

УДК 621.446 (045)

Одарченко Р.С., к.т.н.,
Гнап Р.В.,
Харлап К.А.,
Харлап О.А.

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ МЕРЕЖІ LTE

Національний авіаційний університет

odarchenko.r.s@mail.ru

gnap2013@bk.ru

oh4991@rambler.ru

konstantin.kharlap@gmail.com

Проаналізовано основні проблеми розвитку сучасних стільникових мереж в Україні, зокрема мереж LTE. Показано, що запуск даного типу мереж є неминучим кроком в розвитку інформаційної інфраструктури України, а тому вже зараз потребує спеціального інструментарію для розрахунку та проектування мереж LTE. В роботі запропоновано алгоритм розрахунку параметрів даного типу мереж. Також продемонстровані результати розробки даного програмного забезпечення із описом основних функціональних можливостей

Ключові слова. LTE, частотний діапазон, пропускна здатність, алгоритм, Веб-інтерфейс.

Вступ

Сьогодні бездротовий зв'язок є галуззю, яка найбільш швидко розвивається. Нові технічні новинки з'являються кожного року і те, що в минулому році було вершиною технічного прогресу, сьогодні часто виявляється необхідністю для користувачів. Однією з таких новинок є технологія LTE, яку, на жаль, не кожен може оцінити. Для користувачів України цей стандарт вважається «майбутнім», в той час як користувачі інших багатьох країн вже освоїли цю технологію.

LTE (від англ. Long Term Evolution – еволюція в довгостроковій перспективі) – технологія побудови мереж бездротового зв'язку, створена в рамках проекту співпраці у створенні мереж третього покоління 3GPP (3G Partnership Project). Технологія спрямована на те, щоб забезпечити підтримку пакетного трафіку з «безшовною» мобільністю, мінімальними затримками доставки пакетів і високою якістю обслуговування, на краще використання частотного спектру для передавання мультимедійних сервісів якомога швидше. Основною метою розробників

технології LTE було спрощення структури мережі і виключення повторюючих функцій мережевих протоколів, характерних для системи 3G UMTS.

Аналіз досліджень та публікацій

В той час, як в іноземній літературі велося порівняння мереж нового покоління [1, 2], визначення їх переваг та недоліків [3], розроблялися вимоги до мереж нового покоління, наприклад, 5G [4], у вітчизняній літературі широко досліджувалися лише теоретичні аспекти впровадження мереж 3G та 4G [5], визначались перспективи [5-8] та причини відсутності їх впровадження, висувались різноманітні стратегії розвитку стільникових мереж в Україні [7], при цьому будь-які публікації щодо розробки програмного забезпечення для розрахунку мереж LTE у вітчизняних джерелах відсутні.

Постановка мети та завдання дослідження

Проте, не дивлячись на сучасний стан речей в економіці України, недостатній технологічний розвиток, фахівці прогнозують запуск мереж LTE вже в 2017-

2018 роках [9]. При цьому вже всередині 2015 року було забезпечене стійке покриття мереж 3G в найбільших обласних центрах України. А тому операторам стільникового зв'язку важливо доволі швидко реагувати на нові тенденції розвитку телекомунікаційного ринку – для цього необхідною є розробка інструментарію, який би дозволив проводити швидкий та зручний розрахунок мереж нового покоління. Тому метою даної роботи є розробка програмного забезпечення для розрахунку мереж LTE.

Виклад основного матеріалу

Найважливішим фактором проектування мережі є площа, на яку планується поширення LTE, кількість потенційних абонентів, які будуть отримувати послуги, а також частотний діапазон, який виділено оператору.

На відміну від мереж попереднього покоління процес планування мережі LTE складається з двох етапів:

- формування максимальної площі покриття,
- забезпечення необхідної ємності.

Для того, щоб спрогнозувати мережу LTE необхідно розрахувати основні характеристики мережі. Такі, як кількість базових станцій, кількість каналів трафіку, кількість стільників мережі, середню пропускну здатність, ширину каналу, виходячи з параметрів мережі таких, як кількість абонентів, ширина каналу, кількість секторів базових станцій, радіус стільників.

Тому, виходячи з математичної моделі LTE, було розроблено алгоритм автоматичного розрахунку параметрів мережі, а також алгоритм розташування базових станцій на певній місцевості різного типу (рис. 1).

Для розрахунку дальності зв'язку використовується емпірична модель поширення радіохвиль SUI (Stanford University Interim). Модель SUI – ця мо-

дель є розвитком моделі Хата. Працює в діапазоні вище 1900МГц, і дозволяє прогнозувати покриття сигналу до 3,5 ГГц.

Висота антени базової станції повинна бути від 10 до 80 метрів, висота антени рухомий станції – від 2 до 10 метрів, відстань між передавачем і приймачем від 0,1 до 8 км.

При розрахунку параметрів, у даній моделі враховується багато умов і видів середовищ. У моделі SUI (Stanford University Interim) пропонується наступний вираз для визначення середнього загасання радіосигналу:

$$L = A + 10\gamma \lg\left(\frac{d}{d_0}\right) + X_f + X_n + s,$$

для $d > d_0$,

де d – відстань від базової станції до приймаючої антени;

d_0 – відстань опорної віддалі, що дорівнює 100 м;

X_f – корегуюча для частоти більшої за 2 ГГц;

На базі математичної моделі поширення радіохвиль SUI (Stanford University Interim), яка використовувалася для розрахунку дальності зв'язку, ми розробили алгоритм автоматичного розрахунку параметрів.

Таким чином ми виконали перевірку на умову $d > d_0$, де d – відстань від базової станції до приймаючої антени, а $d_0=100$ м. В залежності від цієї умови ми використовуємо формули:

$$\begin{aligned} & \$sredne_zgasanya_radiosignala = \\ & \$vtrati_potuznosti_y_prostri + 10 * \\ & \$exponenta_vtrat * \\ & \log10(\$item['rastoyanie_mezdy_antenami'] \\ & / (\$oporna_viddal / 1000)) + \\ & \$koregyyocha_dla_chastoti + \\ & \$koregyyocha_dla_visoti_anteni + \\ & \$item['koregyyocha_zatinenya'], \text{ для} \\ & d > d_0. \end{aligned}$$

$$X_f = 6 \lg\left(\frac{f}{2000}\right)$$

де f – це частота в МГц;

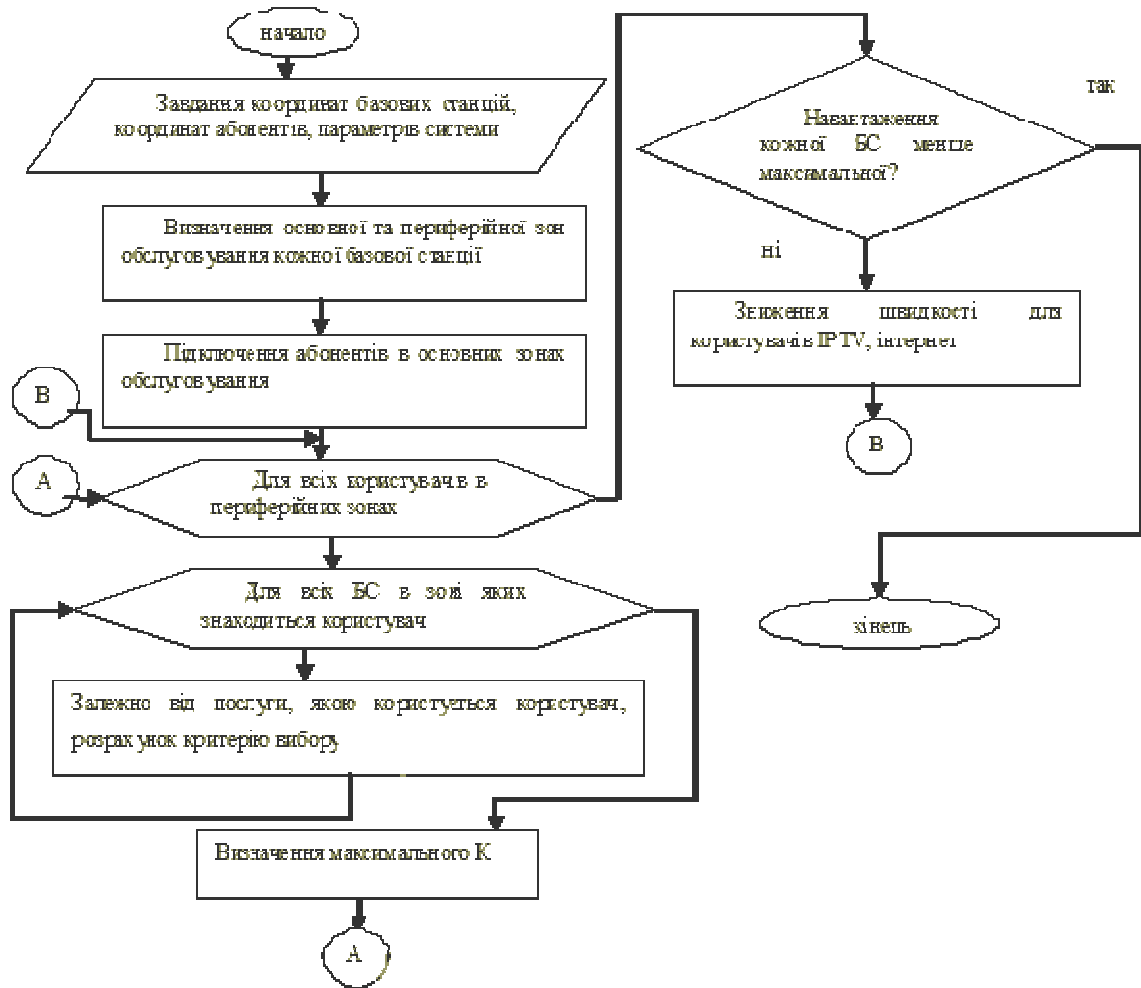


Рис. 1. Алгоритм роботи програмного забезпечення

У протилежному випадку:

$$S_{\text{середнє_згасання_радіосигнала}} = 20 * \log_{10}(4 * 3.14 * S_{\text{item['растояние_mezdy_antenami']}} / S_{\text{довжина_хвилі}}),$$

де $S_{\text{item['растояние_mezdy_antenami']}}$ – відстань від базової станції до приймаючої антени;

$S_{\text{опорна_viddal}}$ – опорна віддаль;

X_h – корегуюча для висоти приймаючої антени;

$$X_h = -10.8 \lg \left(\frac{h_m}{2} \right)$$

h_m – висота приймаючої антени в метрах;

s – корегуюча на затінення.

$S_{\text{skoregyyocha_dla_chastoti}}$ – корегуюча для частоти, що розраховується таким чином:

$$S_{\text{skoregyyocha_dla_chastoti}} = 6 * \log_{10}(S_{\text{item['verxnya_chastota']}} / 2000), \quad (2.2.3)$$

де $S_{\text{item['verxnya_chastota']}}$ – це частота в МГц.

При поширенні радіохвиль у вільному просторі відбувається втрата потужності. Параметр A визначає втрати потужності на відстань, яка рівна опорній віддалі d_0 , і розраховується за формулою:

$$A = 20 \lg \left(\frac{4\pi d_0}{\lambda} \right),$$

$S_{\text{skoregyyocha_dla_visoti_anteni}}$ – корегуюча для висоти приймаючої антени, визначається за формулою:

$$S_{\text{skoregyyocha_dla_visoti_anteni}} = -10.8 * \log_{10}(S_{\text{item['visota_priemnoi_anteni']}} / 2),$$

де $(S_{\text{item['visota_priemnoi_anteni']}})$ – висота приймаючої антени;

$\$item['koregyyocha_zatinenya']$ – корегуюча на затінення;
де λ – довжина хвилі, що дорівнює:

$$\lambda = c/f,$$

де c – швидкість світла, що дорівнює 299 792 458 м/с.

$\$vtrati_potuznosti_y_prostori$ – втрати потужності при поширенні хвилі у вільному просторі на відстань, рівну опорній віддалі d_0 , і дорівнює:

$$\$vtrati_potuznosti_y_prostori = 20 * \log_{10}(4 * 3.14 * \$oporna_viddal / \$dovzina_khvili),$$

де $\$dovzina_khvili$ – довжина хвилі;

γ – експонента втрат, розраховується за формулою:

$$\gamma = a - b h_b + (c/h_b),$$

де h_b – це висота підйому антени базової станції,

a, b, c – константи, що залежать від типу місцевості. Їх значення надані в таблиці 1.

Таблиця 1. Значення параметрів для різних типів місцевості в моделі SUI

Параметр моделі	Місцевість з пагорбами, високою щільністю перешкод	Приміська місцевість	Рівнинна місцевість з малою кількістю перешкод
a	4,6	4,0	3,6
b (1/м)	0,0075	0,0065	0,005
c (м)	12,6	17,1	20

$\$exponenta_vtrat$ – експонента втрат. Розраховується залежно від типу місцевості та кількості перешкод, що безпосередньо має значний вплив на поширення радіосигналу. Експоненту втрат розраховуємо таким чином:

$$\$exponenta_vtrat = \$a - \$b *$$

$$\$item['visota_bazovoi_stancii'] + (\$c / \$item['visota_bazovoi_stancii']),$$

де $\$item['visota_bazovoi_stancii']$ – висота підйому антени базової станції.

Кількість базових станцій розраховується за формулою:

$$N = S/S_{\text{сNB}},$$

де S – радіус соти,

У програмній частині ці параметри обирається в залежності від типу місцевості. Вибірка цих параметрів реалізується за допомогою перебору if , і має такий вигляд:

$if(\$stip_mesnosti == 'Місцевість з високою щільністю перешкод')$

```
{
$a = 4.6;
$b = 0.0075;
$c = 12.6;
}
```

$else\ if(\$stip_mesnosti == 'Приміська місцевість')$

```
{
$a = 4.0;
$b = 0.0065;
$c = 17.1;
}
```

$else\ if(\$stip_mesnosti == 'Рівнинна місцевість')$

```
{
$a = 3.6;
$b = 0.005;
$c = 20;
},
```

де $\$stip_mesnosti$ вказує на тип місцевості, а параметри a, b та c обираються в залежності від місцевості;

$S_{\text{сNB}}$ – площа покриття трисекторного сайту:

$$S_{\text{сNB}} = \frac{9\sqrt{3}}{2} * d^2$$

Площа покриття трисекторного сайту розраховується за формулою:

$$\$plosha_pokrittya = 9 * (\text{sqrt}(3) / 8) * \text{pow}(\$d, 2),$$

де $\$d$ – радіус соти у кілометрах;

Параметр sqrt вказує на корінь квадратний, а pow – піднесення до степеню, у даному до квадрату.

Кількість базових станцій розраховується за формулою:

$$\$kolichistvo_bs_sui = \$plosha / \$plosha_pokrittya$$

де $\$plosha$ – площа на яку планується поширення мережі LTE.

Даний алгоритм буде виконуватися до тих пір поки всі базові станції будуть

завантажені менш максимальної пропускної здатності.

У програмному забезпеченні розміщення БС має такий вигляд (рис. 2):



Рис. 2. Програмний вигляд розміщення БС

Для створення інтерфейсу програми було використано такі програмні мови:

1. HTML – це мова розмітки в інтернеті, яка створена щоб відтворювати сторінки сайту у звичайному та зручному для користувача вигляді.

2. CSS (таблиця каскадних стилів) – використовується для створення дизайну сайту, та слугує для розміщення блоків, задання шрифтів, кольорів, та їх зміни та інших частин для зовнішнього вигляду.

3. Java Script – мова програмування, за допомогою якої створюються різноманітні динамічні елементи на веб ресурсі (наприклад слайдбар, анімація), а також дає можливість клієнту асинхронно працювати з сервером.

4. JQuery – бібліотека JavaScript, що дозволяє використовувати вже розроблені функції та модулі JavaScript, а не прописувати функції самостійно.

5. Ajax - це така система побудови інтерфейсів веб програм, за якої веб сторінка відправляє запит на сервер і отримує відповідь від нього без перезавантаження сторінки сайту.

Для передачі даних було використано протокол HTTP, який працює в браузері на стороні користувача. HTTP – це протокол призначений для передачі даних

і працює на прикладному рівні моделі OSI.

Програмне забезпечення для розрахунку радіопокриття мережі LTE має дуже простий і зрозумілий користувальницький інтерфейс незалежно від складних алгоритмів розрахунку параметрів мережі і побудови базових станцій на місцевості. Користувачу необхідно лише ввести данні параметри мережі, а також виділити територію, на яку планується поширення мережі LTE, натиснувши кнопку додати. Розраховані дані виводяться на екран просто і зрозуміло.

Отже дане програмне забезпечення є простим і зрозумілим у користуванні і не потребує спеціальних навичок, а також є у вільному доступі для кожного і не вимагає високих технічних показників комп'ютерів.

Створення сайту для людей має на увазі створення такого ресурсу, який не буде перевантажувати користувача непотрібною інформацією, і доносити інформацію чітко та зрозуміло з логічною побудовою та послідовністю.

Висновок

Подальшим розвитком світових телекомунікаційних технологій в області стільникового зв'язку являється розробка та впровадження стандартів четвертого

покоління (4G), які будуть забезпечувати велику швидкість передачі, підвищення пропускну здатності та низьку вартість передачі даних. При виконанні роботи було показано алгоритм роботи розрахунку параметрів, приведений приклад розташування базових станцій мережі, а також створення інтерфейсу для роботи програми. Дослідження було проведено з метою підвищення та автоматизації процесу розрахунку мереж LTE як для студентів, так і для інженерів.

Список літератури

1. Вишне夫斯基 В. М. *Энциклопедия WiMAX: Путь к 4G* / В. М. Вишне夫斯基, С. Л. Портной, И. В. Шахнович – М. : Техносфера, 2009. – 472 с.
2. GSA Evolution to LTE report [електронний ресурс] – електронні текстові дані – режим доступу: http://www.gsacom.com/downloads/pdf/GSA_Evolution_to_LTE_report_060514.pdf
3. Ericsson Mobility Report [електронний ресурс]– електронні текстові дані – режим доступу: <http://www.ericsson.com/mobility-report>
4. Understanding 5G [електронний ресурс]– електронні текстові дані – режим доступу: <http://www.arnitsu.com>
5. Перспективи та рекомендації по впровадженню стільникового зв'язку 4-го покоління / В. В. Ткаченко, Р. С. Одарченко, В. С. Повхліб, Т. Р. Андрійченко // Проблеми навігації та управління рухом : Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених і студентів; м. Київ, 21–22 листопада 2011 р. : тези доповідей / редкол. : М. С. Кулик та ін. – К. : НАУ, 2011. – С. 122.
6. Тихвинский В. О. *Сети мобильной связи LTE: технологии и архитектура* / В. О. Тихвинский, С. В. Терентьев, А. Б. Юрчук. – М. : Эко-Трендз, 2010. – 284 с.: илл.
7. Ткаченко В. В. *Вітчизняні перспективи розвитку технології LTE* / В. В. Ткаченко, І. О. Дударчук, К. В. Дружиніна // Проблеми навігації та управління рухом : Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених і студентів; м. Київ, 23–24 листопада 2010 р. : тези доповідей / редкол. : М. С. Кулик та ін. – К. : НАУ, 2010. – С. 105.
8. Ткаченко В. В. *Методи прогнозування попиту на послуги мереж LTE* / В. В. Ткаченко, Р. С. Одарченко, Ю. О. Петрова // Політ-2011. Сучасні проблеми науки : міжнародна науково-практична конференція молодих учених і студентів, 7–9 квітня 2010 р.: тези доп. – К. : НАУ, 2011. – С. 30.
9. В. Скрипін Глава НКРСІ: 4G в Україні pojawiється не раніше 2016 года [електронний ресурс]– електронні текстові дані – режим доступу: <http://itc.ua/news/glava-nkrsi-4g-v-ukraine-poyavitsya-ne-ranshe-2016-goda/>

Статтю подано до редакції 01.09.2016