



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **108915** (13) **U**
(51) МПК (2016.01)
H04J 1/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

<p>(21) Номер заявки: u 2015 12270</p> <p>(22) Дата подання заявки: 11.12.2015</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.08.2016</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.08.2016, Бюл.№ 15</p>	<p>(72) Винахідник(и): Лемешко Олександр Віталійович (UA), Ал-Джанабі Хаидер Дхеа Каміл (UA), Євдокименко Марина Олександрівна (UA), Гаркуша Сергій Володимирович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ, пр. Леніна, 14, м. Харків, 61166 (UA)</p>
--	---

(54) СПОСІБ ЗБАЛАНСОВАНОГО РОЗПОДІЛУ ЧАСТОТНИХ ПІДКАНАЛІВ МІЖ КЛІЄНТСЬКИМИ СТАНЦІЯМИ У МЕРЕЖАХ СТАНДАРТУ IEEE 802.16

(57) Реферат:

Спосіб збалансованого розподілу частотних підканалів між клієнтськими станціями у мережах стандарту IEEE 802.16 дозволяє забезпечити розподіл підканалів із жорстко закріпленою кількістю піднесних в кожному з них та забезпечує максимальну продуктивність безпроводної мережі, який відрізняється тим, що дозволяє вирішувати задачу збалансованого розподілу частотних підканалів між клієнтськими станціями за рахунок врахування вимог користувачів щодо пропускну здатності в безпроводній мережі, що сприяє проведенню більш повного обліку технологічних особливостей стандарту IEEE 802.16 та визначає режим роботи, кількість підканалів в частотному каналі, тривалість кадру, схеми модуляції та кодування сигналу.

UA 108915 U

Корисна модель належить до технологій управління мережними ресурсами (частотним ресурсом) безпроводних мереж стандарту IEEE 802.16 і може знайти застосування на вузлах (клієнтських станціях, маршрутизаторах та ін.) безпроводної мережі.

Відомий спосіб (див. Andrews J.G., Ghosh A., Muhamed R. Fundamentals of WiMAX Understanding Broadband Wireless Networking //Prentice Hall Communications Engineering and Emerging Technologies Series., 2007. - 449 p.) використовує розподіл частотного ресурсу з максимізацією пропускної здатності виділеної мережі клієнтських станцій шляхом розподілу піднесних одного частотного каналу.

Основним недоліком даного способу є невідповідність технологічним особливостям мереж WiMAX, тому, відповідно до стандарту IEEE 802.16, між клієнтськими станціями розподіляються не окремі піднесних, а підканали, що містять фіксоване число таких піднесних.

Найбільш близьким по сукупності ознак є спосіб (Гаркуша С.В. Разработка и анализ модели распределения подканалов в беспроводной сети стандарта IEEE 802.16 //Вісник національного університету "Львівська політехніка": Радіоелектроніка та телекомунікації. - Львів, 2012. - № 738. - С. 177-185.), який дозволяє забезпечити розподіл підканалів із жорстко закріпленою кількістю піднесних в кожному з них та забезпечує максимальну продуктивність безпроводної мережі.

Однак даний спосіб не відповідає технологічним особливостям мереж WiMAX, тому що, відповідно до стандарту IEEE 802.16, між клієнтськими станціями розподіляються не окремі піднесні, а підканали, що містять фіксоване число таких піднесних, що, взагалі, є важливим фактором при побудові безпроводної мережі.

В основу корисної моделі поставлена задача збалансованого розподілу частотних підканалів між станціями користувачів в мережах стандарту IEEE 802.16 при використанні математичної моделі розподілу частотних підканалів між клієнтськими станціями з урахуванням вимог користувачів щодо пропускної здатності та ефективним використання частотного ресурсу.

Такий технічний результат може бути досягнутий тим, що в способі збалансованого розподілу частотних підканалів між клієнтськими станціями, який здійснюють в мережах стандарту IEEE 802.16, реалізують на базовій станції мережі стандарту IEEE 802.16 та здійснюють розподіл частотних підканалів із жорстко закріпленою кількістю піднесних в кожному з них, згідно з корисною моделлю, збалансування розподілу частотних підканалів виконують з врахуванням пріоритету клієнтських станцій та вимог користувачів щодо пропускної здатності в мережі стандарту IEEE 802.16, параметрів низхідного каналу, а саме ширини та кількості піднесних, тривалості кадру, схеми модуляції та кодування сигналу.

Спосіб можна реалізувати таким чином. При застосуванні способу використовувалась математична модель збалансованого розподілу частотних підканалів між клієнтськими станціями в мережах стандарту IEEE 802.16, в основу якої було включено наступні моделі забезпечення якості обслуговування:

- негарантований сервіс (Best Effort Service), при якому деякі клієнтські станції ніколи не отримають доступ до частотного ресурсу;
- диференційований сервіс (Differentiated Service), при якому частотний ресурс виділяється в залежності від встановленого на клієнтській станції пріоритету;
- гарантований сервіс (Guaranteed Service), при якому частотний ресурс виділяється для кожної станції в повному обсязі.

У рамках запропонованої моделі передбачаються відомими такі дані: характеристики використовуюваного низхідного радіоканалу зв'язку, наприклад його пропускна здатність, яка може змінюватися від 1,25 до 20 МГц; N - загальне число клієнтських станцій у мережі; K - кількість підканалів, використовуваних у низхідному каналі зв'язку; R_{req}^n - необхідна пропускна здатність для обслуговування n -ї клієнтської станції (Мбіт/с); $R_c^{n,k}$ - швидкість коду, що використовується при кодуванні сигналу k -го підканалу, виділеного для n -ї клієнтської станції; $k_b^{n,k}$ - бітове завантаження символу k -го підканалу, виділеного для n -ї клієнтської станції; K_s - число піднесних, використовуваних для передачі даних в одному підканалі; $T_b = 89,6$ мкс - тривалість корисної частини символу; T_g - тривалість захисного інтервалу між символами; $T_{TTG} = 105,7$ мкс - тривалість інтервалу перемикання з передачі на прийом (Transmit/Receive Transition Gap, TTG); $T_{RTG} = 60$ мкс - тривалість інтервалу перемикання з прийому на передачу (Receive/Transmit Transition Gap, RTG); BLER - ймовірність блокової помилки, одержувана гібридною системою автоматичних перезапиту.

Пропускна здатність k-го підканалу, виділеного для n-ї клієнтської станції ($R^{n,k}$), являє собою кількість переданих біт за одиницю часу (секунду), виключаючи пілотні біти, і може бути розрахована з виразу:

$$R^{n,k} = \frac{R_c^{n,k} k_b^{n,k} K_s (1 - \text{BLER})}{(T_b + T_g + T_{\text{RTG}} + T_{\text{TTG}})}, \quad (1)$$

5

У результаті виконання задачі розподілу підканалів в рамках запропонованої моделі клієнтським станціям мережі необхідно забезпечити розрахунок мулевої керуючої змінної (x_n^k):

$$x_n^k = \begin{cases} 1, \text{ якщо } k - \text{й підканал виділений } n - \text{ї клієнтської станції;} \\ 0, \text{ в протилежному випадку.} \end{cases} \quad (2)$$

10

Загальна кількість змінних (2), які визначають порядок розподілу підканалів, залежить від кількості клієнтських станцій у мережі, числа використовуваних підканалів і, відповідно, буде визначатися виразом $N \times K$. Результатом розрахунку змінних (2) повинно бути закріплення підканалів за клієнтськими станціями, за якими будуть передаватися дані в низхідному напрямку від базової станції. У зв'язку з цим при розрахунку шуканих змінних необхідно виконати ряд важливих умов-обмежень.

15

Умова закріплення k-го підканалу не більше ніж за однією клієнтською станцією має вигляд:

$$\sum_{n=1}^N x_n^k \leq 1, \quad (k = \overline{1, K}), \quad (3)$$

20

Як параметр, що визначає для n-ї клієнтської станції рівень гарантій за якістю обслуговування, в рамках моделі буде використана наступна змінна:

$$\delta_n = \begin{cases} 1, \text{ якщо для } n - \text{ї клієнтської станції гарантується задоволення вимог} \\ \text{щодо якості обслуговування} \\ 0, \text{ в протилежному випадку.} \end{cases}$$

У зв'язку з цим в модель має бути введена умова виділення n-ї клієнтської станції необхідної пропускної здатності при врахуванні вимог щодо рівня гарантій за якістю обслуговування:

$$r_n \geq R_{\text{req}}^n \delta_n, \quad (4)$$

25

де r_n - пропускна здатність каналу, що виділятиметься у n-ій клієнтській станції в результаті вирішення задачі розподілу частотних підканалів, що розраховується з використанням наступного виразу і залежить від кількості виділених підканалів та їх характеристик:

$$r_n = \sum_{k=1}^K x_n^k R^{n,k}, \quad (n = \overline{1, N}), \quad (5)$$

30

Використовуючи вирази (1) і (5), умова-обмеження (4) може бути представлена у вигляді:

$$\sum_{k=1}^K x_n^k \frac{R_c^{n,k} k_b^{n,k} K_s (1 - \text{BLER})}{(T_b + T_g + T_{\text{RTG}} + T_{\text{TTG}})} \geq R_{\text{req}}^n \delta_n, \quad (n = \overline{1, N}), \quad (6)$$

35

Для забезпечення збалансованого розподілу частотних підканалів між клієнтськими станціями в структуру моделі вводяться умови виду:

$$\frac{r_n}{(IP_n^{\text{pr}} + 1) R_{\text{req}}^n} \geq \beta, \quad (n = \overline{1, N}), \quad (7)$$

де ρ_n^{Pf} - пріоритет запиту на обслуговування n-ї клієнтської станції; β - нижній динамічно керований поріг, що характеризує ступінь задоволення вимог по пропускній здатності.

На змінні балансування β накладаються обмеження виду:

$$\beta \geq 0, \quad (8)$$

5

при цьому, якщо у виразі (7) $\beta \geq 1$, то вимоги щодо якості обслуговування виконуються для всіх клієнтських станцій, а якщо $\beta < 1$ - в інших випадках.

Розрахунок керуючих змінних (2) в рамках запропонованої моделі буде здійснюватися в ході вирішення оптимізаційної задачі, відповідно до умов-обмежень (2), (3), (6) - (8), при використанні критерію оптимальності:

10

$$\max \beta, \quad (9)$$

15

Сформульована задача з математичної точки зору належить до класу задач змішаного цілочисельного лінійного програмування (Mixed Integer Linear Programming, MILP), тому що шукані змінні є як булевими (2), так і дійсними (8), а обмеження (2), (3), (6) - (8), що накладаються на шукані змінні, носять лінійний характер.

20

Таким чином, запропоновано математичну модель розподілу частотного ресурсу в мережах стандарту IEEE 802.16, новизна якої полягає у формулюванні задачі збалансованого розподілу частотного ресурсу низхідного каналу зв'язку, представленого у вигляді підканалів із закріпленим числом піднесних в кожному з них, щодо необхідних значень для клієнтських станцій по пропускній здатності. Використання запропонованої моделі дозволило зробити понад повний облік технологічних особливостей стандарту IEEE 802.16 (кількості піднесних в підканалі, кількості підканалів в частотному каналі, схеми модуляції й кодування сигналу) в порівнянні з відомими рішеннями, заснованими на розподілі піднесних, а також гарантувати необхідну пропускну здатність для кожної з клієнтських станцій шляхом виділення, необхідної кількості підканалів.

25

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

30

Спосіб збалансованого розподілу частотних підканалів між клієнтськими станціями, який здійснюють в мережах стандарту IEEE 802.16, реалізують на базовій станції мережі стандарту IEEE 802.16 та здійснюють розподіл частотних підканалів із жорстко закріпленою кількістю піднесних в кожному з них, який **відрізняється** тим, що збалансування розподілу частотних підканалів виконують з врахуванням пріоритету клієнтських станцій та вимог користувачів щодо пропускної здатності в мережі стандарту IEEE 802.16, параметрів низхідного каналу, а саме ширини та кількості піднесних, тривалості кадру, схеми модуляції та кодування сигналу.

35