

## ПРОТОКОЛ АДАПТИВНОЇ РЕТРАНСЛЯЦІЇ ДЛЯ КООПЕРАТИВНИХ МЕРЕЖ

**Афанасьєва Л. О., Кравчук С.О.**

*Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна*

*E-mail: liana.afanasyeva@gmail.com*

### **Adaptive relay protocol for cooperative networks**

This paper provides an adaptive relay protocol for a cooperative networks. A new algorithm of decoding for an relay system with optimal transmission is proposed. The proposed adaptive relay protocol improves system performance by using CSI values and network coding.

У сучасних системах безпроводового зв'язку релейні мережі мають провідне значення. Дослідники проявляють більше уваги до з'єднання точка-точка, такого як ad hoc, mesh мережа і т.д. Конвергенція між службами та мережами стане важливою характеристикою мережі 4G для локальних і глобальних мереж. Отже, кооперативний зв'язок буде домінувати у функціях безпроводових мереж, що дозволить поліпшити загальну продуктивність завдяки підтримці просторового рознесення.

Ретрансляція - це метод, який підтримує кооперативний зв'язок так, що пропонована інфраструктура забезпечує перехідне та швидке з'єднання, зменшуючи відстань між вузлами, а також необхідний часовий інтервал. Даний метод широко використовується для збільшення пропускної здатності та зони покриття мережі. Виділяють регенеративну DF-ретрансляцію, де повністю декодується отримана інформація на вузлі ретрансляції, та нерегенеративну AF-ретрансляцію, при якій система передає посилену версію отриманих даних. Застосування даного методу знижує складність системи та підвищує спектральну ефективність, що збільшує можливості підключення, масштабованості та надійності для каналів із завмираннями, а також нормалізує рівні робочої потужності. При кооперативному зв'язку потужність передачі значно знижується в порівнянні з існуючою системою. Для подолання значного ефекту затінення й для кращого покриття в системі зв'язку використовується кооперативне рознесення [1,2].

Розглянемо схему адаптивної ретрансляції, що дозволяє подолати обмеження для змінного в часі каналу з частотно-селективними завмираннями, використовуючи інформацію про стан каналу.

Запропонована схема реалізується наступними кроками:

*Крок 1* Спочатку ретранслятор перевіряє інформацію про стан каналу (CSI), щоб забезпечити надійний зв'язок з приймачем. Кооперативна стратегія працює у два етапи. На першій фазі джерело (S) посиляє свої власні дані на реле (R), а також до адресату (D). У другій фазі передачі кадр ретрансляційного вузла R відправляє прийняті дані від вихідного вузла S в першому кадрі на цільовий приймач D.

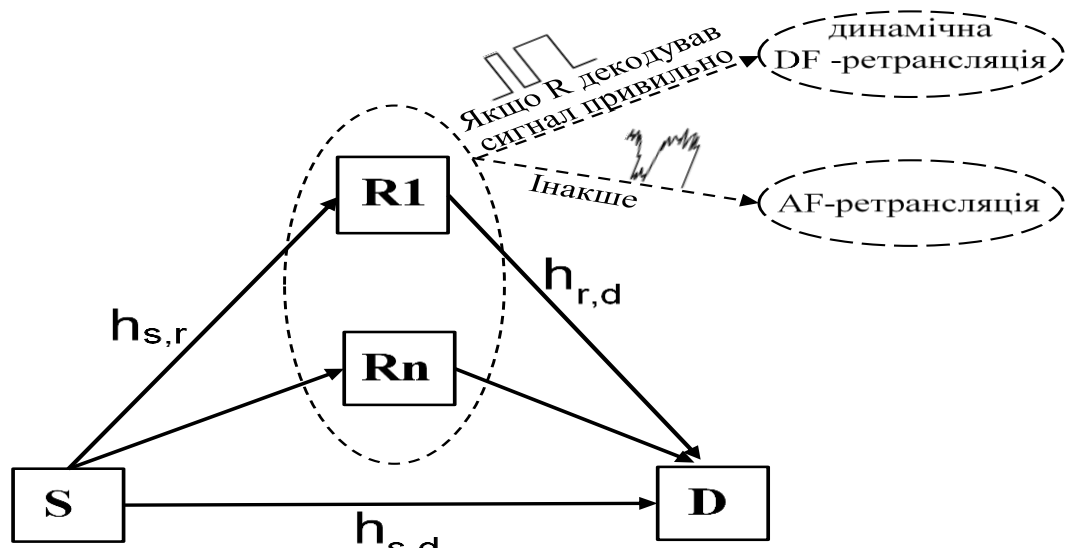


Рис. 1. Адаптивна схема ретрансляції.

*Крок 2* Ретрансляційний вузол R виявляє кожен біт коду " 0 " або " 1 " як підтвердження від D і відправляє біт з новою потужністю до адресату D незалежно від того чи біти виявлено правильно, або неправильно. Слід зауважити, що одна передача передбачає, що зниження швидкості не застосовується, і, отже, на адресаті D може розглядатися однакова швидкість передачі інформації в порівнянні з прямою лінією зв'язку без використання будь-якої стратегії кооперації. Метод ретрансляції буде обраний на основі значення CSI каналу, це поліпшить загальну продуктивність кооперативного зв'язку з точки зору значення сигнал/шум (SNR), посилення мультиплексування та дозволить уникнути повторної передачі символу.

*Крок 3* Якщо ретранслятори отримали сигнал з меншими спотвореннями, то метод AF-ретрансляції не підходить для передачі символів. В такому разі виберемо метод динамічної DF- ретрансляції для відновлення прийнятого сигналу зі спотвореннями та передачі даних для прийому.

*Крок 4* Якщо реле отримало сигнал з великим спотворенням, то запускається механізм контролю помилок. Якщо механізм контролю помилок перевірки циклічним надлишковим кодом виправляє помилку, то конкретний символ передається на приймач. В іншому випадку реле ініціює функцію автоматичного запиту повторення до передавача для ретрансляції конкретного символу.

*Крок 5* Метод кодування мережі використовується для прийому сигналу від іншого тракту і об'єднання декількох сигналів для збільшення загального посилення приймача.

В цьому випадку оцінка ергодичної ємності запропонованої схеми ретрансляції, аналізується в залежності від того, виявлено біт при передачі S-R-D правильно або неправильно. Припускаючи статистичну модель каналу, сформульовану в [15] для середньої пропускну здатності каналу пропонуваного протоколу маємо

$$C^{av} = P_r(\gamma_0 \geq \gamma_{th})C_{avg} + P_r(\gamma_0 < \gamma_{th})C_{av}^c,$$

де  $\gamma$  - миттєве значення SNR,  $P_r$  - потужність передачі ретранслятора.

В [3]  $C_{avg}$  позначає середню пропускну здатність каналу, при якій приймач успішно декодує прийнятий сигнал від джерела і розраховує його  $C_{avg} = B_{\chi}(\gamma_{th}, \gamma_0) / \alpha_0 \log 2$ , де функція  $\chi(a, \lambda)$  визначається як  $\chi(a, \lambda) = e^{\lambda a} \log(1 + a) + e^{\lambda} E_1(\lambda(2 + a))$ , де  $\chi$  - представляє випадкову величину, що відповідає інформації про правильність виявленого біта на вузлі R,  $E_1$  - є експоненціальною інтегральною функцією.

Середня пропускну здатність каналу  $C_{av}^C$  для випадку, коли приймач не може декодувати прийняті сигнали від джерела.

$$C_{av}^C = \frac{B}{2} \int_0^{+\infty} \log_2(1 + x) f_{\gamma_{MRC}}(x | \gamma_0 \geq \gamma_{th}) dx$$

де  $\gamma_{MRC}$  - це миттєве значення SNR на виході суматора MRC на адресаті.

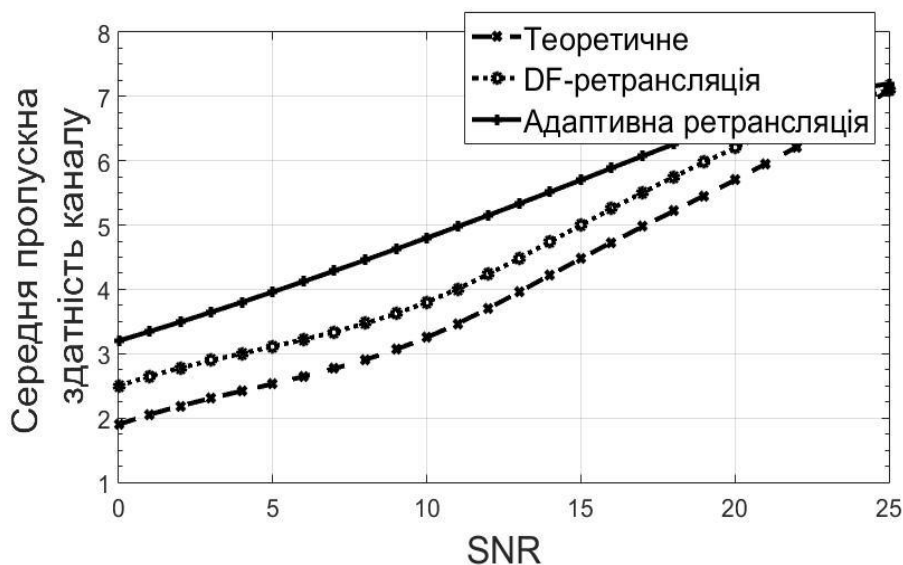


Рис. 2. Середня пропускну здатність каналу.

На рисунку 2 показана середня пропускну здатність каналу для різних протоколів ретрансляції. Для теоретичного значення показана величина, близька до 1,9, для пропускну здатності каналу протоколу DF - 2,5 для 0 дБ та 3,8 для 10 дБ, 6,2–20 дБ тп для протоколу адаптивної ретрансляції ємність каналу 3,2 для 0 дБ , 4,8 для 10 дБ та 6,6–20 дБ.

Запропонована технологія адаптивної ретрансляції для кооперативної системи зв'язку автоматично вибирає реле на основі значення CSI. Це забезпечує більш низьку вартість обчислень для приймальної сторони і менше навантаження на джерело.

### Література

1. Афанасьєва Л.О., Кравчук І.М., Кравчук С.О. Метод кооперативного рознесення // Матер. 10-ї міжнар. наук.-техн. конф. "Проблеми телекомунікацій", 19–22 квітня, 2016 р. – К.: Хімджест, 2016. – С. 257–259.
2. Афанасьєва Л. О. Пропускну здатність каналів з кооперативною ретрансляцією // Матер. 10-ї міжнар. наук.-техн. конф. "Проблеми телекомунікацій", 19–22 квітня, 2016 р. – К.: Хімджест, 2016. – С. 260.
3. Duy T.T., Kong H.-Y. Performance analysis of hybrid decode-amplify-forward incremental relaying cooperative diversity protocol using SNR-based relay selection // IEEE Journal of Communications and Networks. –2012. – № 14(6) . – P. 703–709.