

ПРОПУСКНА ЗДАТНІСТЬ КАНАЛІВ З КООПЕРАТИВНОЮ РЕТРАНСЛЯЦІЄЮ

Афанасьєва Л.О.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: liana.afanasyeva@gmail.com

The channel capacity with the cooperative relaying

This paper provides an overview of transmitter channel state information. Achievable rate of a decode-and-forward relay and capacity of the time-division relaying are considered.

У системах когнітивного радіозв'язку істотно підвищити ефективність використання спектра дозволяє механізм динамічного керування спектром, відповідно до якого вторинним користувачам (не закріпленим за даним частотним діапазоном) надається можливість використовувати діапазони первинних користувачів (закріплених за даним діапазоном) на час, поки цей діапазон не використовується первинним користувачем. Просторово розподілені вузли можуть підвищити надійність моніторингу каналу за рахунок обміну інформацією та зменшити ймовірність помилкової «тривоги».

Безпроводова епізодична мережа з довільною структурою являє собою безпроводове об'єднання із самоорганізацією довільних терміналів-ретрансляторів при відсутності визначеної мережної інфраструктури. У цій мережі випадковим чином розподілені вузли утворюють тимчасову функціональну мережу і підтримувати безшовний вихід або приєднання вузлів. Такі мережі були успішно розгорнуті та мають великий потенціал для військового зв'язку, ліквідації наслідків стихійних лих, дорожньої мережі транспортних засобів для розгортання і т.д [1,2].

Бездротова сенсорна мережа може використовувати кооперативну ретрансляцію для зменшення споживання енергії в сенсорних вузлах, збільшуючи таким чином термін служби датчика мережі. Через природу безпроводового середовища, зв'язок через слабкі канали вимагає значних затрат енергії в порівнянні з відносно більш потужними каналами. Правильне впровадження кооперативної ретрансляції в процес маршрутизації може забезпечити оптимальний вибір каналів зв'язку та зберегти заряд батареї [3,4].

Слід зазначити, що за рахунок втрат безпроводового ресурсу, такого як частоти, часових та енергетичних ресурсів для фази ретрансляції, можливо збільшити коефіцієнт підсилення від прийому рознесення. Тому перед розробником систем зв'язку завжди є проблема забезпечення компромісу між коефіцієнтом рознесення і витратами ресурсів спектра при кооперативному рознесенні.

В роботі [5] проведено поглиблений аналіз пропускної здатності каналу кооперативного ретрансляційної мережі.

Припустимо, що канал від джерела до вузла ретрансляції, від джерела до вузла призначення та від вузла ретрансляції до вузла призначення є

$c_{21}e^{i\varphi_{21}}, c_{31}e^{i\varphi_{31}}, c_{32}e^{i\varphi_{32}}$ відповідно. Вихідний вузол, вузол ретрансляції, і вузол призначення позначаються як вузол 1, вузол 2, і вузол 3, в подальшому.

Пропускна здатність каналів кооперативної ретрансляції

Використання теореми «максимального потоку мінімального-зрізу» дає верхню межу дуплексного ретранслявання:

$$C^+ = \max_{f(X_1, X_2)} \min \{I(X_1; Y_2, Y_3 | X_2), I(X_1, X_2; Y_3)\}, \quad (1)$$

де X_1 та X_2 передана інформація на вихідному вузлі і вузлі ретрансляції відповідно. Y_2 та Y_3 отримана інформація вузлом ретрансляції і вузлом призначення відповідно. Відмітимо, що теорема максимального потоку мінімального-зрізу полягає у тому що максимальний обсяг потоку дорівнює пропускній здатності мінімального розрізу, тобто є вузьким місцем. Пропускна здатність широкомовного каналу з X_1 до Y_2 та Y_3 з заданою X_2 розраховується як:

$$\max_{f(X_1, X_2)} I(X_1; Y_2, Y_3 | X_2) = \frac{1}{2} \log(1 + (1 - \beta)(c_{21}^2 + c_{31}^2)P_1) \quad (2)$$

в той час як пропускна здатність каналу множинного доступу від X_1 та X_2 до Y_3 буде

$$\max_{f(X_1, X_2)} I(X_2, X_1; Y_3) = \frac{1}{2} \log \left(1 + c_{31}^2 P_1 + c_{32}^2 P_2 + 2\sqrt{\beta c_{31}^2 c_{32}^2 P_1 P_2} \right) \quad (3)$$

де β - це кількість кореляції між X_1 та X_2 . Слід звернути увагу, що X_2 копіює якусь частину X_1 для можливості кооперативної ретрансляції.

Використовуючи можливості кооперативної ретрансляції на вузлі ретрансляції підвищується продуктивність прийому в вузлі призначення. Таким чином, верхню межу переписано у вигляді:

$$C^+ = \max_{0 \leq \beta \leq 1} \min \left\{ \frac{1}{2} \log(1 + (1 - \beta)(c_{21}^2 + c_{31}^2)P_1), \frac{1}{2} \log \left(1 + c_{31}^2 P_1 + c_{32}^2 P_2 + 2\sqrt{\beta c_{31}^2 c_{32}^2 P_1 P_2} \right) \right\} \quad (4)$$

Досяжна швидкість в схемі «декодування-вперед»

За рахунок декодування на RN, значення досяжної швидкості розраховується наступним чином:

$$R_1 = \max_{f(X_1, X_2)} \min \{I(X_1; Y_2, Y_3 | X_2), I(X_1, X_2; Y_3)\} \quad (5)$$

де широкомовний канал зводиться до каналу точка-точка через декодування в вузлі реле, тобто $I(X_1; Y_2, Y_3 | X_2)$ зводиться до $I(X_1; Y_2 | X_2)$. Пропускна здатність відновленого широкомовного каналу буде:

$$\max_{f(X_1, X_2)} I(X_1; Y_2 | X_2) = \frac{1}{2} \log(1 + (1 - \beta)c_{21}^2 P_1) \quad (6)$$

Таким чином, досяжна швидкість переписується у вигляді:

$$R_1 = \max_{0 \leq \beta \leq 1} \min \left\{ \frac{1}{2} \log(1 + (1 - \beta)c_{21}^2 P_1), \frac{1}{2} \log \left(1 + c_{31}^2 P_1 + c_{32}^2 P_2 + 2\sqrt{\beta c_{31}^2 c_{32}^2 P_1 P_2} \right) \right\} \quad (7)$$

Ретрансляція з часовим розділенням каналів

Верхня межа пропускної здатності каналу ретрансляції з часовим розділенням має вигляд:

$$C^+ = \max_{0 \leq \beta \leq 1} \min \{C_1^+(\beta), C_2^+(\beta)\} \quad (8)$$

3

$$C_1^+(\beta) = \frac{\alpha}{2} \log(1 + (c_{31}^2 + c_{21}^2)P_1^{(1)}) + \frac{1-\alpha}{2} \log(1 + (1 - \beta)c_{31}^2 P_2^{(1)}) \quad (9)$$

$$C_2^+(\beta) = \frac{\alpha}{2} \log(1 + c_{31}^2 P_1^{(1)}) + \frac{1-\alpha}{2} \log \left(1 + c_{31}^2 P_1^{(2)} + c_{32}^2 P_2 + 2\sqrt{\beta c_{31}^2 P_1^{(2)} c_{32}^2 P_2} \right) \quad (10)$$

Досліджено пропускну здатність каналу кооперативного рознесення. Показано, що при кооперативному рознесенні додатковий сигнал сприймається в якості сигналу для співпраці, тобто інформація декодується на основі комбінації (поєднання) двох сигналів. Реалізація схем кооперативного рознесення забезпечує підсилення по потужності та коефіцієнт підсилення від прийому рознесення одночасно.

Література

1. Building blocks of cooperative relaying in wireless systems // W. Elmenreich, N. Marchenko et al // Springer e & i. Journal–2008. –Vol. 125(10). –P. 353 - 359.
2. S. Simoens, O. Muñoz, J. Vidal, A. Del. Coso Compress-and-Forward Cooperative MIMO Relaying with Full Channel State Information // IEEE Transactions on Signal Processing.– 2010.– Vol. 58(2).– P.781 – 791.
3. Ilchenko M.Yu., Kravchuk S.O. Telecommunication broadband access systems. – Kiyiv: Naukova Dumka, 2009. – 312 p.
4. Кравчук С.О. Модель імовірності помилки в багатоантенній кооперативній ретрансляційній системі // Зб. наукових праць Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". – К.: ВІТІ НТУУ "КПІ", 2009. – Випуск № 2. – С. 47–62.
5. A. Host-Madsen, J. Zhang Capacity bounds and power allocation for wireless relay channels // IEEE Transactions on Information Theory.–2005.– Vol. 51(6).– P.2020 – 2040.