

# ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА І АВТОМАТИКА

УДК 004.7

**Є. В. Ланських, к.т.н., доцент,**

**Д. О. Михальченко, магістрант**

Черкаський державний технологічний університет

б-р Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006, Україна

[evlans@mail.ru](mailto:evlans@mail.ru), [dmitriy@iwantsite.com](mailto:dmitriy@iwantsite.com)

## РОЗРОБКА СИСТЕМИ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ МЕРЕЖ WiMAX

*У статті запропоновано методика розрахунку параметрів мереж WiMax. Проведено аналіз існуючих систем розрахунку мереж WiMax (GiraPlan, RVA, RF3D WiFi Planner, ICS Telecom, Ekahau Site Survey). Вихідними даними, що дозволяють розраховувати зону обслуговування WiMax, є параметри базової станції, коефіцієнти підсилення антен приймача і передавача, потужність передавача, тип місцевості тощо. За допомогою зони Френеля та моделі Окамури-Хата розраховується зона обслуговування WiMax. Методика, реалізована у вигляді вільно поширюваного програмного продукту, на відміну від перелічених, дозволяє провести комплексні розрахунки параметрів мереж і врахувати особливості вибраного стандарту, а також більш ефективно оцінювати параметри, необхідні для проектування.*

**Ключові слова:** система розрахунку мереж WiMax, модель Окамури-Хата, зона Френеля, бездротовий доступ.

**Вступ.** Існуючі системи дротового цифрового зв'язку вже не можуть повною мірою задовольняти зростаючі потреби високошвидкісного широкосмугового доступу. Найважливішими їх недоліками є тривалі терміни прокладання, складності розширення, високі витрати, проблема «останньої милі». Застосування високошвидкісних цифрових з'єднувальних ліній DSL (Digital Subscriber Line) не знімає цієї проблеми.

WiMax – одна з технологій, покликаних вирішити проблему широкосмугового доступу до транспортних мереж, а до того ж, позбавити користувачів необхідності провідного підключення. WiMax повинен забезпечити високошвидкісний, захищений бездротовий доступ з підтримкою контролю над якістю на периферії мережі. Ця технологія не є втіленням принципово нової концепції, її варто розглядати як еволюційний розвиток існуючих раніше технологій широкосмугового бездротового доступу (ШБД). Основна перевага WiMax – наявність загальноприйнятого стандарту, який дозволяє виробникам працювати над однією технологією, забезпечуючи взаємну сумісність обладнання.

Мета технології WiMax полягає в тому, щоб надати універсальний бездротовий доступ для широкого спектра пристроїв (роботи-

чих станцій, побутової техніки «розумного будинку», портативних пристроїв і мобільних телефонів) та їх логічного об'єднання – локальних мереж. Для постачальників послуг WiMax, а також для проектувальників мереж важливо знати, яку територію покриває зона дії станцій WiMax.

**Аналіз останніх джерел досліджень.** Нині для таких розрахунків застосовують ряд програмних продуктів з метою полегшення обчислення параметрів, які використовуються при побудові мереж WiMax, але більшість із них є платними (GiraPlan, RVA, RF3D WiFi Planner – від компанії Psiber, ICS Telecom (розробник – компанія ATDI), Ekahau Site Survey – від компанії Ekahau). Серед перелічених вище програм не можна виділити єдину найкращу, тому що ці програми вирішують поставлене завдання тільки в деякій області з обмеженим переліком параметрів. Тому для планування великих мереж необхідно буде скористатися декількома продуктами одночасно, що, в свою чергу, вимагає додаткових затрат – як часу, так і фінансових.

**Постановка проблеми.** Оскільки використання окремих вищезазначених продуктів не дозволяє вирішити питання побудови мереж WiMax, тому виникає потреба розробки нового програмного продукту, який дозволить

провести комплексні розрахунки параметрів мережі, що проектується.

**Формулювання мети роботи.** Мета роботи – розробка методики, що дозволяє виконати комплексний розрахунок параметрів мережі WiMax, який враховує параметри:

- каналу (частота, захисний інтервал, відносини DL/UL, ширину каналу, тип модуляції, системні дані);
- базових даних (тип базової станції, потужність передавача, Ku антени передавача, втрати у фідері, кількість секторів, Ku антени приймача);
- абонентської станції (потужність передавача, Ku антени передавача, чутливість, Ku антени приймача);
- моделі (місцевість, тип забудови, висота БС, висота АС);
- міжканальної інтерференції (канал вниз, канал вверх, замирання);
- параметрів мережі (площа кв. км, радіус соти, кількість БС, кількість абонентів, швидкість, бюджет лінії втрати, швидкість на сектор).

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Основні характеристики WiMax, які використовуються в методиці розрахунку, є загальновідомими, а саме: дальність дії – до 50 км, максимальна швидкість передачі даних – до 70 Мбіт/с на сектор однієї базової станції, робоча частота – 2-11 ГГц, спектральна ефективність – до 5 біт/с/Гц, покриття – розширені можливості роботи поза прямою видимістю значно покращують якість покриття обслуговуваної зони, швидкість доступу в Інтернет у межах сектора базової станції на клієнтських пристроях – до 10 Мбіт/с, зона дії одного сектора базової станції в умовах щільної забудови – від 800 до 1500 м, мобільність – миттєве перемикавання клієнтського Mobile WiMax обладнання між базовими станціями на швидкості руху до 120 км/год.

Вихідними даними, що дозволяють розраховувати зону обслуговування WiMax, є параметри базової станції, коефіцієнти підсилення антен приймача і передавача, потужність передавача, тип місцевості й ін. За допомогою зони Френеля та моделі Окамури-Хата розраховується зона обслуговування WiMax.

Розрахунок виконується в два етапи: перший етап – початковий розрахунок базових параметрів (визначення місць встановлення станцій); другий етап – проводиться

більш складний розрахунок з визначенням усіх параметрів мережі, які є необхідними для її побудови.

Перший етап розрахунків є типовим і не вимагає окремих досліджень.

Стосовно другого етапу, то, коли місце встановлення станції вибране, можливо використовувати більш складні формули (які враховують більшу кількість даних).

Методика розрахунку враховує такі параметри:

- тип місцевості і тип забудови;
- вид модуляції приймаючої сторони;
- коефіцієнт підсилення антени;
- висота антени;
- потужність передавача базової станції (БС) та місцевої станції (МС);
- втрати у фідері антени БС;
- втрати в дуплексері;
- втрати в комбайнері.

Відповідно до цієї моделі величина загасання сигналу при поширенні в міських районах визначається за формулою

$$L = \left[ \begin{aligned} &69,55 + 26,16 \lg(f) - 13,82 \lg(h_{BC}) + \\ &[44,9 - 6,55 \lg(h_{BC})] \cdot \lg(R) - a(h_{MC}) \end{aligned} \right], \quad (1)$$

де  $f$  – частота випромінювання, МГц;

$R$  – відстань між БС і МС, км;

$h_{BC}$  – висота антени БС, м;

$h_{MC}$  – висота антени МС, м;

$a(h_{MC})$  – поправковий коефіцієнт, що враховує висоту антени МС залежно від розмірів міста, дБ.

Поправковий коефіцієнт, що враховує висоту антени МС, розраховується для міст середніх розмірів за формулою

$$a(h_{MC}) = (1,1 \lg f - 0,7) h_{MC} - (1,56 \lg f - 0,8). \quad (2)$$

Розміри зони покриття базової станції будуть визначатися дальністю зв'язку між базовою і мобільною станціями. Дальність зв'язку буде визначатися шляхом вирішення першого рівняння зв'язку за формулою

$$P_{KC} = P_{is} - L(R, h_{BC}, h_{MC}) - B_T - B_E, \quad (3)$$

де  $P_{KC}$  [дБм] – рівень потужності корисного сигналу на вході приймальної антени в дБм;

$P_{is}$  [дБм] – рівень ефективної ізотропно випромінюваної потужності передавача в дБм;

$L(R, h_{BC}, h_{MC})$  [дБ] – загасання сигналу при поширенні в невеликому місті;

$B_T$  [дБ] – додаткові втрати сигналу при роботі з портативною абонентською станцією, які становлять величину близько 3 дБ;

$B_E$  [дБ] – додаткові втрати сигналу при роботі з портативною абонентською станцією в будівлі або автомобілі (для автомобіля – близько 8 дБ, для будівлі – 15 дБ).

Рівень ефективної випромінюваної потужності передавача визначається за формулою

$$P_{КС} = P_{ПРД} - B_{ФПРД} - B_{ДПРД} - B_{К} + G_{ПРД}, \quad (4)$$

де  $P_{ПРД}$  [дБм] =  $10 \lg P'_{ПРД} + 30$  – рівень потужності передавача в дБ/мВт;

$P_{ПРД}$  – потужність передавача в Вт;

$B_{ФПРД}$  [дБ] =  $a_{ФПРД} \cdot l_{ФПРД}$  – втрати у фідері антени передавача;

$a_{ФПРД}$  [дБ/м] – погонне загасання у фідері антени передавача;

$l_{ФПРД}$  [м] – довжина фідера антени передавача.

Основною умовою забезпечення зв'язку буде необхідність перевищення рівня потужності корисного сигналу на вході приймальної антени мінімально необхідного рівня потужності ( $P_{ПС\min}$ ), що визначається технічними характеристиками приймача згідно з формулою

$$P_{КС\min} [\text{дБм}] = P_{ПРМ} - B_{ФПРМ} - B_{ДПРМ} - K_{МШУ} + G_{ПРМ}, \quad (5)$$

де  $P_{ПРМ}$  [дБм] =  $20 \cdot \lg P'_{ПРМ} - 10 \cdot \lg R_{ПРМ} - 90$  – чутливість приймача в дБм;

$R_{ПРМ}$  – чутливість приймача в мкВт (у разі, якщо чутливість приймача задається в дБм, то як  $R_{ПРМ}$  використовується саме це значення);

$R_{ПРМ} = -98$ , дБм;

$R_{ПРМ}$  [Ом] – вхідний опір приймача;

$B_{ФПРМ}$  [дБ] – втрати у фідері антени приймача;

$B_{ДПРМ}$  [дБ] – втрати в дуплексному фільтрі на прийом;

$K_{МШУ}$  [дБ] – коефіцієнт посилення антенного тракту прийому (МШП);

$G_{ПРМ}$  [дБ] – коефіцієнт посилення антени приймача.

Величина додаткового запасу рівня потужності сигналу визначається статистичними параметрами сигналу на трасах рухомого

зв'язку, а саме стандартними відхиленнями сигналу за місцем ( $S_d$  [дБ]) і за часом ( $S_t$  [дБ]). При цьому численні експериментальні дослідження показали, що значення  $S_d$  залежить в основному від ступеня нерівності місцевості і діапазону частот, а  $S_t$  – від дальності зв'язку.

На відстанях менше 10 км значення стандартного відхилення залежить від дальності зв'язку ( $r$ ). Для практичних обчислень ці дані з високим ступенем точності в діапазоні 300...3000 МГц апроксимуються формулою

$$S_d = 4,1 \cdot \lg(R) + 5, \quad \text{дБ}. \quad (6)$$

Стандартне відхилення сигналу за часом  $S_t$  залежить від дальності зв'язку і для точок прийому, розташованих на відстані менше 100 км від передавачів, визначається формулою

$$S_t = 6,5(1 - e^{(-0,036 \cdot R)}), \quad \text{дБ}. \quad (7)$$

Узагальнене значення стандартного відхилення сигналу за місцем і за часом обчислюється за формулою

$$S = \sqrt{S_d^2 + S_t^2}. \quad (8)$$

Додатковий запас рівня сигналу розраховується за формулою

$$P_{ПС\text{дон}} = ktp \cdot S, \quad (9)$$

де  $ktp$  – коефіцієнт логнормального розподілу, який би забезпечував необхідну надійність зв'язку.

Таким чином, для того щоб потужність сигналу на вході приймальної антени РПС перевищувала мінімальну потужність сигналу на вході приймальної антени  $P_{ПС\min}$ , виходячи з чутливості приймача, із заданою вірогідністю, необхідно, щоб виконувалася умова

$$P_{ПС} \geq P_{ПС\min} + P_{ПС\text{дон}}. \quad (10)$$

Значення необхідного рівня потужності сигналу на вході приймальної антени, що забезпечує необхідну надійність зв'язку,  $P_{КС\text{стр}} = P_{КС\min} + P_{КС\text{дон}}$ .

Максимально допустимі втрати при поширенні сигналу на трасі:

$$L_{\text{дон}} = P_{\text{іс}} - P_{\text{кс}} - B_T - B_E. \quad (11)$$

Максимальна дальність зв'язку вирішується рівнянням:  $L(R) = L_{\text{дон}}$ .

На основі вищенаведеної методики розрахунків параметрів мереж WiMax було роз-

роблено систему (програмний продукт), що дозволяє виконувати розрахунок цих параметрів (рис. 1). Використання цієї системи дозволить значно спростити роботу розробникам та користувачам мереж, оскільки їм не обов'язково знати велику кількість складних формул і вміти їх використовувати. Достатньо

ввести свої початкові дані і система виконає розрахунок параметрів зони обслуговування. Змінюючи початкові дані, є можливість вибрати найбільш оптимальне місце для встановлення базових станцій для покриття максимальної території і забезпечення доступом більшої кількості користувачів.

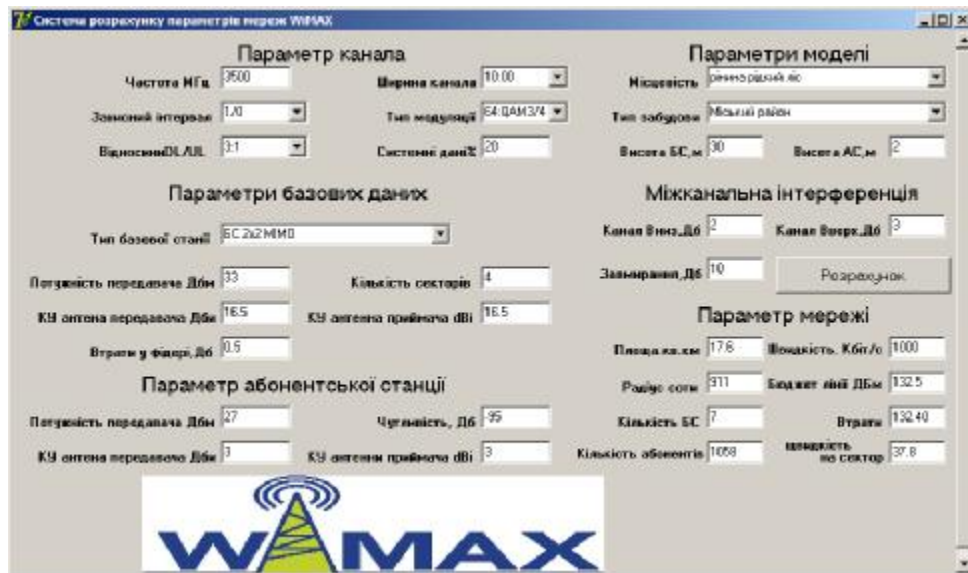


Рис. 1. Робоче вікно програми розрахунку параметрів мережі WiMax

**Висновок.** У статті запропоновано методику розрахунку параметрів мережі WiMax, яка дозволяє враховувати особливості вибраного стандарту і рекомендації робочої групи, більш ефективно оцінювати необхідний рівень чутливості приймача, відстань до абонента, швидкість передачі даних, кількість базових станцій та інші параметри, необхідні для проектування. Ця методика реалізована у вигляді вільно поширюваного програмного продукту. В подальшому планується додати в методику розрахунків моделі, які також використовуються для розрахунків мереж WiMax (модель SUI, Ercseg), що дозволить підвищити точність розрахунків.

### Список літератури

1. WiMax технологія бездротового зв'язку: теоретичні основи, стандарти, застосування / [В. І. Сьваткін, В. І. Єсиненко, І. П. Ковальов, В. Г. Сухоребра]. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 368 с.
2. Форум WiMax. Методологія WiMax. Система оцінки. – 2007. – 2012 с.

3. Форум WiMax. Мобільний WiMax – Ч. 1: Технічний огляд і оцінка ефективності. – 2006.
4. Яворнік Т. Порівняння охоплення WiMax в 450 МГц і 3,5 ГГц / Т. Яворнік, Г. Кандус, А. Хроват, І. Озімек // SoftCOM 2006 : 14-а Міжнар. конф. з розробки програмного забезпечення, телекомунікацій та комп'ютерних мереж. – Спліт, Дубровник, 2006. – С. 71–75.
5. Шинаков Ю. С. Системи цифрового радіозв'язку: базові методи і характеристики. – М. : Еко-Трендз, 2005. – 392 с.

### References

1. Syuvatkyn, V. I., Esyenenko, V. I., Kovaliev, I. P. and Suhorebrov, V. G. (2005) WiMax technology of wireless communication: theoretical bases, standards, application. St. Petersburg: BHV-Petersburg, 368 p. [in Ukrainian].
2. WiMax Forum. WiMax Methodology. Evaluation system (2007), 2012 p. [in Ukrainian].

3. WiMax Forum. Mobile WiMax (2006). Part 1: A technical overview and performance evaluation [in Ukrainian].
4. Javornik, T., Kandus, G., Hrovat, A. and Ozimek, I. (2006) Comparison of WiMax coverage at 450 MHz and 3.5 GHz. *SoftCOM 2006: 14th International conference on software, telecommunications & computer networks*. Split, Dubrovnik, pp. 71–75 [in Ukrainian].
5. Shynakov, Yu. S. (2005) Systems of digital-speech communication: basic methods and properties. Moscow: Eco-Trends, 392 p. [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 20.01.2014.

**Y. V. Lanskykh**, *Ph.D., associate professor*,  
**D. O. Mykhalchenko**, *undergraduate*  
Cherkasy State Technological University  
Schevchenko blvd, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine  
[evlans@mail.ru](mailto:evlans@mail.ru), [dmitriy@iwantsite.com](mailto:dmitriy@iwantsite.com)

### THE DESIGN OF THE SYSTEM OF WIMAX PARAMETERS CALCULATION

*WiMax is a technology, designed to solve the problem of broadband access to transport networks, and also to deprive users the necessity of wire connection. A new method of calculating the parameters of WiMax is offered in this paper. Currently, these calculations used a number of software products to facilitate the calculation parameters used in constructing WiMax, but most of them are paid. There is a problem of complex calculation parameters network that takes into account channel parameters, the basic data, subscriber station, model, interchannel interference, network parameters. The main characteristics of WiMax are used in the calculations. The calculation is performed in two stages: the first one is the initial calculation of basic parameters (parameters of the location of basic stations), the second one is fast, determines all network parameters which are required for its construction. The use of this system will greatly simplify the work of developers and web users, because they do not need to know a large number of complex formulas and to be able to use them. Just enter your input data and the system will calculate the parameters of service area. Changing initial data there is the ability to choose the best location for installation of basic stations to cover the maximum area and provide with the access more users. This method is implemented as a freely distributed software, which will greatly facilitate complex calculations of WiMax parameters.*

**Key words:** *WiMax calculation system, Okamura-Khata model, Frenel zone, wireless access.*