

## ФОРМУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ КОНЦЕПЦІЇ РОЗВИТКУ МЕРЕЖІ LTE В УМОВАХ УКРАЇНИ

**Бовтюк Д.А., студент; Коваленко К.С., студент; Юшкевич Ю.О., студентка;  
Дегтяренко І.В., доц., к.т.н.,**  
(ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Донецьк, Україна)

Оператори телекомунікаційних послуг використовували різні цифрові стандарти мобільного зв'язку. Внаслідок цього ринок було географічно розділено розгортанням мереж одного з двох домінуючих стандартів: GSM та CDMA. Така фрагментація зберігається у мережах другого і третього покоління. Але останні кілька років ми є свідками безпрецедентних змін у цій моделі – більшість провідних світових операторів зв'язку ставлять собі за мету впровадження одного стандарту, відомого як Long Term Evolution (LTE). На сучасному етапі розвитку інформаційних технологій попит на послуги мобільного широкосмугового доступу набуває дуже важливого значення, існуючі технології вже не забезпечують високої якості послуг, тому впровадження 4G, зокрема LTE, надасть операторам можливість розширити спектр послуг, пов'язаних з передаванням даних високошвидкісними каналами зв'язку. З точки зору абонентів, різке зростання швидкості передачі даних суттєво покращить якість наданих послуг, що сприятиме розповсюдженню нових мультимедійних сервісів (онлайн-ігор, соціальних мереж, відеоконференцій, систем моніторингу, інтерактивних застосунків). Наразі стає все більше мереж LTE, вже впроваджено в роботу 163 мережі в 67 країнах світу. Але під час розгортання такої мережі в Україні перед оператором обов'язково стануть такі проблеми, як відсутність частотних ресурсів та відсутність відповідних ліцензій. У зв'язку з цим відсутні і концепції розвитку LTE.

Дана робота присвячена вибору оптимального шляху розвитку LTE-мережі в умовах України.

У цій роботі розглянуто концепцію впровадження LTE на прикладі діапазону 1800 МГц, тому що він характеризується середнім розміром радіусу стільника, великою кількістю абонентського і термінального обладнання на світовому ринку. До того ж існують технологічні рішення Nokia Siemens Networks щодо рефармінгу мережі GSM-1800 та звільнення до 40% ресурсів за рахунок ортогонального ущільнення каналів, динамічної перебудови каналів приймача та оптимального використання AMR-кодеків.

Запропоновано комплексний критерій оцінки ефективності роботи мережі:

$$\bar{K} = \{K_1, K_2, K_3\},$$

де  $K_1$ - критерій енергетичної ефективності, який оцінює витрати енергії на забезпечення необхідного рівня якості обслуговування та відображає ступінь екологічності рішення;  $K_2$ - критерій економічної ефективності, який відображає суму капітальних (CAPEX) та операційних (OPEX) витрат на запропоноване рішення;  $K_3$  – критерій інформаційної ефективності, який відображає середню пропускну здатність каналу зв'язку доступну абонентам мережі.

Далі наведені формули для розрахунку даних критеріїв.

$$K_1 = P_n G_{BS} G_{AT} \frac{D_{BS}(\bar{R}_n, \bar{r}_1) D_{AT}(\bar{r}_1, \bar{R}_n)}{L_{\max}(P_{EIRP} \cdot S_{Rx} \cdot L_{Rx} \cdot M_{Build} \cdot M_{Inc} \cdot M_{Shade} \cdot G_{HO})}$$

де  $P_n$  – потужність передавача, дБм;  $G_{AT}$  – коефіцієнт підсилення телефона;  $G_{BS}$  – коефіцієнт підсилення базової станції;  $D_{BS}(\bar{R}_n, \bar{r}_1)$  – діаграма направленості антени БС;

$D_{AT}(F_j, R_n)$  – діаграма направленості антени мобільної станції;  $L_{max}$  – максимально можливі втрати дБм;  $P_{EIRP}$  – ЕІВП, дБм;  $S_{Rx}$  –чутливість приймача, дБм  $L_{RxF}$  –втрати у фідерному тракті, дБ;  $M_{Build}$  –запас на проникнення в приміщення, дБ;  $M_{Int}$  –запас на перешкоди, дБ;  $M_{Shade}$  –запас на затемнення, дБ;  $G_{HO}$  – виграш від хендовера.

$$K_2 = CAPEX + OPEX;$$

$$CAPEX = E_n + E_{add} + E_{unc} + E_t;$$

$$OPEX = F_s + I + A + M + R_s + O + W;$$

де  $E_n$  – мережне обладнання;  $E_{add}$  – додаткове обладнання;  $E_{unc}$  – невраховане обладнання;  $E_t$  – вартість ліцензії;  $F_s$  – фонд оплати праці річний;  $I$  – страхові взноси у державні позабюджетні фонди;  $A$  – амортизаційні відчислення;  $M$  – матеріальні затрати;  $R_s$  – оренда місць підвісу базових станцій;  $O$  – інші витрати;  $W$  – витрати на науково-дослідні роботи.

$$K_3 = \frac{\frac{1}{MN} \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N C_{ij}}{\Delta f};$$

де  $C_{ij}$  – пропускна здатність каналу зв'язку від  $j$ -ї базової станції до  $i$ -го абонента;  $M$  –кількість базових станцій;  $N$  –кількість абонентів;  $i = 1,2,3 \dots N$ ;  $j = 1,2,3 \dots M$ .

Стандартом 3GPP TS 36.201 встановлено наступні смуги частот для роботи LTE: 1,4; 3; 5; 10; 15; 20 МГц. На першому етапі впровадження LTE-технології в Україні смуги 10, 15, 20 МГц відкинута, тому що у діапазоні 1800 МГц неможливо одразу виділити стільки частотних ресурсів. Концепцію розвитку LTE представлено у вигляді графу станів, де вершини – частотні смуги, а значення ребер графу – CAPEX та кількість базових станцій (див. рис.1).

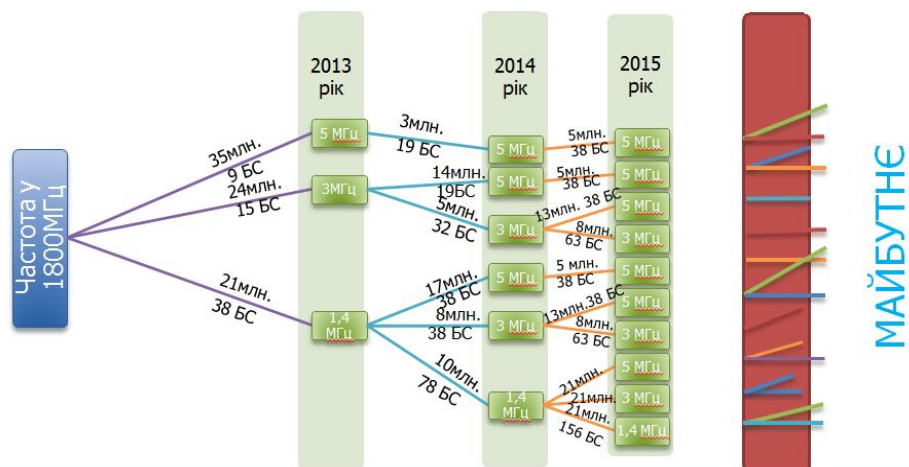


Рисунок 1 – Граф, що описує розвитку LTE-мережі

Необхідно обрати оптимальний шлях розвитку мережі, для цього необхідно вирішити задачу багатокритеріальної оптимізації. Для розв'язання таких завдань у роботі запропоновано використовувати генетичні алгоритми. Генетичний алгоритм – метод, який використовується для вирішення завдань оптимізації і моделювання шляхом випадкового підбору і варіації потрібних параметрів з використанням механізмів, що нагадують біологічну еволюцію. Оптимізація відбувається з використанням методів природної еволюції: наслідування, мутації, відбору, кросинговеру. Основною характерною особливістю генетичного алгоритму є використання оператора “схрещення”, який призводить операцію рекомбінації рішень-кандидатів, призначення якої аналогічне призначенню схрещення в живій природі.

Для вирішення даної задачі було розроблено спеціалізоване програмне забезпечення (див. рис. 2) Воно на основі параметрів LTE-мережі (кількість абонентів, частоту, обмеження на CAPEX, потужність, площу розгортання мережі, швидкість на одного абонента, кількість

років для повного впровадження мережі та ін.) розраховує параметри покрокового впровадження технології (необхідну смугу частот, кількість БС, тип антен, радіус стільника, CAPEX та ін.) та обирає оптимальну концепцію розвитку за допомогою генетичного алгоритму.

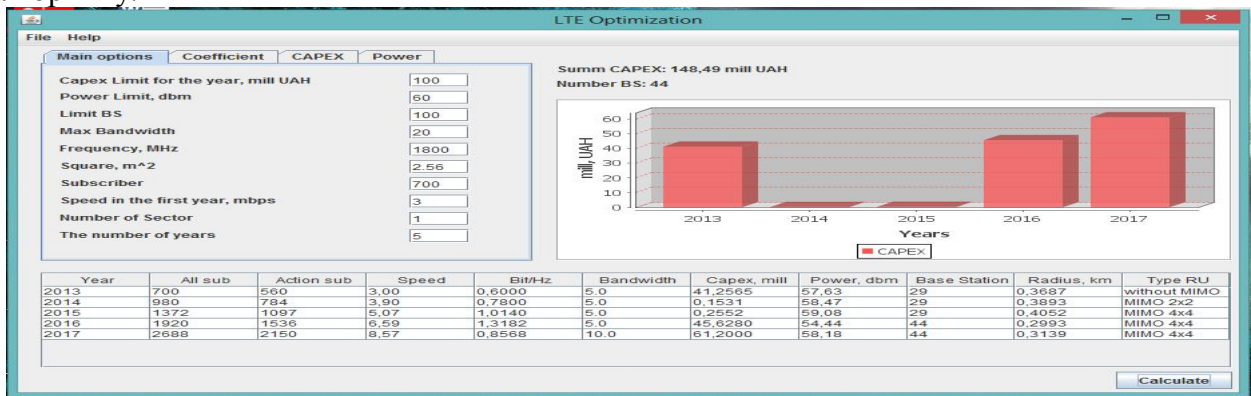


Рисунок 2 – Інтерфейс програми, що забезпечує вибір оптимальної концепції розвитку LTE мережі

Результати, отримані за допомогою даного програмного забезпечення дають однозначне рішення поставленої задачі. Кінцевий граф розвитку мережі LTE-1800 зображено на рисунку 3.



Рисунок 3 – Граф оптимальної концепції розвитку мережі LTE у діапазоні 1800 МГц

Таким чином, у роботі було розглянуто задачу рефармінгу частотного діапазону 1800 МГц. Введено комплексний критерій оцінки ефективності розвитку мережі, який залежить від критеріїв енергетичної, економічної та інформаційної ефективності. Запропоновано застосування генетичного алгоритму для вибору оптимальної концепції розвитку LTE-мережі на базі комплексного критерію. Розроблене програмне забезпечення, що проводить розрахунок даних критеріїв та реалізує оптимізацію за допомогою генетичного.

#### Перелік посилань

1. Рутковська Д., Пилінський М., Рутковський Л. Нейронні мережі, генетичні алгоритми й нечіткі системи: Пер. з польськ. І. Д. Рудинського. – М.: Гаряча лінія – Телеком, 2006. – 452 с. С. 124-136
2. 3GPP TS 36.201. Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); LTE physical layer; General description (Release 9).
3. Nokia Siemens Networks. Five ways to make LTE 1800 refarming more effective. Електронний ресурс. Спосіб доступу: <http://www.nokiasiemensnetworks.com/news-events/insight-newsletter/articles/five-ways-to-make-lte-1800-refarming-more-effective-0>