунула цей недолік. Основне співвідношення цієї моделі для усереднених втрат при поширенні (у дБ) має вигляд

$$L = 46,33 + (44,9 - 6,55 \lg h_1) \lg d + 33,9 \lg f - a(h_2) - 13,82 \lg h_1 + C,$$

де $C = 0$ для села і передмістя, $C = 3$ для міста.

Як видно, така модель враховує лише тип місцевості (місто, передмістя, село), але зовсім не враховує конкретних висот реальних будинків, які в сотні разів перевищують довжини робочих радіохвиль. Але, наприклад, на реальних будинках радіохвилі зазнають значні дифракційні втрати з утворенням суттєвих «провалів» в зонах досяжності, а в створах протяжних вулиць багатократно відбивання з малою різницею ходу є причиною багатопроменевої синфазної інтерференції з утворенням багатократних «викидів» в зоні досяжності. Це означає, що діюча методика прогнозування зон досяжності за моделлю Окумура-Хата, яка не враховує зазначених явищ, дає можливість визначити лише усереднений радіус зони у формі якогось «ідеалізованого» кола і не дає можливості передбачити вплив конкретних деталей міської забудови – скупчення будинків, створів вулиць та ін. Але таке ідеалізоване прогнозування зон досяжності може стати причиною фактичного поширення радіохвиль поза призначенням або їх відсутності в очікуваній зоні з усіма наслідками, що вказані вище.

Метою даної роботи є удосконалення існуючих методик прогнозування зон досяжності в процесі проектування бездротових мереж за рахунок комбінованого застосування моделей поширення радіохвиль з урахуванням геометричних параметрів конкретних деталей рельєфу місцевості. Такий підхід дозволить уникнути явища поширення радіохвиль поза призначенням та їх відсутності в очікуваних зонах за рахунок отримання реальних відомостей про відстані стійкого зв'язку та суттєвого уточнення контуру зони покриття, що дозволить уникнути ненавмисного погіршення цілісності, доступності інформації та її витоку і перехоплення.

Основна частина дослідження

Для якісного прогнозування зон досяжності пропонуємо проводити обчислювальні процедури в два етапи. На першому етапі, виходячи із значень висот антен, робочих частот та відомого співвідношення між потужністю передавача базової станції (точки доступу) і чутливістю приймача терміналу, визначити усереднений радіус зони досяжності за наведеною вище моделлю Окумура-Хата, відповідно до величини усереднених втрат поширення радіохвиль. На другому етапі необхідно врахувати особливості рельєфу місцевості, наприклад:

- скупчення будинків і споруд, які обумовлюють високі втрати за рахунок дифракції та відповідні «провали» в зонах досяжності,

- наявність вулиць, в створах яких виникають явища багатопроменевої інтерференції з утворенням «викидів» в зонах досяжності.

Таким чином, на другому етапі прогнозування пропонуємо здійснювати уточнення відстаней досяжності за окремими напрямками, на яких присутні високі будинки, споруди, вулиці та ін., чого не враховує модель Окумура-Хата. Очевидно, що для реалізації другого уточнювального етапу необхідна така модель поширення радіохвиль, яка враховує дифракцію та інтерференцію в умовах реального міста. Тому для другого етапу прогнозування пропонуємо користатися моделлю Уолфіша-Ікегамі [1 - 2]. Вона дає достатньо точні результати на частотах від 0,8 до 5 ГГц, і на відстанях від 20 до 5000 м. Дана модель дозволяє окремо аналізувати два випадки: поширення радіохвиль по лінії прямої видимості та в «затіненій» області – за межами прямої видимості.

В умовах лінії прямої видимості формула Уолфіша-Ікегамі для втрат поширення L має вигляд:

$$L = 42,64 + 261 \lg d + 20 \lg f ,$$

де d - відстань до точки приймання [км], f - робоча частота [МГц].

Для «затіненої» області простору, де відбуваються дифракційні явища, втрати поширення складаються з втрат у вільному просторі L_B , багатократних дифракційних втрат $L_{БД}$, дифракційних втрат на дахах окремих будинків L_D , і розсіювання в просторі L_P . Для зазначених явищ модель Уолфіша-Ікегамі має такий вигляд:

$$L_3 = \begin{cases} L_B, & \text{якщо } L_B + L_{БД} < 0; \\ L_B + L_{БД} + L, & \text{якщо } L_B + L_{БД} > 0, \end{cases}$$

де L_B - втрати поширення у вільному просторі, які визначаються формулою

$$L_B = 32,45 + 20 \lg d + 20 \lg f ,$$

$L_{БД}$ - багатократні дифракційні втрати, які визначаються формулою

$$L_{БД} = -16,9 - 10 \lg n + 10 \lg f + 20 \lg \Delta h + L_0 .$$

В останньому виразі n - кількість точок дифракції, Δh - величина перевищення лінії прямої видимості будівлею або перешкодою [м], L_0 - орієнтовні втрати, що залежать від кута дифракції φ наступним чином:

$$L_0 = \begin{cases} -10 + 0,354 \lg \varphi, & 0 \leq \varphi \leq 35^\circ \\ 2,5 + 0,0751 \lg (\varphi - 35^\circ), & 35^\circ \leq \varphi \leq 55^\circ \\ 4,0 - 0,114 \lg (\varphi - 55^\circ), & 55^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ \end{cases}$$

Висоти будівель та відстані між ними уздовж напрямку поширення радіохвиль враховуються додатковим коефіцієнтом множинних втрат L_M :

$$L_M = L_T + k_a + k_d \lg d + k_f \lg f - 9 \lg b ,$$

де k_a, k_b, k_f - додаткові вагові коефіцієнти, що враховують залежність втрат від відстані та частоти для умов міста, передмістя та сіла і визначаються за спеціальними номограмами, наданими в [3 - 4],

b - відстань між будинками [м];

L_T - тіньове загасання при поширенні в зону тіні:

$$L_T = \begin{cases} -18 \lg (1 + \Delta h), & \Delta h > 0 . \\ 0, & \Delta h \leq 0 \end{cases}$$

Як свідчать проведені розрахунки, величина множинних втрат у випадку розташування базової станції нижче рівня дахів будинків зростає до 30 дБ/декада, а при розташуванні базової станції вище рівня дахів – до 18 дБ/декада. Такі величини є дуже значущими, але при використанні моделей Хата вони не враховуються зовсім.

Для прикладу проведено розрахунки контуру зони досяжності по величині результуючих втрат 50 дБ для фрагменту міської забудови (рис. 1) в комбінованій системі координат (полярною з прямокутною) з ціною поділки 50 м.

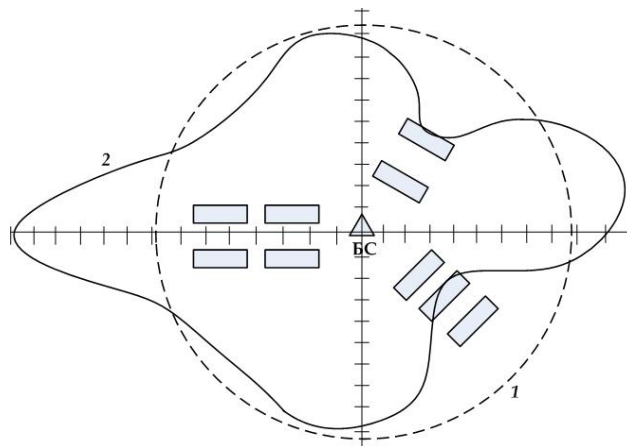


Рис.1. Модель зони досяжності для фрагменту міської забудови

Для розрахунків були прийняті такі вихідні дані: частота 1 ГГц, висота антени базової станції 30 м, висота будинків 20 м, відстань між ними 30 м, їх взаємне розташування показано прямокутниками. На рис. 1 через БС позначена базова станція, пунктирною лінією 1 – контур зони покриття за моделлю Окамура-Хата, лінією 2 – контур зони покриття за моделлю Уолфіша-Ікегамі.

З розгляду рис. 1. випливає, що запропонована методика прогнозування зон досяжності з урахуванням конкретних деталей рельєфу, на відміну від існуючого з урахуванням лише усереднених втрат, дозволяє:

- врахувати наявність скупчення з декількох будинків, які обумовлюють дифракційні втрати з утворенням «провалів» в зоні досяжності;

- врахувати наявність створу вулиці, який обумовлює багатопроменеву інтерференцію з утворенням «викиду» в зоні досяжності.

Таким чином, запропонована методика прогнозування зон досяжності при проектуванні бездротових мереж, на відміну від існуючих, дозволяє враховувати дифракційні та інтерференційні явища, які обумовлюють суттєву залежність відстані стійкого зв'язку від напряму поширення радіохвиль.

Висновки

Запропонована у даній статті методика прогнозування зон досяжності при проектуванні бездротових мереж дозволяє точніше визначати відстані стійкого зв'язку в залежності від напряму поширення радіохвиль, що дає можливість уникнути їх розповсюдження як носія інформації поза призначенням або їх відсутності в очікуваних зонах. В свою чергу, це дозволяє знизити ризик витоку інформації та її перехоплення, а також підвищити інформаційну цілісність та доступність інформації у бездротових мережах.

Література

[1] Gabrousenko Ye., Zadorozhny R., Stashenko I., Bilous N. Determine the distance stable connection for unmanned aerial vehicle under the influence of city conditions / Electronics and control systems. – Kyiv: NAU, 2013 - No. 1 (35). - p. 122-126.

[2] Габрусенко Є., Павлов В., Захаров Д., Меньша А. Мінімізація розбіжності зон досяжності у напрямках база-термінал та термінал-база систем стільникового зв'язку. Защита информации. Сборник научных трудов НАУ, Специальный выпуск. – К.: НАУ, 2008. - с. 25-31.

[3] Рекомендації Міжнародного союзу електрозв'язку ITU-R 452-14 (10/2009). – Женева.: Сектор радіозв'язку МСЕ, 2009. – с. 4-15.

[4] Рекомендації Міжнародного союзу електрозв'язку ITU – R 368-9 (02/2007). - Женева.: Сектор радіозв'язку МСЕ, 2007. – с. 3-54.

УДК 621.396.93:629.7.014-519(045)

Габрусенко Е.И., Павлов В.Г., Михальчук И.И. Предотвращение утечки информации при функционировании беспроводных сетей

Аннотация. Предложена методика прогнозирования зон покрытия беспроводных сетей, которая реализуется в два этапа: вычисление усредненного радиуса зоны и его дальнейшее уточнение геометрическими способами по отдельным направлениям с существенными участками местности. Недооценка этого фактора может явиться причиной как отсутствия принимаемого сигнала, что ведет к нарушению доступности информации, так и распространения радиоволн за пределами области назначения, что создает предпосылки утечки информации и ее перехвата на физическом уровне. Полученные результаты позволяют повысить уровень информационной целостности, доступности и безопасности беспроводных сетей за счет предотвращения распространения радиоволн вне назначения. Указанные факторы будут способствовать уменьшению вероятности утечки информации и ее перехвата на физическом уровне, а также обеспечению требуемого уровня доступности и целостности информации.

Ключевые слова: беспроводные сети, зона покрытия, модель распространения радиоволн, базовая станция, терминал, доступность информации, целостность информации, перехват информации, утечка информации.

Gabrousenko Ye.I., Pavlov V.G., Mykhaltchuk I.I. Preventions of leaking of information in the process of functioning of the wireless networks

Abstract. In this paper offered the methodology of prognostication of covering zones for wireless networks that will be realized in two stages: calculation of middle radius of covering zone and his further clarification by geometrical methods on the separate directions on that are the substantial areas of locality. Underestimation of this factor can be an occasion of absence of receiving signal which lead to interruption of integrity of information, or can be an occasion of propagation of radiowaves beyond of destination area what create a precondition of leaking or physical interception of information. Obtained results will allow to promote the level of informative integrity, availability and safety of wireless networks due to a removal of propagation of radiowaves out of setting. It will promote reduction of probability of leaking and physical interception of information as well as provision of necessary level of availability and integrity of information.

Keywords: wireless networks, covering zone, model of propagation of radiowaves, basic station, terminal, availability of information, integrity of information, interception of information, leaking of information.
