



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **109059** (13) **U**  
(51) МПК (2016.01)  
**H04J 1/00**

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2016 01285</b>	(72) Винахідник(и): <b>Лемешко Олександр Віталійович (UA), Аль-Дулаймі Аймен Мохаммед Ходаєр (UA), Євдокименко Марина Олександрівна (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>15.02.2016</b>	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>10.08.2016</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.08.2016, Бюл.№ 15</b>	(73) Власник(и): <b>ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ, пр. Леніна, 14, м. Харків, 61166 (UA)</b>

## (54) СПОСІБ УПРАВЛІННЯ ПРОПУСКНОЮ ЗДАТНІСТЮ НИЗХІДНОГО КАНАЛУ ЗВ'ЯЗКУ ТЕХНОЛОГІЇ LTE, ЩО ВИКОРИСТОВУЄ ПЕРШИЙ ВИД РОЗПОДІЛУ РЕСУРСІВ

### (57) Реферат:

Спосіб управління пропускнуою здатністю низхідного каналу зв'язку технології LTE використовує перший вид розподілу ресурсів, при якому виконують перший вид розподілу ресурсів шляхом перерозподілу доступної пропускнуої здатності низхідного каналу зв'язку технології LTE для передачі інформації в напрямку клієнтських станцій з врахуванням їх територіальної віддаленості. Здійснюють управління пропускнуою здатністю з використанням Resource Allocation Type 1 шляхом розподілу частотно-часового ресурсу в низхідному каналі зв'язку, як такий виступають ресурсні блоки, які розбиті на підмножини, що не перекриваються.

UA 109059 U



Корисна модель належить до технологій управління мережними ресурсами (частотним ресурсом) мереж на базі технології LTE (Long-Term Evolution) і може знайти застосування на вузлах (клієнтських станціях, маршрутизаторах та ін.) телекомунікаційної мережі.

Відомий спосіб (див. Iosif O., Banica I. On the Analysis of Packet Scheduling in Downlink 3GPP LTE System. The Fourth International Conference on Communication Theory, Reliability, and Quality of Service (CTRQ 2011). Budapest: IARIA, 2011. -Р. 99-102) використовує механізми планування ресурсів низхідного каналу зв'язку в залежності від налаштування системи управління радіоресурсами, а саме планувальника, який відповідальний за планування ресурсів для клієнтських станцій. Основним недоліком даного способу є використання нульового виду розподілу ресурсних блоків (Recourse Allocation Type 0), що не дозволяє ефективно виділяти радіоресурси клієнтським станціям з причини обмеження кількості ресурсних блоків.

Найбільш близьким по сукупності ознак є спосіб (Гаркуша С.В. Модель распределения блоков планирования в нисходящем канале связи технологии LTE //Грузинский электронный научный журнал: Компьютерные науки и телекоммуникации. - 2013. - Вып. 3 (39). - С. 76-94), який дозволяє перерозподілити доступну пропускну здатність низхідного каналу зв'язку технології LTE для передачі інформації в напрямку клієнтських станцій з врахуванням їх територіальної віддаленості на базі використання нульового виду розподілу ресурсів з об'єднанням ресурсних блоків (Recourse Block, RB) до груп ресурсних блоків (Resource Block Groups, RBG), які виділяються клієнтським станціям. Недоліком даного способу є те, що розподіл пропускну здатності відбувається з точністю до групи ресурсних блоків, що на практиці може призвести до не економного використання каналного ресурсу, особливо в умовах, коли вимоги клієнтської станції менші, ніж пропускну здатність однієї групи ресурсних блоків.

В основу корисної моделі поставлена задача забезпечення кожній станції користувача необхідного рівня обслуговування та врахування технологічної особливості низхідного каналу зв'язку технології LTE, як розбиття ресурсних блоків на підмножини, закріплення за станцією користувача RB тільки однієї підмножини.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі управління пропускну здатністю низхідного каналу зв'язку технології LTE, що використовує перший вид розподілу ресурсів, при якому виконують перший вид розподілу ресурсів шляхом перерозподілу доступної пропускну здатності низхідного каналу зв'язку технології LTE для передачі інформації в напрямку клієнтських станцій з врахуванням їх територіальної віддаленості, згідно з корисною моделлю, здійснюють управління пропускну здатністю з використанням Recourse Allocation Type 1 шляхом розподілу частотно-часового ресурсу в низхідному каналі зв'язку, як такий виступають ресурсні блоки, які розбиті на підмножини, що не перекриваються.

Спосіб можна реалізувати таким чином. При застосуванні способу використовувалась математична модель розподілу пропускну здатності низхідного каналу зв'язку технології LTE, в основу якої було покладено використання RAT 1.

При розв'язанні задачі розподілу пропускну здатності необхідно враховувати той факт, що в технології LTE запропоновано три види розподілу ресурсів: RAT 0, RAT 1, RAT 2. З метою більш гнучкого управління пропускну здатністю низхідного каналу зв'язку в технології LTE запропонований до використання перший вид розподілу мережних ресурсів. При використанні RAT 1 вся множина ресурсних блоків розбивається на декілька підмножин  $N_{RB}^{DL}$ , що не перекриваються (subset), кількість яких визначається параметром Р :

$$P = \begin{cases} 1, & \text{якщо } N_{RB}^{DL} \leq 10, \\ 2, & \text{якщо } N_{RB}^{DL} = 11 \div 26, \\ 3, & \text{якщо } N_{RB}^{DL} = 27 \div 63, \\ 4, & \text{якщо } N_{RB}^{DL} = 64 \div 110. \end{cases} \quad (1)$$

Кількість ресурсних блоків у підмножинах може відрізнятися. З метою визначення потужності підмножин ресурсних блоків у технології LTE запропоновано використовувати вираз:

$$N_{RB}^{RBGsubset}(p) = \begin{cases} \left\lfloor \frac{N_{RB}^{DL} - 1}{P^2} \right\rfloor P + P, & \text{при } p < \left\lfloor \frac{N_{RB}^{DL} - 1}{P} \right\rfloor \bmod P; \\ \left\lfloor \frac{N_{RB}^{DL} - 1}{P^2} \right\rfloor P + (N_{RB}^{DL} - 1) \bmod P + 1, & \text{при } p < \left\lfloor \frac{N_{RB}^{DL} - 1}{P} \right\rfloor \bmod P; \\ \left\lfloor \frac{N_{RB}^{DL} - 1}{P^2} \right\rfloor P, & \text{при } p < \left\lfloor \frac{N_{RB}^{DL} - 1}{P} \right\rfloor \bmod P. \end{cases} \quad (2),$$

де  $N_{RB}^{RBGsubset}(p)$  - потужність  $p$ -ї підмножини;  $p$  - поточний номер підмножини ресурсних блоків, для якого виконуються визначення її потужності ( $p = \overline{0, P-1}$ );  $N_{RB}^{DL}$  - кількість RB, що

формується протягом передачі одного часового слоту. В технології LTE кількість RB залежить

від ширини частотного каналу та може приймати значення: 6, 15, 25, 50, 75, 100.

У результаті проведеного аналізу прийнято рішення про необхідність розробки математичної моделі управління пропускну здатністю низхідного каналу зв'язку технології

LTE, що використовує перший вид розподілу ресурсів, сформульованої як задачі розподілу ресурсних блоків, для забезпечення необхідної пропускну здатності кожної станції користувача.

У рамках запропонованої моделі передбачаються відомими такі дані:  $N$  - кількість станцій користувачів (Users Equipment, UE);  $K_s$  - кількість піднесних для передачі даних в одному RB. Даний параметр залежить від частотного рознесення між піднесними  $\Delta f$  та повинен задовольняти умові  $K_s \Delta f = 180$  КГц.  $K_s$  може приймати значення 12 та 24, які відповідають частотному рознесенню між піднесними  $\Delta f$  в 15 КГц та 7,5 КГц;  $N_{symb}^{RB}$  - кількість символів, що

формують один ресурсний блок. Параметр  $N_{symb}^{RB} = 7$  у випадку використання нормального циклічного префіксу (cyclic prefix, CP). Тривалість нормального CP першого OFDM-символу складає  $T_{CP}^1 = 5,2$  мкс, а з другого по шостий OFDM-символ -  $T_{CP}^{2-6} = 4,7$  мкс. При використанні розширеного CP ( $T_{CP} = 16,7$  мкс) RB складається з шести OFDM-символів ( $N_{symb}^{RB} = 6$ );  $T_{RB} = 0,5$  мс - час передачі одного RB;  $T_{SF} = 1$  мс - час передачі одного підкадру;  $N_{SF}^{RB} = 2$  - кількість RB,

що формуються на однакових піднесних і виділяються протягом передачі одного підкадру;  $R_c^n$  - швидкість коду, що використовується при кодуванні сигналу  $n$ -ї UE;  $k_b^n$  - бітове завантаження символу  $n$ -ї станції користувача; вид розподілу каналів - FDD або TDD, а також конфігурація кадру, що використовується;  $R_{необ}^n$  - необхідна швидкість передачі даних для  $n$ -ї UE;  $K$  - кількість підкадрів, що використовується для передачі інформації в низхідному каналі зв'язку.

При використанні режиму FDD кількість підкадрів низхідного каналу зв'язку дорівнює загальній кількості підкадрів в кадрі ( $K = 10$ ). При використанні режиму TDD кількість підкадрів низхідного каналу зв'язку повинна вибиратися, відповідно до конфігурації кадру, що використовується;  $M = \max(N_{RB}^{RBGsubset})$  - найбільша кількість ресурсних блоків, що входять до складу тієї або іншої підмножини.

У ході вирішення задачі управління пропускну здатністю низхідного каналу зв'язку в рамках запропонованої моделі необхідно забезпечити розрахунок булевої управляючої змінної  $(x_n^{m,p})$ , що визначає порядок розподілу ресурсних блоків:

$$x_n^{m,p} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } m - \text{й ресурсний блок на } p - \text{й підмножині виділений } n - \text{й UE}; \\ 0, & \text{в протилежному випадку,} \end{cases} \quad (3)$$

де  $m = \overline{0, M-1}$ ;  $p = \overline{0, P-1}$ ;  $n = \overline{1, N}$ .

Додаткові контрольні змінні  $x_n^p$ , які визначають належність ресурсного блока абонентській станції, забезпечуються розрахунком:

$$x_n^p = \begin{cases} 1, & \text{якщо } n - \text{та UE використовує ресурс тільки } p - \text{й підмножині}; \\ 0, & \text{в протилежному випадку,} \end{cases} \quad (4),$$

де  $p = \overline{0, P-1}$ ;  $n = \overline{1, N}$ .

При розрахунку шуканих змінних  $x_n^{m,p}$  та  $x_n^p$  необхідно виконати ряд важливих умов-обмежень:

Умова виділення кожного ресурсного блока тільки одній станції користувача:

$$\sum_{n=1}^N x_n^{m,p} \leq 1, (m = \overline{0, M-1}; p = \overline{0, P-1}). \quad (5)$$

- 5 Умова розподілу n-ої UE між ресурсними блоками тільки однієї підмножини, яка вводиться, щоб задовольнити особливості проектування низхідного каналу зв'язку технології LTE, що використовує перший вид розподілу ресурсів:

$$\sum_{p=0}^{P-1} x_n^p = 1, \quad (6),$$

де  $n = \overline{1, N}$

- 10 Умова виділення кількості ресурсних блоків n-ій UE, які забезпечують необхідну пропускну здатність по низхідній лінії зв'язку за допомогою схеми модуляції і кодування:

$$\begin{cases} \sum_{m=0}^{M-1} x_n^{m,0} r_{n,m} \geq R_{\text{необ}}^n x_n^0; \\ \vdots \\ \sum_{m=0}^{M-1} x_n^{m,p} r_{n,m} \geq R_{\text{необ}}^n x_n^p; \\ \vdots \\ \sum_{m=0}^{M-1} x_n^{m,P-1} r_{n,m} \geq R_{\text{необ}}^n x_n^{P-1}. \end{cases} \quad (n = \overline{1, N}) \quad (7),$$

де  $r_{n,m} = \frac{N_{\text{synd}}^{\text{RB}} N_{\text{SF}}^{\text{RB}} K_S R_c^{\text{RB}} k_b^{\text{RB}}}{10 T_{\text{SF}}}$  пропускну здатність m-го RB для n-ї UE.

- 15 Розрахунок шуканих змінних (3) та (4), відповідно до умов-обмежень (5)-(7), доцільно здійснювати в ході вирішення оптимізаційної задачі з використанням критерію оптимальності, спрямованого на мінімізацію використання ресурсів низхідного каналу зв'язку LTE мережі:

$$\min_x \sum_{n=1}^N \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{p=0}^{P-1} x_n^{m,p} r_{n,m}, \quad (8)$$

при мінімізації використання пропускну здатності низхідного каналу зв'язку;

$$\min_x \sum_{n=1}^N \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{p=0}^{P-1} x_n^{m,p}, \quad (9)$$

- 20 при мінімізації кількості використаних ресурсних блоків низхідного каналу зв'язку;

$$\min_x \sum_{n=1}^N \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{p=0}^{P-1} [x_n^{m,p} r_{n,m} + x_n^{m,p}], \quad (10)$$

в поєднанні мінімізації критеріїв (8) і (9).

Сформульована задача з математичної точки зору є задачею цілочисельного лінійного програмування - ILP (Integer Linear Programming). У моделі шукані змінні (3) та (4) є булевими, а обмеження на шукані змінні (5)-(7) та критерії оптимальності (8)-(10) носять лінійний характер.

- 25 Таким чином, запропоновано математичну модель розподілу пропускну здатності низхідного каналу зв'язку технології LTE, новизна якої полягає в використанні першого виду розподілу ресурсів та гарантуванні необхідного рівня якості обслуговування щодо вимог станцій користувачів завдяки використанню ширини каналу до 20 МГц з різними варіантами кількості підмножин, що не перекриваються, та виділенням клієнтським станціям необхідної пропускну здатності низхідного каналу зв'язку. У результаті досліджень модель довела свою адекватність у ряді обчислювальних прикладів. В ході аналізу рекомендується мінімізувати комбіновану цільову функцію (10). Її використання дозволило мінімізувати як кількість використовуваних ресурсних блоків, так і використання пропускну здатність низхідного каналу зв'язку та
- 35 забезпечити необхідний рівень щодо якості обслуговування (7) в мережі в цілому.

## ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- Спосіб управління пропускнуою здатністю низхідного каналу зв'язку технології LTE, що використовує перший вид розподілу ресурсів, при якому виконують перший вид розподілу ресурсів шляхом перерозподілу доступної пропускнуої здатності низхідного каналу зв'язку технології LTE для передачі інформації в напрямку клієнтських станцій з врахуванням їх територіальної віддаленості, який **відрізняється** тим, що здійснюють управління пропускнуою здатністю з використанням Resource Allocation Type 1 шляхом розподілу частотно-часового ресурсу в низхідному каналі зв'язку, як такий виступають ресурсні блоки, які розбиті на підмножини, що не перекриваються.

---

Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601