

ЙМОВІРНІСТЬ ПЕРЕРИВАННЯ ЗВ'ЯЗКУ В КОГНІТИВНІЙ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ НА БАЗІ АЕРОПЛАТФОРМИ

Кравчук С.О.

*Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
E-mail: sakravchuk@ukr.net*

Outage probability of communication in a cognitive radio system based on an aeroplatformy

The mathematical model of the multi-stage outage probability of communication is developed, on the basis of which one can estimate the influence of the new (recently) activated system on the existing active system by taking into account the thermal noise and interference occurring in radio channels in one band of shared frequencies.

Функціонування радіосистем в одному спільному спектрі є одним із рішень збільшення пропускної здатності сучасних радіосистем та способів тимчасового задіяння смуг спектру первинного оператора, що в даний момент часу не використовуються [1-3]. Особливо це актуально для системи широкосмугового радіодоступу (СШР), що має значну площу покриття де вона взаємодіє з іншими СШР. Для нашого випадку це телекомунікаційна система на основі висотної аероплатформи (ТСВА) і СШР наземного базування.

Розглянуто сценарій розгортання двох базових станцій, відповідно, на аероплатформі і наземній вежі. Остання формує стільник в межах зони покриття ТСВА і відстоїться від точки проекції висотної станції на поверхню Землі на відстань десятка км. Прийнята направлена антена для висотної станції, яка спрямована до центру зони покриття ТСВА. Усі користувачі випадково розподілені по фіксованим локаціям, а їх антени направлені на свої обслуговуючі базові станції.

Багатоступенева ймовірність відмови є визначальним параметром для оцінки характеристики радіосистеми. На її основі можна оцінити вплив нової (оновленої) активованої системи на існуючу активну систему шляхом врахування теплових шумів та завад, що викають в радіоканалах в одній смузі частот спільного користування. В залежності від активацій системи (визначені як ступені) ймовірність переривання зв'язку може приймати декілька видів. Щоб розрізнити останні в даному сценарії розглянемо ступені, де немає активованих систем як «0», а де одна система активована – як «1». Тоді ступінь «2» - коли буде активована нова система (рис. 1).

Прийmemo P як ймовірність переривання зв'язку і X як позначення користувачьких видів. H і T позначають користувачів ТСВА і наземних систем, відповідно. HT позначає користувачів ТСВА в зоні наземної базової станції, а $TН$ користувачів наземної базової станції в зоні покриття ТСВА.

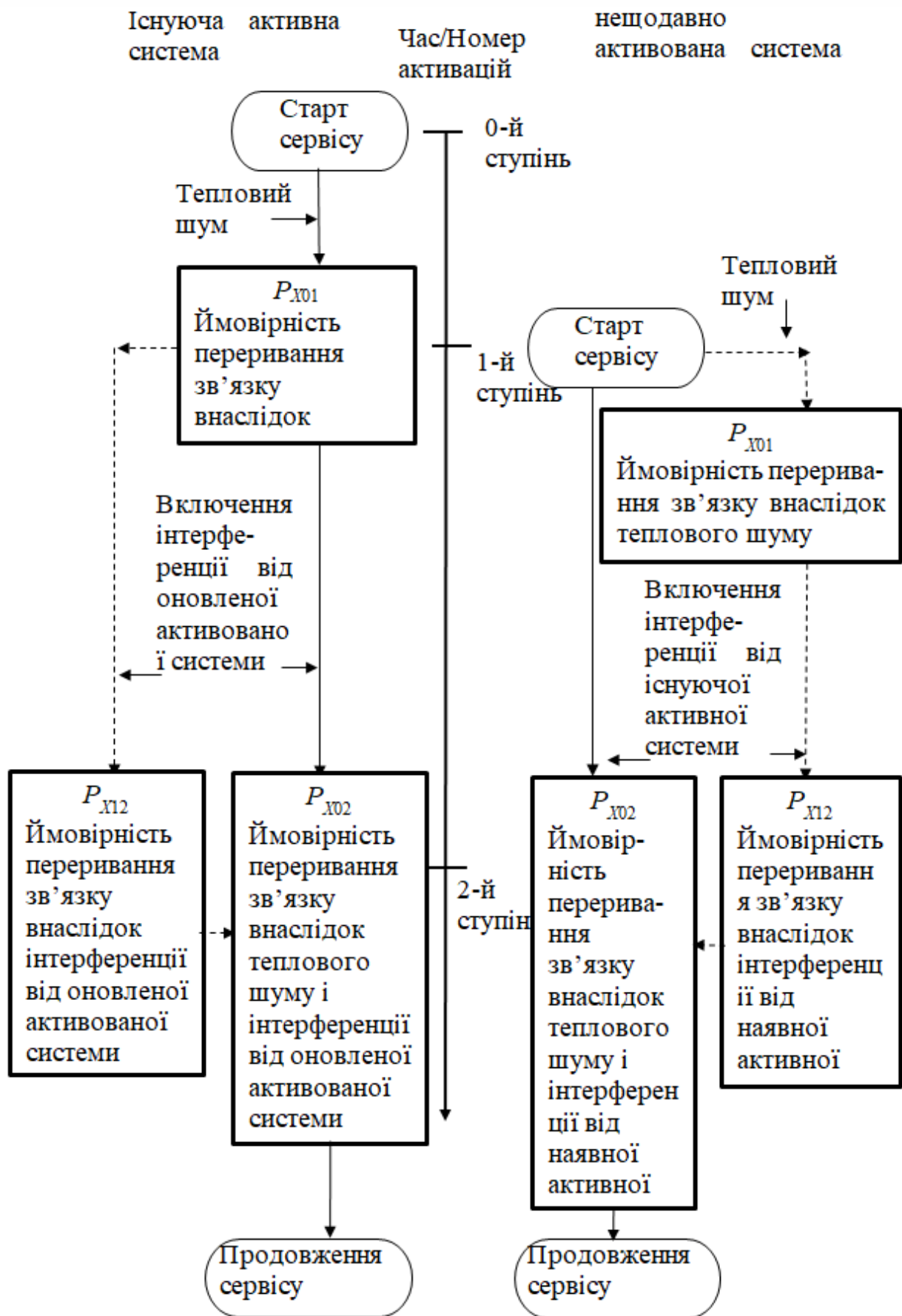


Рис. 1. Ймовірність переривання зв'язку на кожному ступені

Тоді запис P_{X01} позначає ймовірність переривання зв'язку, що обумовлена шумом, а P_{X12} – додаткову ймовірність переривання зв'язку, що обумовлена інтерференцією нової активованої системи; P_{X02} – загальна ймовірність переривання зв'язку. Індекс X відповідає типу користувача (H , T , HT або TH).

Прийmemo множину U_X як множину усіх користувачів певного (X) типу. Множина користувачів в межах U_X , які поточно активні, може бути визначена як $A_{X0} = \{u \in U_X : u \text{ – обслуговування на вимогу}\}$.

Для того, щоб визначити ймовірність переривання зв'язку, що обумовлено шумом (P_{X01}) в розглядаємому діапазоні частот, введемо множину користувачів в межах A_{X0} , для яких значення CNR більше чи рівне мінімальному порозу (T_{rM}) певної модуляційної схеми M .

Загальний вираз для ймовірності переривання зв'язку даного сценарію можна записати у вигляді

$$P_{Xij, \min M} = 1 - |A_{Xj, \min M}| / |A_{Xi, \min M}|; A_{Xi, \min M} \neq \emptyset \quad (1)$$

Індекси i і j відповідають ступеням ймовірності переривання зв'язку ($i < j$).

Для покращення електромагнітного оточення шляхом зменшення ймовірності переривання зв'язку, що зазнають користувачі, нами запропоновано два методи одночасного використання спектру засновані на відношеннях інтерференція/шум (ВІШ) чи несуча/(шум + інтерференція) (ВНІШ), відповідно.

Дані методи можуть змінювати потужність передавача базової станції нещодавно активованої системи при спілкуванні з конкретним користувачем. Метод на базі ВІШ використовує INR(interference to noise ratio)-рівень на вході приймача існуючого діючого користувача як референтний рівень, який задіється для контролю за потужністю передавача радіолінії вниз нещодавно активованої системи. Метод на базі ВНІШ використовує CINR(signal to interference ratio)-рівень на вході приймача діючого користувача в якості референтного рівня, який слугує для контролю потужністю передавача радіолінії вниз нещодавно активованої системи. В сценарії, що розглядається, прийmemo, що в якості первинної системи слугує наземна система радіодоступу, а ТСВА – як вторинна система, що буде активована.

Для аналізу характеристик запропонованих методів було згенеровано множину випадковим чином розташованих користувачів (на фіксованих позиціях) для базових станцій наземної системи та ТСВА. Випадковим чином вибирається один користувач з кожної множини користувачів для формування тестової пари і оцінюємо продуктивність для цієї конкретної пари користувачів. Потім підраховується загальна статистика продуктивності, що базується на результатах, отриманих для всіх пар користувачів (вибірка становила 250 000), де кожна пара являє собою випадково вибрану пару користувачів із двох наборів (наземної системи і ТСВА). Таким чином, отримані результати відображають середню продуктивність по відношенню до відповідних областей покриття.

Розглядаються три різні способи оцінки ефективності схем. Перший направлений на оцінку загальної характеристики відключення (переривання зв'язку) кожної системи з урахуванням як теплового шуму, так і завад від сусідньої системи, що співіснує. Другий спосіб направлений на ту ж оцінку відключення (переривання зв'язку), але тепер в залежності від місця розташування користувача, і, нарешті, третій спосіб оцінює відключення, що викликані в діючій наземній системі, в результаті завад від співіснування з ТСВА. Спрямованість антени користувача значно знижує вплив завад від однієї системи до іншої, і, отже, підвищує продуктивність співіснування. Також для порівняння представлено результати ймовірності переривання зв'язку з різними ширинами променя антен користувачів.

Із результатів моделювання отримано наступне. Не застосовуючи будь-які методи одночасного використання спектру до ТСВА і дозволяючи передавати їй з максимальною потужністю, то ймовірність переривання зв'язку, викликана шумом та завадами від новоствореної системи (P_{02}) користувачів ТСВА, є найнижчою, і це буде найкраща продуктивність ТСВА, яка може бути досягнута.

Таким чином, розроблено два методи та відповідні алгоритми одночасного використання спектру в спадних радіолініях базових станцій висотної аероплатформи і наземних фіксованих широкосмугових систем, призначених для застосування з когнітивними користувацькими радіотерміналами із спрямованими антенами. Дані методи базуються на співвідношенні інтерференція/шум на приймачі користувача. Ширина діаграми спрямованості антени та рівні модуляційної схеми визначає параметри співіснування радіовузлів. Показано, що ефективність спільного існування може бути покращена шляхом задіяння надлишкової потужності передавача наземної системи, що дозволяє існуючій наземній системі знизити додаткові завади від активованої ТСВА.

Розроблено математичну модель багатоступеневої ймовірності переривання зв'язку, на основі якої можна оцінити вплив нової (нещодавно) активованої системи на існуючу активну систему шляхом врахування теплових шумів та завад, що виникають в радіоканалах в одній смузі частот спільного користування.

Література

1. Ільченко М.Ю., Кравчук С.О. Телекомунікаційні системи. – К.: Наукова думка, 2017.
2. Діденко І.В., Кравчук С.О. Канальна оцінка та адаптивна модуляція в системах когнітивного радіо // Матер. 10-ї міжнар. наук.-техн. конф. “Проблеми телекомунікацій”, 19–22 квітня, 2016 р. – К.: Хімджест, 2016. – С. 312–314.
3. Журавель А.С., Кравчук С.О. Безпроводові мережі доступу з динамічним вибором спектру // Матер. 11-ї міжнар. наук.-техн. конф. “Проблеми телекомунікацій”, 18–21 квітня, 2017 р. – К.: Хімджест, 2017. – С. 172–174.