



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **71765** (13) **U**  
(51) МПК (2012.01)  
**H04J 1/00**

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2012 00471</b>	(72) Винахідник(и): <b>Лемешко Олександр Віталійович (UA), Гаркуша Сергій Володимирович (UA), Євдокименко Марина Олександрівна (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>16.01.2012</b>	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>25.07.2012</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.07.2012, Бюл.№ 14</b>	(73) Власник(и): <b>ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ, пр. Леніна, 14, м. Харків, 61166 (UA)</b>

## (54) СПОСІБ РОЗПОДІЛУ ЧАСТОТНИХ КАНАЛІВ В БАГАТОКАНАЛЬНІЙ MESH-МЕРЕЖІ СТАНДАРТУ IEEE 802.11 ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЇХ СТРУКТУРНОЇ САМООРГАНІЗАЦІЇ

### (57) Реферат:

Спосіб розподілу частотних каналів в багатоканальних mesh-мережах стандарту IEEE 802.11 для забезпечення їх структурної самоорганізації включає розподіл частотних каналів в mesh-мережах рахунок використання керуючої булевої змінної. Виділяють радіоінтерфейси на mesh-станціях. Закріплюють за ними частотні канали. При цьому ураховують кількість використовуваних частотних каналів та кількість підтримуваних mesh-станцією радіоінтерфейсів. Здійснюють балансування mesh-станцій за доменами колізій.

UA 71765 U



Корисна модель належить до технологій управління мережними ресурсами (частотним ресурсом) безпроводових мереж і може знайти застосування на вузлах (маршрутизаторах, клієнтських станціях та ін.) безпроводової мережі.

Відомий спосіб [див. Лемешко А. В., Гоголева М. А. Трехиндексная математическая модель распределения частотных каналов в многоканальных mesh-сетях // Збірник наукових праць «Моделювання та інформаційні технології» - К., 2009. - № 54. - С. 94-103], який дозволяє забезпечити узгоджене розв'язання задач виділення радіоінтерфейсів на mesh-станціях та закріплення за ними каналів, які не перекриваються; враховує кількість використовуваних каналів та кількість підтримуваних mesh-станцією радіоінтерфейсів тощо.

Однак даний спосіб не враховує технологічні особливості мережі, які визначають дальність зв'язку, так як в даному способі вважається, що всі станції знаходяться в одній зоні стійкого прийому, в результаті цього не враховується територіальна розподіленість mesh-станцій та ефект «прихованої станції», який виникає для станцій, що знаходяться на перетині кількох зон стійкого прийому та є важливим фактором при побудові безпроводових мереж, а також в його основу покладена триіндексна математична модель, яка вимагає достатньо високої розрахункової потужності.

Найбільш близьким по сукупності ознак є спосіб [див. Лемешко А. В., Гоголева М. А. Модель структурной самоорганизации многоканальной mesh-сети стандарта IEEE 802.11 [Электронный ресурс] // Проблеми телекомунікацій. - 2010. - № 1 (1). - С. 83-95. - Режим доступа к журн.: [http://pt.journal.kh.ua/2010/1/1/101\\_lemeshko\\_mesh.pdf](http://pt.journal.kh.ua/2010/1/1/101_lemeshko_mesh.pdf)], який вже дозволяє провести узгоджене розв'язання задач виділення радіоінтерфейсів на mesh-станціях, закріплення за ними каналів, які не перекриваються, з урахуванням таких особливостей мережі, як кількість використовуваних каналів та кількість підтримуваних mesh-станцією радіоінтерфейсів; здійснити балансування mesh-станцій за доменами колізій з урахуванням їх територіальної розподіленості; позбавитись ефекту «прихованої станції».

Однак в основу даного способу покладена триіндексна математична модель, для забезпечення роботи якої в режимі реального часу необхідно забезпечити високу розрахункову потужність, а також не повною мірою забезпечується зв'язність між собою створюваних доменів колізій, що в результаті вирішення задачі розподілу частотних каналів може привести до створення декількох підмереж не зв'язних між собою.

В основу корисної моделі поставлена задача розподілу частотних каналів між окремими радіоінтерфейсами станцій в багатоканальних mesh-мережах шляхом отримання рішення комплексного характеру щодо декомпозиції багатоканальної мережі на зв'язні між собою домени колізій, в рамках яких mesh-станції працюють на одному частотному каналі, з урахуванням територіальної розподіленості mesh-станцій.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі розподілу частотних каналів в багатоканальних mesh-мережах стандарту IEEE 802.11 для забезпечення їх структурної самоорганізації, що полягає в узгодженому вирішенні задачі розподілу частотних каналів в mesh-мережах в сукупності, тобто одночасно здійснюється комплексне вирішення таких задач, як виділення радіоінтерфейсів на mesh-станціях, закріплення за ними частотних каналів, які не перекриваються, з урахуванням таких особливостей мережі, як кількість використовуваних частотних каналів та кількість підтримуваних mesh-станцією радіоінтерфейсів, здійснює балансування mesh-станцій за доменами колізій з урахуванням їх територіальної розподіленості, позбавляє від ефекту «прихованої станції в мережі», що сприяє мінімізації кількості станцій, які працюють на одному частотному каналі, тобто знаходяться в одному домені колізій, що відповідно до корисної моделі дозволяє вирішувати задачу розподілу частотних каналів в mesh-мережі за рахунок використання керуючої булевої змінної, яка включає два індекси: номер станції та номер частотного каналу, для зменшення розрахункової складності математичної моделі, гарантує зв'язність створюваних доменів колізій між собою.

Спосіб можна реалізувати наступним чином. У рамках запропонованої корисної моделі буде використано поняття зони стійкого прийому (Transmission Range, TR), яка утворюється безліччю mesh-станцій максимальної потужності, які можуть обмінюватися інформацією (пакетами) з використанням вибраної в mesh-мережі технології безпроводового зв'язку. У рамках запропонованої корисної моделі будуть використані наступні вихідні дані:  $\{R_{n,n=1,N}\}$  - безліч mesh-станцій, де  $N$  - їх загальна кількість в mesh-мережі;  $K$  - загальна кількість ЧК, що не перекриваються, які використовуються в mesh-мережі (у технології IEEE 802.11b/g таких ЧК  $3 \div 4$ , а в технології IEEE 802.11a - 12);  $\{G_{z,z=1,Z}\}$  - безліч зон стійкого прийому, де  $Z$  - загальна кількість зон стійкого прийому в mesh-мережі,  $|G_z|$  - потужність одного з підмножин, тобто число

mesh-станцій входять до складу z-ї TR;  $m_n^*$  - цілочисельний параметр, що характеризує мінімально необхідну кількість ЧК, що не перекриваються, виділених для n-ї mesh-станції (як правило цей параметр дорівнює одиниці);  $m_n$  - число підтримуваних PI на n-й mesh-станції, яке, як правило, дорівнює  $1 \div 3$ .

- 5 В математичну модель введено поняття матриці зон стійкого прийому або TR-матриці, що дозволяє здійснювати облік територіальної віддаленості mesh-станцій у мережі. TR-матриця є прямокутної форми, кількість рядків якої відповідає числу зон стійкого прийому (Z), а число стовпців відповідає загальному числу mesh-станцій (N) у мережі, і має вигляд

$$D = \|d_{z,n}\|, (z = \overline{1, Z}, n = \overline{1, N}),$$

- 10 де  $d_{z,n} = \begin{cases} 1, \text{якщо } n \text{ - та станція належить } z \text{ - й TR;} \\ 0, \text{в іншому випадку.} \end{cases}$

Задача розподілу частотних каналів, у вказаному способі, представлена у вигляді оптимізаційної задачі балансування числа mesh-станцій за числом створюваних кластерів, якими відповідно до використовуваної технології безпроводового зв'язку та використовуваного номера частотного каналу визначають відповідні домени колізій.

- 15 В рамках запропонованої моделі, як керуюча використовується булева змінна

$$x_{n,k} \in \{0,1\} (n = \overline{1, N}, k = \overline{1, K}), (1)$$

$$\text{де } x_{n,k} = \begin{cases} 0, \text{якщо } n \text{ - та станція не використовує } k \text{ - й канал} \\ 1, \text{якщо } k \text{ - й канал на } n \text{ - й станції закріплений} \\ \text{тільки за одним з PI.} \end{cases}$$

Структура розроблюваної математичної моделі буде визначатись за рахунок виконання наступних умов обмежень:

- 20 1. Умова включення n-ї станції в мережу:

$$\sum_{k=1}^K x_{n,k} \geq m_n^* (n = \overline{1, N}), (2)$$

де  $1 \leq m_n^* \leq m_n, \sum_{k=1}^K x_{n,k}$  - кількість ЧК виділених для роботи однієї станції.

2. Умова виділення n-й станції кількості ЧК, що не перевищує кількості PI:

$$\sum_{k=1}^K x_{n,k} \leq m_n (n = \overline{1, N}). (3)$$

- 25 3. Умова роботи двох mesh-станцій одна з одною не більше ніж на одному ЧК (в рамках однієї зони стійкого прийому):

$$\sum_{k=1}^K [x_{n,k} x_{s,k}] \leq 1, (\text{для } (n,s)\text{-пари станцій, } n, s = \overline{1, N}, n, s \in G_z, z = \overline{1, Z}), (4)$$

яке вводиться для усунення небажаної структурної збитковості.

- 30 4. Умова того, що довільна mesh-станція на використовуваному на ній ЧК працює хоча б з однією станцією своєї TR:

$$x_{n,k} \leq \sum_{\substack{s=1 \\ s \neq n}}^N x_{s,k} (n, s \in G_z, z = \overline{1, Z}, k = \overline{1, K}), (5)$$

де  $\sum_{\substack{s=1 \\ s \neq n}}^N x_{s,k}$  - число станцій у зоні стійкого прийому  $G_z$  (без врахування n-ї станції), які

працюють на k-му каналі.

- 35 5. Умова відсутності ефекту «прихованої станції», тобто станція, яка належить одночасно до кількох зон стійкого прийому, не повинна працювати на одному і тому ж ЧК із станціями різних зон стійкого прийому:

$$d_{z,n} d_{q,n} x_{n,k} \sum_{s=1}^N x_{s,k} \sum_{r=1}^N x_{r,k} = 0, (6)$$

при умові, що  $n = \overline{1, N}, k = \overline{1, K}, z, q = \overline{1, Z}, s \in G_z, r \in G_q, s \notin G_q, r \notin G_z, n \neq s \neq r$ .

6. Умова зв'язності mesh-мережі (доменив колізій) в кожній зоні стійкого прийому:

$$\sum_{k=1}^K \sum_{n \in G_z}^N x_{n,k} \geq |G_z| + K - 1 - b(z = \overline{1, Z}), \quad (7)$$

де  $b = \begin{cases} K - N, \text{ якщо } K > |G_z|; \\ 0, \text{ в протилежному випадку.} \end{cases}$

5 Так як кількість використовуваних ЧК у зоні стійкого прийому не може перевищувати число станцій, що входять до її складу, параметр  $b$  дозволяє зменшити це число ЧК до допустимого значення.

7. Умова роботи однієї з mesh-станцій, що знаходяться на перетині декількох зон стійкого прийому на двох ЧК:

$$\sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N (d_{z,n} d_{q,n} x_{n,k}) \geq \sum_{n=1}^N (d_{z,n} d_{q,n}) + 1 \quad (z, q = \overline{1, Z}, z \neq q), \quad (8)$$

де  $\sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N (d_{z,n} d_{q,n} x_{n,k})$  - число ввімкнених PI на mesh-станціях, які знаходяться на перетині зон

10 стійкого прийому  $z$  та  $q$ ;

$\sum_{n=1}^N (d_{z,n} d_{q,n})$  - число mesh-станцій, що знаходяться на перетині зон стійкого прийому  $z$  та  $q$ .

8. Умова того, що одна зі станцій, що знаходиться на перетині двох зон стійкого прийому та працює на двох ЧК, повинна працювати на цих каналах в різних зонах стійкого прийому:

$$d_{z,n} d_{q,n} x_{n,k} x_{n,h} \left( \sum_{s=1}^N (d_{z,s} x_{s,k}) + \sum_{s=1}^N (d_{z,s} x_{s,h}) \right) \left( \sum_{r=1}^N (d_{q,r} x_{r,k}) + \sum_{r=1}^N (d_{q,r} x_{r,h}) \right) > 0 \quad (9)$$

15 при умові, що  $d_{z,s} d_{q,s} = 0, d_{z,r} d_{q,r} = 0, k, h = \overline{1, K}, k \neq h, z \neq q, n \neq s \neq r$ ;

$d_{z,s} \cdot d_{q,s} = 0$  - станція  $s$  не знаходиться на перетині зон стійкого прийому  $z$  та  $q$ .

Виконання цієї умови спільно з (4)-(8) гарантує, що кількість включених PI з урахуванням числа mesh-станцій і підтримуваних в технології безпроводового зв'язку ЧК, що не перекриваються, забезпечить зв'язність багатоканальної mesh-мережі.

20 У зв'язку з тим, що продуктивність безпроводової mesh-мережі буде залежати від розмірів доменів колізій (кількості mesh-станцій, що входять до їх складу), доцільно провести балансування кількості станцій по створюваним доменам колізій, з метою забезпечення їх рівномірного розподілу.

25 9. Умова балансування числа mesh-станцій за доменами колізій у залежності від їх територіального розподілу та кількості зон стійкого прийому має вигляд:

$$\sum_{n=1}^N (d_{z,n} x_{n,k}) \leq \alpha \quad (\text{для кожної } (z,k)\text{-пари, } z = \overline{1, Z}, k = \overline{1, K}), \quad (10)$$

де в лівій частині нерівності представлено число mesh-станцій в  $z$ -й зоні стійкого прийому, що працюють на  $k$ -му ЧК,  $\alpha$  - верхній динамічно керований поріг числа mesh-станцій в довільно вибраному домені колізій в багатоканальній mesh-мережі.

30 В результаті цього, в рамках запропонованої математичної моделі (1)-(9), вирішення оптимізаційної задачі буде здійснюватись з використанням наступного критерію:

$$\min_{x, \alpha} \alpha \quad (11)$$

35 Сформульована задача з точки зору фізики процесів, які відбуваються у багатоканальних mesh-мережах, належить до класу задач балансування мережних ресурсів - балансування числа mesh-станцій по створюваним доменам колізій, а з математичної точки зору вона відноситься до задач змішаного цілочисельного нелінійного програмування (Mixed Integer Nonlinear Programming, MINLP). В рамках запропонованої моделі забезпечується узгодженість вирішення задач кластеризації, виділення радіоінтерфейсів і закріплення за ними каналів, відсутність ефекту «прихованої станції», а також гарантується зв'язність створюваних доменів

40 колізій.  
Таким чином, запропоновано корисну модель розподілу частотних каналів у багатоканальних mesh-мережах стандарту IEEE 802.11 на основі двоіндексної математичної моделі, яка дозволяє провести балансування mesh-станцій з урахуванням їх територіального розподілу, новизна якої полягає у забезпеченні більш низької розрахункової складності, у порівнянні з відомими способами, а також гарантії зв'язності створюваних доменів колізій.

## ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- Спосіб розподілу частотних каналів в багатоканальних mesh-мережах стандарту IEEE 802.11 для забезпечення їх структурної самоорганізації полягає в узгодженому вирішенні задачі
- 5 розподілу частотних каналів в mesh-мережах в сукупності, тобто одночасно здійснюється комплексне вирішення таких задач, як виділення радіоінтерфейсів на mesh-станціях, закріплення за ними частотних каналів, які не перекриваються, з урахуванням таких особливостей мережі, як кількість використовуваних частотних каналів та кількість підтримуваних mesh-станцією радіоінтерфейсів, здійснює балансування mesh-станцій за
- 10 доменами колізій з урахуванням їх територіальної розподіленості, позбавляє від ефекту "прихованої станції в мережі", що сприяє мінімізації кількості станцій, які працюють на одному частотному каналі, тобто знаходяться в одному домені колізій, який **відрізняється** тим, що дозволяє вирішувати задачу розподілу частотних каналів в mesh-мережі за рахунок використання керуючої булевої змінної, яка включає два індекси: номер станції та номер
- 15 частотного каналу, для зменшення розрахункової складності математичної моделі, гарантує зв'язність створених доменів колізій між собою.

---

Комп'ютерна верстка М. Мацело

---

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

---

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