

УДК 621.395

**РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РОЗПОДІЛУ АБОНЕНТІВ ГЕТЕРОГЕННИХ МЕРЕЖ**

**Кануннікова К.П., студентка; Ткаченко Р.В., студент; Дегтяренко І.В., доц., к.т.н.**  
(ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Донецьк, Україна)

Прискорений розвиток широкосмугового доступу, у тому числі бездротового доступу LTE, необхідний для розвитку економіки, вирішення задач національної безпеки і т.д. Сотові мережі четвертого покоління здатні надавати абонентам великий набір послуг, у тому числі широкосмуговий доступ до Інтернету та відео дзвінки, але при цьому пред'являють високі вимоги до якості каналу зв'язку та розміщенню базових станцій. Окрім цього, висока щільність абонентів особливо у міських умовах та значний об'єм даних реального часу роблять критичним питання ефективності використання частотно-часового ресурсу мережі. При цьому велика коштовність обслуговуючого обладнання бездротових телекомунікаційних систем робить актуальним питання оптимізації розміщення базових станцій. В Україні йде стрімкий зріст трафіку мобільного Інтернету, що змушує операторів модернізувати свої мережі. Але кожний оператор обмежений у частотному спектрі. На рисунку 1 приведений графік динаміки зростання потреб у пропускній здатності.

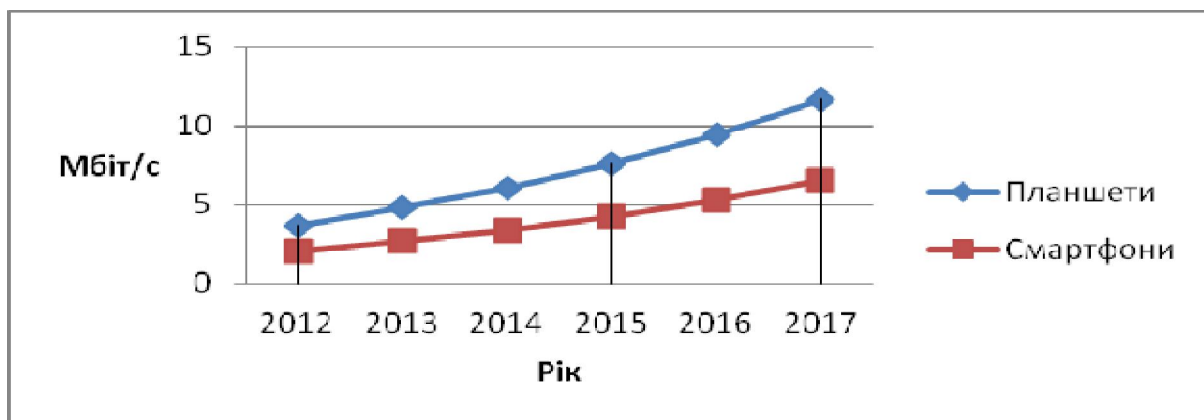


Рисунок 1- Динаміка зростання потреб у пропускній здатності планшетів і смартфонів

Тому однією з концепцій вирішення цієї проблеми є використання гетерогенних мереж, що надає можливість розширити спектр послуг, пов'язаних з передаванням даних та забезпеченням ресурсів.

У даній роботі запропоновано алгоритм розподілу абонентів гетерогенних радіомереж, що містить у собі метод аналізу радіо покриття, який враховує адаптивне регулювання потужності випромінювання базової станції, розвантаження трафіку на мікросоти з використанням технології Wi-Fi, а також описаний математичний апарат, та розроблена програмна модель, яка дозволить оцінити переваги гетерогенних мереж.

Таким чином, актуальність теми дослідження обумовлюється обмеженістю частотних ресурсів операторів, питаннями екологічності вирішення радіо планування .

Основною задачею даної роботи є підвищення ефективності роботи мережі за рахунок розробки алгоритму перерозподілу абонентів по базовим станціям гетерогенної мережі з урахуванням динаміки зміни радіусу стільника.

В алгоритмі визначаються процеси функціонування мультисервісних мереж, що впливають на радіо покриття мережі. Даний алгоритм передбачає розбиття всієї області аналізу на  $M$  окремих елементів розрахунку. До складу аналізу радіо покриття входить розрахунок зони обслуговування. Виконується розрахунок зони обслуговування, обумовленою за рівнем прийнятої потужності сигналу базової станції (БС):

$$P_n(\vec{r}_i) = P_n G_{BS} G_{AT} \frac{D_{BS}(\vec{R}_n, \vec{r}_i) D_{AT}(\vec{r}_i, \vec{R}_n)}{L(\vec{R}_n, \vec{r}_i)}, \quad (1)$$

де:  $P_n(\vec{r}_i)$  – рівень приймальної потужності сигналу базової станції;  $P_n$  – потужність передавача;  $G_{BS}$  – коефіцієнт посилення антени БС;  $G_{AT}$  – коефіцієнт посилення антени абонентського терміналу;  $D_{BS}(\vec{R}_n, \vec{r}_i)$  – діаграма спрямованості антени БС;  $D_{AT}(\vec{r}_i, \vec{R}_n)$  – діаграма спрямованості антени абонентського терміналу;  $L$  – втрати потужності на поширення;

Зона покриття кожної БС визначається за рівнем відношення потужності сигналу до потужності шуму і перешкод для кожного частотного каналу. При цьому у прямому каналі для сигналів кожного з них поміхою виступають сигнали інших БС, які працюють у тому частотному каналі.

$$P_{interf_i}^{(K)} = \sum_{n \neq n_{\max i}} P_n(\vec{r}_i), \quad (2)$$

де:  $n_{\max i}$  - вектор ідентифікаторів БС кандидатів  $N_{\max}$ ;

Співвідношення сигнал/шум розраховується за наступною формулою:

$$SINR_i[k] = \frac{P_{n_{\max i}[k]}(\vec{r}_i)}{P_{interf_i}^{(K)} + P_{noise}}, \quad (3)$$

де:  $P_{noise}$  - рівень шуму;  $P_{n_{\max i}[k]}(\vec{r}_i)$  - потужність сигналу БС кандидата, яка працює у  $k$ -му частотному інтервалі;

Канальна швидкість може бути розрахована за допомогою табличної функції залежності від співвідношення сигнал / (шум + перешкода):

$$C_{j,n} = f(SINR_{j,n}), \quad (4)$$

де:  $C_{j,n}$  – канальна швидкість  $j$ -го елементу розрахунку  $n$ -ї БС;  $f(SINR_{j,n})$  - таблична функція залежності від співвідношення сигнал / (шум);

При цьому проводити розрахунок співвідношення сигнал/(шум) необхідно з урахуванням завантаженості кожної БС:

$$SINR_{j,n} = \frac{P_n(\bar{r}_i)}{\sum_{k \neq n} P_k(\bar{r}_i) \gamma_k + P_{noise}}, \quad (5)$$

де:  $\gamma_k$  – коефіцієнт завантаженості  $k$  – і БС;  $P_{noise}$  – потужність шуму.

$$\gamma_k = \frac{\sum_m C_{m,k}}{R_0} = \frac{S}{N_{used}} \sum_m \epsilon \mu_k \frac{\sum_{s=1}^{N_{serv}} C[s] * v[s]}{F(SINR_{m,k})}, \quad (6)$$

де:  $R_0$  – загальна ємність каналу;  $S$  – площа елемента розрахунку;  $N_{used}$  – загальна кількість піднесущих у каналі;  $N_{serv}$  – кількість послуг;  $C$  – вектор значень каналної швидкості, необхідної для кожного сервісу;  $v$  – вектор щільності розподілення кожної послуги;  $F$  – функція, яка імітує роботу планувальника ресурсів.

Задаючи відповідні параметри відношення потужності сигналу до потужності шуму та втрат для кожного частотного каналу, обчислюємо діапазон зв'язку  $R$ , на підставі цих даних будувється зона покриття БС з точки зору якості сигналу:

$$R_{onm} = \frac{SINR_{j,n}}{Pr}, \quad (7)$$

де:  $Pr$  – вірогідність відмови в обслуговуванні.

У разі перевантаження БС або у разі зміни параметрів  $SINR$  частотних каналів, необхідно оптимізувати зону обслуговування.

У якості критерію, для визначення якості зв'язку після мінімізації потужності використаємо вірогідність втрат:

$$Pr(SINR < h) = Pr\left(\epsilon < \frac{1}{\sigma}(h - SINR_0)\right) = \Phi\left(\frac{1}{\sigma}(h - SINR_0)\right), \quad (8)$$

де:  $h$  – поріг допустимого значення  $SINR$ ;  $SINR_0$  – відношення сигнал/шум, який не враховує наявність логонормальних замирань;  $\Phi(x)$  – інтеграл вірогідності;  $\sigma$  – загасання сигналу.  $\sigma$  – СКО.

Якщо розраховане значення вірогідності вважається вище порога вірогідності відказу для розглядаемого сервісу, то поточний елемент аналізу вважається, що він знаходиться у зоні гарантованого обслуговування. При цьому розраховується максимальне значення радіусу БС:

$$R_{max} = \frac{SINR_{пор}}{Pr_{max}}, \quad (9)$$

де:  $R_{max}$  – максимальне значення радіусу зони покриття БС;  $SINR_{пор}$  – порогове значення сигнал/(шум+перешкода);  $Pr_{max}$  – максимальна вірогідність втрат.

На основі вищенаведених формул, розробимо програмне забезпечення, яке буде розподіляти абонентів зі збереженням якості обслуговування у гетерогенній мережі. На рисунку 2 приведена блок-схема алгоритму розподілу абонентів гетерогенних радіомереж.

Етапи впровадження гетерогенної радіомережі:

- крок 1: пошук “горячих” точок — цільове розгортання;
- крок 2: встановлення мікросот з точками доступу Wi-Fi;
- крок 3: впровадження децентралізованої технології SON.

Основні характеристики моделі:

- мікросоти розміщуються у місцях найбільшого скупчення абонентів;
- якщо навантаження на мікросоту менше, ніж 35%, тоді для економії відбувається її відключення;
- точки доступу Wi-Fi мають прямий шлюз до інтернету, тому розвантаження абонентів на Wi-Fi, дозволяє економити ресурси мобільної мережі;

Використання мікросоти дозволяє знизити навантаження на макросоти на 53%. А використання Wi-Fi дає змогу розвантажити мікросоту на 28%.

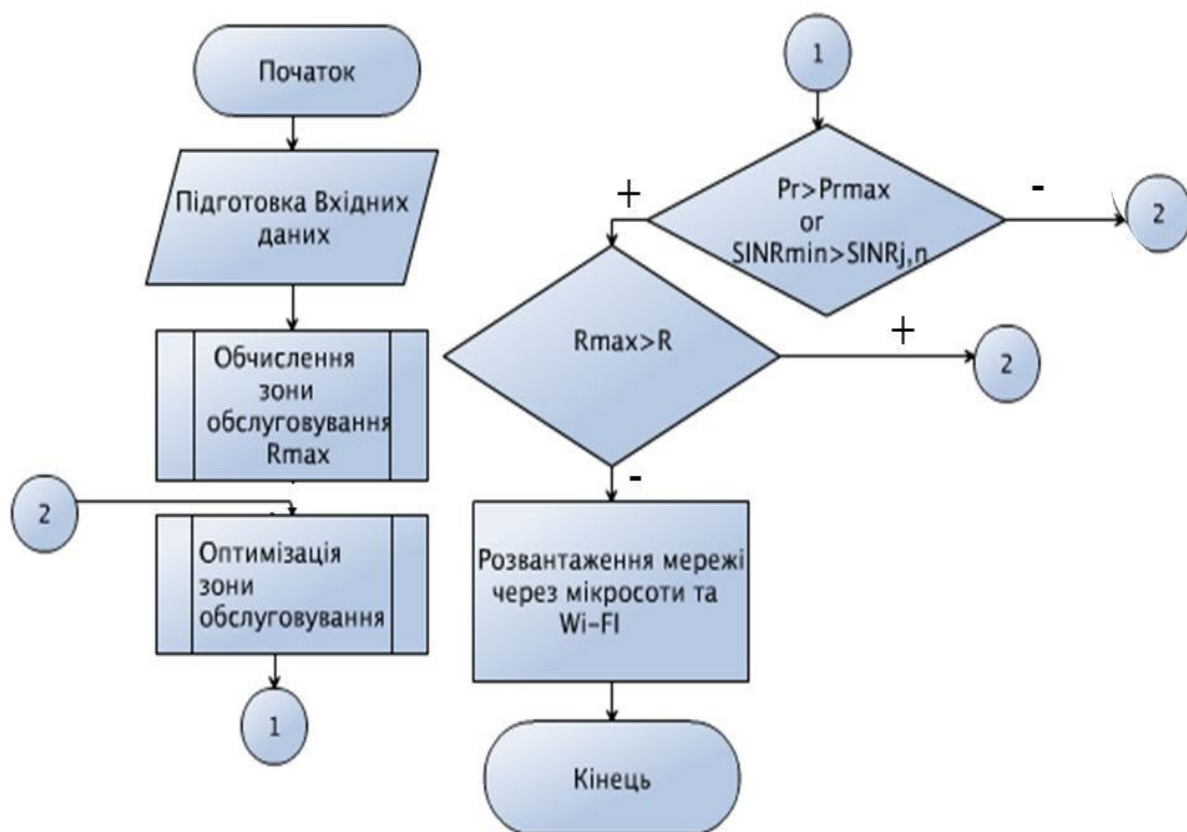


Рисунок 2 - Блок схема алгоритму розподілу абонентів гетерогенних радіомереж

Для здійснення безшовного хендоверу між 3GPP стандартами та IEEE 802.11 використовуються:

- протоколи управління мобільністю на базі хостів HBM (Host Based Mobility);
- протоколи управління мобільністю на базі мережі NBM (Network Based Mobility).

Прикладом протоколів HBM є протоколи MIPv4 (Mobile I Pversion 4) і DSMIPv6 (Dual-Stack Mobile I Pversion 6), прикладом NBM - протокол PMIPv6 (Proxy Mobile I Pversion 6).

Мережі LTE при взаємодії з мережами інших стандартів, відмінних від 3GPP, можуть використовувати різні протоколи управління. Вибір конкретного протоколу залежить від технічних можливостей мобільного терміналу та мережі доступу, а саме від типів підтримуваних ними протоколів (наприклад, MIPv4, DSMIPv6 або PMIPv6). Механізм такого вибору реалізований у вигляді мережевої процедури IPMS (IP Mobility Management Selection).

Функціонування процедури вибору протоколів управління мобільністю IPMS здійснюється у випадках коли:

- мобільний термінал здійснює реєстрацію допомогою мереж доступу non-3GPP;
- мобільний термінал здійснює хендовер в мережу доступу non-3GPP.

Процедура IPMS не використовується, коли доступ до базової мережі EPC здійснюється по-засобом мереж доступу стандартів 3GPP.

Зі збільшенням ширини діапазону збільшується пропускна здатність сайту базової станції. Це, в свою чергу, призводить до зростання забруднення оточуючого середовища та затрат на CAPEX. Зростання пропускної здатності сайту без збільшення ширини діапазона дозволяє здійснити гетерогенна мережа.

На рисунку 3 приведено інтерфейс програмного забезпечення.

## HetNet

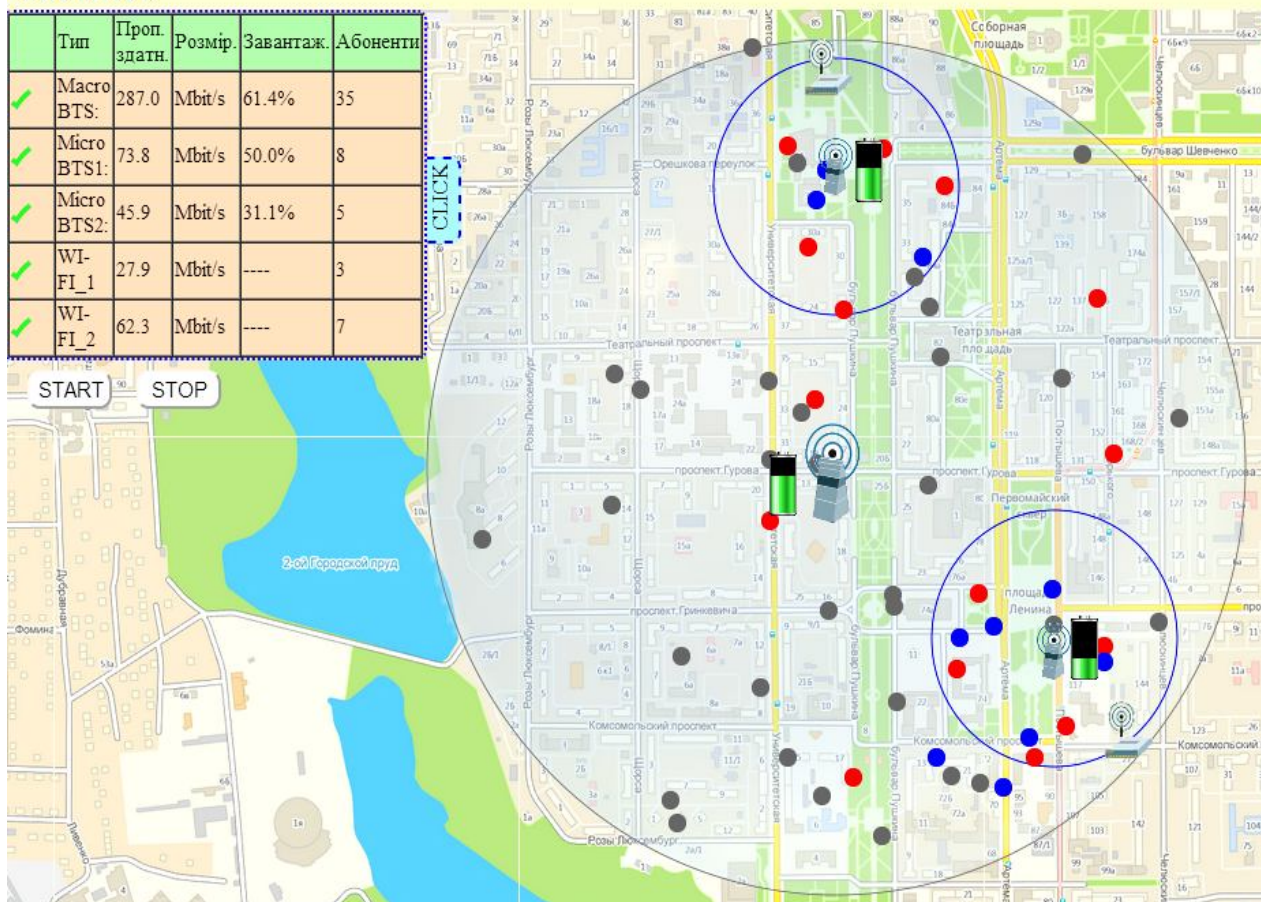


Рисунок 3 – Інтерфейс моделі розвантаження мережі

Переваги модернізації мережі:

- знизяться затрати на CAPEX;
- збільшиться ємність мережі, відповідно і кількість абонентів;
- зростуть доходи оператора;
- мікросота може використовувати той самий діапазон, що й макросота;
- можливість динамічного включення/відключення мікросоти у разі

збільшення/зменшення навантаження.

Недоліки:

- зростання затрат на OPEX, переважно через зростання споживаної потужності.

### Перелік посилань

1. Jignesh S. Panchal Inter-Operator Resource Sharing in 4G LTE Cellular Networks// New Brunswick, New Jersey, October – 2011
2. 3GPP TS 36.902, “Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Self-configuring and self-optimizing network (SON) use cases and solutions.”
3. LTE SELF-ORGANISING NETWORKS (SON) Edited By Seppo Hämmäläinen, Henning Sanneck, Cinzia Sartori // Nokia Siemens Networks.
4. Кириченко М.А. Алгоритмы расчёта радиопокрытия мультисервисных сотовых сетей связи / М.А. Кириченко // Информационные технологии моделирования и управления: науч.-техн. журнал. –2011. №5 (70). –С.528-534.