

УДК 621.3.006.357

Коляденко Ю.Ю., Оголюк В.В.

МЕТОД ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ЗОНДУВАННЯ СПЕКТРУ В КОГНІТИВНІЙ МЕРЕЖІ

Основною проблемою спектрального зондування є виявлення первинного користувача в зашумленому середовищі. Це складне завдання особливо при низьких значеннях відношення сигнал/шум (SNR) через загасання сигналу та затінення (рис.1) [1].

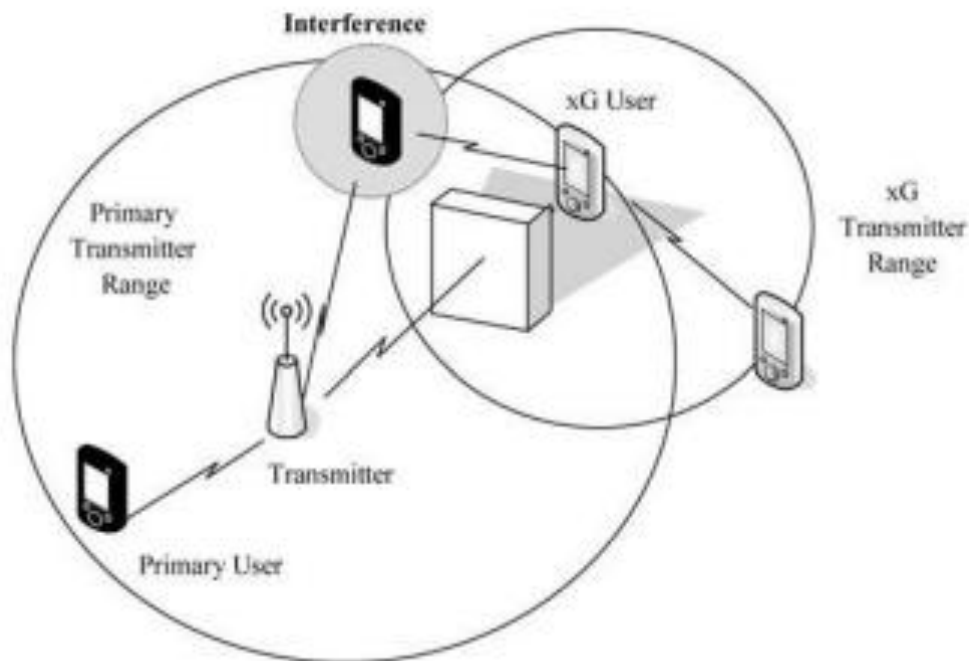


Рисунок 1 - Прихований термінал

Задачу зондування можна охарактеризувати як перевірку гіпотези [2,3]:

$H_0 : y(t) = n(t)$ - первинний користувач відсутній,

$H_1 : y(t) = h(t)s(t) + n(t)$ - первинний користувач працює зі спектром.

де $y(t)$ - прийнятий сигнал, $n(t)$ – шум в момент часу t з дисперсією δ , $s(t)$ - передаваний сигнал, який є автокорельований $E\left[|s(t)|^2\right] \neq 0$, а $h(t)$ - коефіцієнт підсилення або затухання каналу. H_0 та H_1 - це гіпотези про наявність шуму та сигналу відповідно.

Класичні методи використовують виявлену енергію як індикатор присутності сигналу в каналі.

Процес прийняття рішення виглядає наступним чином [2]:

$$\text{Рішення} \begin{cases} E[|s(t)|^2] \leq V_T & H_0, \\ E[|s(t)|^2] > V_T & H_1. \end{cases}$$

де V_T – потужність (дисперсія) шуму. Енергію часто оцінюють сумою, яка є неточною оцінкою особливо коли є невелика кількість відліків [2]:

$$E[|y(t)|^2] \approx \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N |y(t)|^2.$$

Спільні підходи до спектрального зондування використовують інформацію, зібрану всіма приймачами, для визначення наявності сигналу в каналі. Така кооперативна стратегія дозволяє уникнути прихованої термінальної проблеми, в якій передавач когнітивного радіо не в змозі виявити первинного передавача через затінення або затухання, але його передача спричиняє завади для первинної користувацької передачі в первинному приймачеві. Такий сценарій зображено на рис. 2.

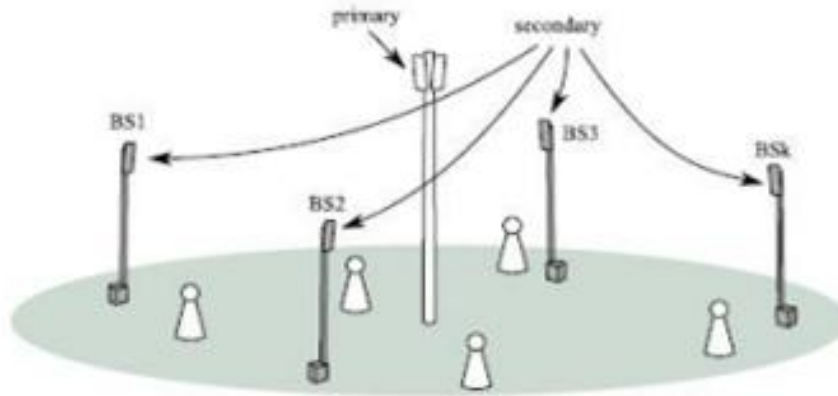


Рисунок 2 - Сценарій централизованого зондування

Оскільки завади виникають у приймачах, можна уникнути завад від основного приймача. Цей метод виявився практичним лише для телевізійних приймачів.

Спільне зондування спектра потребує декількох датчиків, розподілених на великій площі. Його точність залежить від щільності розміщення сенсорів на площі, оскільки низька щільність призводить до того, що дані, отримані сенсорами, є дуже некорельованими.

На продуктивність схеми прийняття рішень впливає також техніка злиття, що використовується для об'єднання інформації з багатьох джерел.

Припустимо, що:

- є K базових станцій зондування когнітивного радіо, які розподілені по місцевості випадковим чином, але їх точні просторові координати відомі. Припустимо, що ці базові станції можуть спілкуватися через проводову мережу і підтримка мережі управління не викликає проблем;

- усі вони здатні використовувати одну і ту ж ділянку спектру.

Визначимо S , матрицю зондування розмірністю $K \times N$, яка визначається N нещодавно зондованих зразків K базових станцій, $y_i(k)$ - k -й зразок, знятий i -ю антеною:

$$S = \begin{pmatrix} y_1(1) & y_1(2) & \dots \\ y_2(1) & y_2(2) & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \end{pmatrix}$$

У випадку H_0 , коли присутній лише шум, внутрішній добуток всіх рядків буде оцінкою автокореляційної функції шуму. Оскільки припускається, що вибірки шуму є взаємно некорельованою, ця величина буде близькою до нуля.

У випадку H_1 , внутрішній добуток рядів буде пропорційний автокореляції передаєних сигналів. Визначимо постійний коефіцієнт підсилення каналу для періоду зондування. Оскільки шум є некорельованим з переданим сигналом, то матимемо:

$$S_m \cdot S_n = \sum_{i=1}^N y_m(i) \times y_n(i) = \sum_{i=1}^N ((h_m s(i) + N_m(i)) \times (h_n s(i) + N_n(i))) \approx \\ \approx h_m h_n \times N \times E[s(t)^2] \quad m \neq n.$$

Таким чином, використовуючи дану схему можливе спільне вимірювання спектру. В цій схемі використано просторову інформацію антен для знаходження спектральних дір в локальних регіонах.

Список використаних джерел

1. L. S. Cardoso, M. Debbah, P. Bianchi, J. Najim, Cooperative spectrum sensing using random matrix theory, IEEE ISWPC, pp. 334338, May 2008.
2. Поповский В.В. Метод обнаружения сигналов первичных пользователей в когнитивных радиосетях / В.В. Поповский, А.В. Коляденко // Радиоелектроніка, інформатика, управління. – 2017. – №2. – С. 7–15. DOI: 10.15588/1607-3274-2017-2-1.
3. Поповский В.В. Сравнительный анализ эффективности алгоритмов обнаружения сигналов при когнитивном распределении ресурсов в сетях мобильной связи / В.В. Поповский, А.В. Коляденко // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоелектроніка». – 2017. – Т. 17, № 2. – С. 33 – 41. DOI: 10.14529/ctcr170203.