

## ОСОБЛИВОСТІ РАДІОІНТЕРФЕЙСІВ НА ОСНОВІ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОЇ КОРЕЛЯЦІЙНОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ

Ковальчук К.П., Мазуренко О.В.

*Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»*

*E-mail: mazurenko.alexander@gmail.com*

### **Special issues of radio interfaces that are based on spatio-temporal correlation signal processing**

Radio interfaces that are based on spatio-temporal correlation signal processing composition and functioning special issues are presented in this paper. Some performance evaluation of this technique is also presented.

*Вступ.* Радіоінтерфейси з кодовим розділенням сигналів (CDMA) на основі кореляційної обробки (КОС) в часовому розумінні, у яких каналоутворення на фізичному рівні відбувається шляхом DSSS за допомогою наборів ортогональних розширюючих послідовностей (ОРП) мають недоліки [1], що не дозволяють повно розкрити можливості цієї технології. Дані недоліки полягають у недосконалих кореляційних властивостях ОРП та в асинхронному режимі передачі сигналу з мобільної станції на базову. Кореляційні властивості визначають можливості CDMA систем для боротьби з усіма видами завад і встановлення надійного багатоканального зв'язку. Асинхронний прийом призводить до появи додаткових міжканальних завад, яка також проявляється як ближньо-дальня проблема (Near-far problem) [1]. Деякі думки щодо вирішення даних проблем наведені в [1], які полягають в веденні вдосконалених систем синхронізації [2] та нового типу канального кодування [3]. Нові підходи до синхронізації дозволяють розширити принципи КОС з часового (Ч-КОС) до просторово-часового (ПЧ-КОС) розуміння. Це дозволяє не тільки кількісно, але і якісно підвищити продуктивність систем на їх основі за рахунок нових можливостей впровадження тривимірного просторового розділення сигналів [2].

*Основна частина.* КОС спрямована на підвищення завадозахищеності каналу передачі сигналу, проте недослідженим залишається її вплив на просторову вибірковість в цілому, адже згідно класичної електродинаміки простір і час є взаємозалежним. ПЧ-КОС можна назвати такий вид обробки, при якому відгук процесора (корелятора) залежить не лише від часових параметрів прийнятого сигналу, а й від просторових параметрів джерела, що його згенерував. Важливим фактором є те, що визначення параметрів синхронізації МС та БС в даних системах залежить від їх взаємного розташування.

Для синтезу принципів нової системи синхронізації, визначаються значення початкових фаз сигналів  $\tau_0$ , що випромінюються  $\uparrow$  та приймаються  $\downarrow$  МС та БС в нинішніх системах зв'язку з кодовим розділенням сигналів не

враховуючи затримки на обробку сигналів і їх проходження в трактах передавачів і приймачів МС/БС. БС випромінює пілот-сигнал з початковою фазою  $\tau_0^{BC\uparrow}=0$ , тоді, сигнал розповсюдившись до МС шляхом довжиною  $d$  прийметься з початковою фазою відносно БС  $\tau_0^{MC\downarrow}=d/c$ , МС налаштувавши власний тактовий генератор на початкову фазу прийнятого пілот сигналу випромінює сигнал з тією ж початковою фазою  $\tau_0^{MC\uparrow}=d/c$ . Тоді, до БС надійде сигнал з початковою фазою  $\tau_0^{BC\downarrow}=2d/c$ , або ще можна сказати, що до БС від МС надійшов сигнал з різницею початкових фаз  $\Delta\tau_0=2d/c$ . для створення умов синхронного прийому в БС необхідно, щоб до неї надходили сигнали від всіх МС з початковою фазою  $\tau_0^{BC\downarrow}=0$  чи з таким значенням  $\tau_0^{BK\Phi 0}$ , при якому ВКФ всіх ОРП рівна нулю. Тоді, при передачі кожна МС повинна зсунути початкову фазу сигналу так, щоб  $\tau_0^{MC\uparrow}=-d/c=T-d/c$ ,  $\tau_0^{MC\uparrow}=\tau_0^{BK\Phi 0}-d/c=T+\tau_0^{BK\Phi 0}-d/c$ . МС підтягують початкові фази генераторів передавачів так, що їх реальні положення у просторі, що сприймається БС стають віртуальними, такими, з яких прийом є синхронним (рис.1).

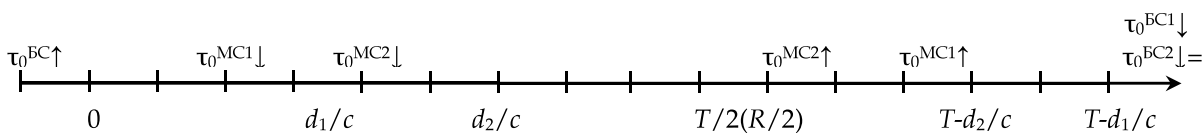


Рисунок 1. Значення початкових фаз МС та БС для синхронного прийому

Відомо [1, 2], що ОРП LAS/ZCZ кодів мають значно кращі кореляційні властивості, ніж існуючі, що проявляються в наявності широких зон нульової кореляції. Це дозволяє при наявності повного синхронного прийому перевикористовувати їх ансамблі часовим зсувом початкових фаз на величину  $\tau_0^{BK\Phi 0}$ , при яких всі ВКФ рівні нулю. Таким чином збільшується канална ємність. В такому разі всі МС, що працюють з оригінальним набором ОРП повинні зсувати початкові фази випромінених сигналів так, щоб вони були когерентні з опорними в БС тобто до  $\tau_0^{MC\uparrow}=-d/c=T-d/c$ . А всі, що працюють з перевикористаним набором ОРП повинні зсувати початкові фази до  $\tau_0^{MC\uparrow}=\tau_0^{BK\Phi 0}-d/c=T+\tau_0^{BK\Phi 0}-d/c$ . Збільшити каналну ємність системи в напрямку від БС до МС можливо таким же чином з врахуванням того факту, що передача від БС до всіх МС є завжди синхронною, тобто для використання зсунутих у часі ОРП необхідно одночасно і на однакову величину зсунути початкові фази переданого БС сигналу і опорного генератора корелятора приймача МС на величину  $\Delta\tau_0=\tau_0^{BK\Phi 0}$ . Таким чином поділки на шкалі рис.1 можна розглядати як підзони обслуговування, що пере використовують ансамбль ОРП. Саме даний принцип синхронізації і формує основу ПЧ-КОС.

Особливістю є те, що LAS/ZCZ коди мають ширшу зону нульової кореляції, якщо використовуються неповні (половинні) ансамблі ОРП. Що призводить до зменшення спектральної ефективності даної системи. Дану проблему можна вирішити застосувавши багатоканальну М-арну бі-ортогональну маніпуляцію (БМБОМ) [3]. При її використанні інформація переноситься не лише в полярності ОРП, а й в її індексі. Спектральна ефективність системи на основі БМБОМ, що використовує половину

ансамблю ОРП – 1, а четверть – 0,75, у порівнянні з 0,5 та 0,25 біт/с/Гц класичної DSSS. При використанні половини ансамблю ОРП його можна пере використати 2 рази а четверті – 4, що не суперечить правилам побудови ортогональних функції, що для класичної DSSS матиме сумарну спектральну ефективність 1, проте використання БМБОМ збільшує її до 2 та 3 біт/с/Гц відповідно при використанні ФМ2 як базової маніпуляції. Порівняння використаної спектральної ефективності БМБОМ та DSSS при максимальній кількості послідовностей в ОРП – 64 відображено на рис.2.

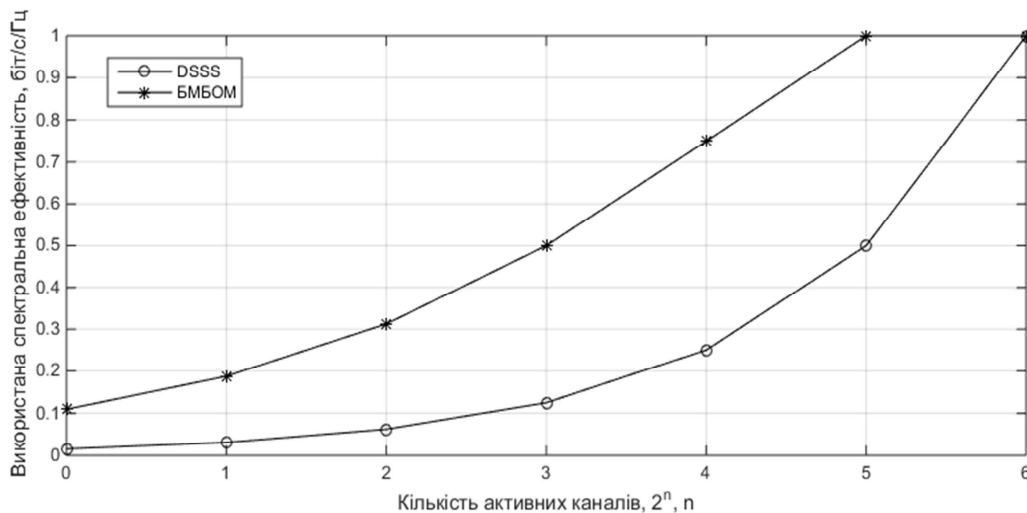


Рисунок 2. Використана спектральна ефективність БМБОМ та DSSS

Особливістю БМБОМ є те що замість базової ФМ2 модуляції вона використовує гібридну амплітудно-фазову АФМ-3 а в квадратурному виконанні АФМ-9 [3]. Для підвищення завадостійкості як і в існуючому варіанті систем CDMA можливе використання двоетапного каналного кодування: на першому етапі LAS/ZCZ кодами, на другому – псевдовипадковими M-послідовностями.

*Висновки.* У роботі представлено комплексне використання нового підходу до синхронізації, що реалізує синхронний прийом у обох напрямках між кореспондуючими станціями та каналного кодування на основі LAS/ZCZ кодів як основи БМБОК. Даний комплекс заходів вирішує проблеми класичних систем CDMA на основі Ч-КОС та переводить її до стану ПЧ-КОС, і є її основою. Використання принципів ПЧ-КОС дозволяє перевикористовувати ансамблі ОРП, що відносно збільшує каналну ємність та спектральну ефективність системи.

#### Література

1. Oleksandr Mazurenko. The new perspective on CDMA problems. // Восьма міжнародна науково-технічна конференція "Проблеми телекомунікацій" (ПТ-14), 22–25 квітня, 2014 р. Збірник тез. К.: НТУУ "КПІ", 2014. – С. 505–507.
2. Mazurenko O.V., Yakornov Y.A. Principles of three dimensional spatial multiplexing in wireless communications. Telecommunication Sciences, 2013, Volume 4, Number 2. - P.47-52.
3. Касьяненко Д.Г., Ковальчук К.П., Мазуренко О.В. Багатоканальне використання «МВОК» модуляції. // Восьма міжнародна науково-технічна конференція "Проблеми телекомунікацій" (ПТ-14), 22–25 квітня, 2014 р. Збірник тез. К.: НТУУ "КПІ", 2014.–С.89–91.