



УКРАЇНА

(19) UA (11) 63267 (13) U
(51) МПК (2011.01)
H04J 1/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ РОЗПОДІЛУ ЧАСТОТНИХ КАНАЛІВ В БАГАТОКАНАЛЬНИХ MESH-МЕРЕЖАХ СТАНДАРТУ IEEE 802.11 З УРАХУВАННЯМ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ РОЗПОДІЛЕНОСТІ MESH-СТАНЦІЙ

1

2

(21) u201100540

(22) 18.01.2011

(24) 10.10.2011

(46) 10.10.2011, Бюл.№ 19, 2011 р.

(72) ЛЕМЕШКО ОЛЕКСАНДР ВІТАЛІЙОВИЧ, ГОГОЛЕВА МАРИНА ОЛЕКСАНДРІВНА, ГАРКУША СЕРГІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ, АХМЕД ХАССАН АБЕД

(73) ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

(57) Спосіб розподілу частотних каналів в багатоканальній mesh-мережі стандарту IEEE 802.11 з урахуванням територіальної розподіленості mesh-

станцій, що включає 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, який відрізняється тим, що здійснюють балансування mesh-станцій за доменами колізій з врахуванням їх територіальної розподіленості та позбавляють від ефекту "прихованої станції в мережі", що сприяє мінімізації кількості станцій, які працюють на одному частотному каналі, тобто в одному домені колізій.

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

Відомий спосіб [див. Ляхов А.И., Пустогаров И.А., Шпилев С.А. Многоканальные mesh-сети: анализ подходов и оценка производительности // Информационные процессы. 2008. - Том 8. - № 3. - С. 173-192] використовує децентралізований розподіл каналів між радіоінтерфейсами mesh-станцій, при цьому мережа має деревоподібну топологію, при цьому розподіл каналів здійснюється у межах доменів колізій, в яких станції між собою працюють на окремих каналах.

Основним недоліком даного способу є його обмежені можливості з точки зору забезпечення узгодженості рішень задач кластеризації, виділення радіоінтерфейсів та закріплення за ними каналів, крім того, в даному способі недостатньо враховуються технологічні властивості станцій, а перерозподіл каналів на одному з'єднанні потребує перерахунок з'єднань між станціями всієї мережі.

Найбільш близьким по сукупності ознак є спосіб [див. Лемешко А.В., Гоголева М.А. Трехиндексная математическая модель распределения частотных каналов в многоканальных mesh-сетях // Сборник научных работ "Моделирование та інфор-

маційні технології" - К., 2009. - № 54. - С. 94-103.], який вже 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, бо в даному способі вважається, що всі станції знаходяться в одній зоні стійкого прийому, тобто не враховується територіальна розподіленість mesh-станцій та ефект "прихованої" станції, який виникає у випадку, коли станції знаходяться в різних зонах, що, взагалі, є важливим фактором при побудові безпроводової мережі.

В основу корисної моделі поставлена задача розподілу каналів в багатоканальних mesh-мережах стандарту IEEE 802.11 при використанні математичної моделі розподілу частотних каналів з урахуванням територіальної розподіленості mesh-станцій.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб розподілу частотних каналів в багатоканальній mesh-мережі стандарту IEEE 802.11 з урахуванням територіальної розподіленості mesh-включає узгоджене розв'язання задач виділення радіоінтерфейсів на mesh-станціях, закріплення за ними каналів, які не перекриваються, з урахуванням

(19) UA (11) 63267 (13) U

таких особливостей мережі, як кількість використуваних каналів та кількість підтримуваних mesh-станцією радіоінтерфейсів і, згідно з корисною моделлю, здійснюють балансування mesh-станцій за доменами колізій з врахуванням їх територіальної розподіленості та позбавляють від ефекту "прихованої станції в мережі", що сприяє мінімізації кількості станцій, які працюють на одному частотному каналі, тобто в одному домені колізій.

Спосіб можна реалізувати таким чином. При застосуванні способу використовувалась математична модель розподілу каналів у багатоканальних mesh-мережах, в яких mesh-станції можуть знаходитись як в одній зоні стійкого прийому (Transmission Range, TR), так і в різних. У рамках запропонованої моделі передбачаються відомими такі дані: $\{R_i, i = \overline{1, N}\}$ - множина mesh-станцій, де N -

загальна їх кількість в мережі; m_i - кількість радіоінтерфейсів на mesh-станції R_i ; K - кількість каналів у mesh-мережі, які не перекриваються. Так, наприклад, у технології IEEE 802.11b/g таких каналів $3 \div 4$, а в технології IEEE 802.11 a - 12 каналів.

З метою урахування територіальної розподіленості mesh-станцій мережі в математичну модель введено поняття матриці зон стійкого прийому або TR-матриці. Причому $\{G_z, z = \overline{1, Z}\}$ -

множина зон стійкого прийому - кластерів, які утворюють територіально розподілені mesh-станції, де Z - їх загальна кількість у мережі. Крім того, в рамках даної роботи кластер утворює множина mesh-станцій, що знаходяться в одній зоні стійкого прийому, в рамках якої станції "чують" один одного, тобто можуть обмінюватися даними за допомогою вибраної у mesh-мережі технології безпроводового зв'язку. Формально належність тієї або іншої mesh-станції до довільної зони стійкого прийому (кластеру) можна відобразити за допомогою введеної TR-матриці. Матриця є прямокутною, з кількістю рядків, що відповідають кількості зон стійкого прийому (Z), і з кількістю стовпців, які відповідають загальній кількості mesh-станцій (N) у мережі, тобто

$$D = \|d_{ij}\|, i = \overline{1, Z}; j = \overline{1, N}, \text{ де } d_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ якщо } j\text{-та станція знаходиться у } i\text{-й TR;} \\ 0, \text{ у протилежному випадку.} \end{cases}$$

У ході розв'язання задачі розподілу каналів за радіоінтерфейсами mesh-станцій мережі необхідно забезпечити розрахунок булевих змінних

$$x_{ij}^k \in \{0, 1\} \quad \left(i = \overline{1, N}; j = \overline{1, m_i}; k = \overline{1, K} \right), \quad (1)$$

причому

$$x_{ij}^k = \begin{cases} 1, \text{ якщо } j\text{-й PI } i\text{-ї станції працює на } k\text{-му каналі} \\ 0, \text{ у протилежному випадку.} \end{cases}$$

Результатом розрахунку змінних (1) є розбивка mesh-мережі в цілому і кожної зони стійкого прийому окремо на зв'язні домени колізій, у межах яких mesh-станції функціонують на одному й тому

самому каналі. У зв'язку з цим під час розрахунку змінних (1) необхідно виконати ряд важливих умов-обмежень:

1. Умова включення i-ї mesh-станції в мережі:

$$\sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^{m_i} x_{ij}^k \geq m^* \quad \left(i = \overline{1, N} \right), \quad (2)$$

де $1 \leq m^* \leq m_i$ - цілочисельний параметр, який характеризує мінімально необхідну кількість включених радіоінтерфейсів на довільно обраній mesh-

станції; $\sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^{m_i} x_{ij}^k$ - кількість включених радіоінтерфейсів на одній станції.

2. Умова виділення j-му радіоінтерфейса i-ї mesh-станції не більше одного каналу:

$$\sum_{k=1}^K x_{ij}^k \leq 1 \quad \left(i = \overline{1, N}; j = \overline{1, m_i} \right). \quad (3)$$

3. Умова закріплення k-го каналу на i-ї станції не більше ніж за одним радіоінтерфейсом:

$$\sum_{j=1}^{m_i} x_{ij}^k \leq 1 \quad \left(i = \overline{1, N}; k = \overline{1, K} \right). \quad (4)$$

4. Умова роботи двох станцій між собою не більш ніж на одному каналі:

$$\sum_{k=1}^K \left[\sum_{j=1}^{m_i} x_{ij}^k + \sum_{l=1}^{m_s} x_{sl}^k \right] \leq 1, \text{ (для } i, s\text{-пари станцій од-} \quad (5)$$

нієї TR, $i, s = \overline{1, N}; i \neq s$),

яке вводиться для усунення небажаної структурної надлишковості.

5. Умова того, що довільна mesh-станція на включеному на її радіоінтерфейсі каналі працює хоча б з однією станцією своєї зони стійкого прийому:

$$x_{ij}^k \leq \sum_{u \in G_z} \sum_{r=1}^{m_i} x_{ur}^k \quad \left(i \in G_z, z = \overline{1, Z}, j = \overline{1, m_i}, k = \overline{1, K} \right), \quad (6)$$

де $\sum_{u \in G_z} \sum_{r=1}^{m_i} x_{ur}^k$ - кількість станцій у зоні G_z , які

працюють на k-му каналі.

6. Умова відсутності ефекту "прихованої станції", тобто станція, яка належить одночасно до декількох зон стійкого прийому, не повинна працювати на одному й тому самому каналі зі станціями різних TR:

$$\sum_{j=1}^{m_i} x_{ij}^k \sum_{r=1}^{m_s} x_{sr}^k = \sum_{j=1}^{m_i} x_{ij}^k \sum_{r=1}^{m_s} x_{ir}^k \quad \left(s = \overline{1, N}, k = \overline{1, K}, G_p \in G_*^s \right), \quad (7)$$

де G_*^s - множина зон стійкого прийому, до яких належить s-та станція.

7. Умова зв'язності мережі (зв'язності доменів колізій mesh-станцій):

$$p = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{m_i} \sum_{k=1}^K x_{ij}^k \geq N + K - 1, \quad (8)$$

виконання якої спільно з умовами (5)-(7) в умовах дефіциту каналів ($K \leq N-1$) гарантує, що кількість включених радіоінтерфейсів (p) з урахуванням кількості mesh-станцій і підтримуваних у технології безпроводового зв'язку каналів, що не перекриваються, забезпечить зв'язність багатоканальної мережі.

В зв'язку з тим, що продуктивність mesh-мережі безпосередньо залежить від кількості станцій у доменах колізій, доцільно, щоб кількість mesh-станцій в доменах була розподілена рівномірно, тобто мало місце балансування кількості станцій за всіма доменами.

8. Умова балансування кількості mesh-станцій за доменами колізій у залежності від територіальної розподіленості та кількості зон стійкого прийому має вигляд:

$$\sum_{i=1}^N d_{zi} \sum_{j=1}^{m_i} x_{ij}^k \leq \alpha \quad \left(\text{для кожної } (z,k) \text{ - пари } z = \overline{1, Z}, k = \overline{1, K} \right), \quad (9)$$

де в лівій частині нерівності подана кількість mesh-станцій у z -й TR.

Розрахунок шуканих змінних (1) і параметра α відповідно до умов, формалізованих нерівностями

(2)-(9), здійснено в ході розв'язання оптимізаційної

задачі з використанням такого критерію $\min_{x, \alpha} \alpha$.

Сформульована задача з точки зору фізики процесів, які відбуваються у багатоканальних мережах, належить до класу задач балансування мережних ресурсів - зваженої кількості mesh-станцій за доменами колізій, а з математичної точки зору - це задача змішаного цілочисельного нелінійного програмування - MINLP (Mixed-Integer Nonlinear Programming). В рамках моделі забезпечується узгодженість вирішення задач кластеризації, виділення радіоінтерфейсів і закріплення за ними каналів, а також гарантується відсутність ефекту "прихованої станції".

Таким чином, запропоновано корисну модель розподілу каналів у багатоканальних mesh-мережах стандарту IEEE 802.11 з урахуванням територіальної розподіленості mesh-станцій, новизна якої полягає у балансуванні кількості mesh-станцій за доменами колізій з урахуванням їх територіальної розподіленості, що дозволяє підвищити продуктивність багатоканальної mesh-мережі в цілому.