

АЛГОРИТМ ВХОДЖЕННЯ В СИНХРОНІЗМ РАДІОЛІНІЇ З ППРЧ НА ОСНОВІ ВИЗНАЧЕННЯ ФАЗИ М-ПОСЛІДОВНОСТІ

Василенко С.В.

*Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації
Національного технічного університету України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Україна
E-mail: vasylenko.phd@gmail.com*

ALGORITHM OF RADIO LINE SYNCHRONISM ENTERING WITH FHSS ON THE BASIS OF M-SEQUENCE PHASE DETERMINATION

In this paper, based on the method of determining the phase of the M-sequence, an algorithm for synchronizing the radio line with frequency-hopping spread spectrum (FHSS) is proposed, which will increase the reliability of determining the transmitter signal at the frequency controlled by the receiver and minimize the required synchronization time.

Відомо, що системи радіозв'язку спеціального призначення (СРЗ СП) змушені функціонувати у складній радіоелектронній обстановці, яка зумовлюється як природними так і навмисними завадами, що діють в каналі. Ефективним засобом захисту СРЗ СП від навмисних завад є використання сигналів з розширеним спектром [1].

Відомо, що прийом та обробка широкосмугових сигналів, вимагає точної синхронізації між опорною псевдовипадковою послідовністю (ПВП) передавача та прийнятою ПВП. Оскільки у реальних умовах точний момент приходу сигналу на вхід приймача невідомий, то на приймальній стороні повинні бути вжиті заходи для співпадиння у часі опорної й прийнятої ПВП та підтримці цього стану під час передачі повідомлення. Необхідні міри покладаються на систему синхронізації [2–3].

Одним з можливих шляхів підвищення ймовірності вірної синхронізації є зниження інформаційної швидкості передачі циклової синхропослідовності, що відкриває можливості застосування методів надлишкового кодування. Однак, при великих довжинах регістрів генератора ПВП, зростає складність декодерів (що часто є неприйнятним), а при ймовірності помилки на двійковий символ порядку 10^{-1} , яка є типовою для УКХ-радіоліній, ефективність застосування надлишкового кодування катастрофічно знижується [4].

Принципово нові можливості циклової синхронізації відкриваються при використанні методу розширення спектру шляхом псевдовипадкового переналаштування робочої частоти (ППРЧ). При цьому однією з важкорозв'язних залишається проблема їх синхронізації, якій присвячено досить велику кількість робіт [5–8]. Враховуючи різноманіття завдань, що ставляться до системи синхронізації радіолінії з ППРЧ, питання подальшої розробки конкретних алгоритмів входження в синхронізм продовжують залишатися актуальними.

Припускаючи, що номер частотної позиції у двійковій формі містить інформацію про декілька субелементів послідовності, то для правильного визначення значень цих субелементів досить визначити номер частоти передачі кореспондента. У свою чергу, ймовірність правильного визначення номера частоти передачі може бути отримана скільки завгодно високою, наприклад, за допомогою передачі додаткової послідовності необхідної довжини з “гарними” кореляційними властивостями, що виконує завдання тактової синхронізації на частоті випромінювання.

При такому підході зазначена додаткова послідовність виконуватиме одночасно два завдання - початкової тактової синхронізації та необхідного підвищення достовірності визначення номера частоти передачі (що еквівалентно прийому декількох субелементів послідовності, що є двійковим номером частоти передачі).

Оскільки визначення номера однієї частоти передачі при числі частот меншому 2^n не дасть всієї інформації про синхропослідовність довжиною n , необхідно визначити кілька номерів частот передачі. Враховуючи той факт, що структура генератора ПВП на приймальній стороні відома, для циклової синхронізації в межах одного періоду достатньо прийняти таку кількість сигналів передавача на різних частотах (номерів частот), щоб сума символів двійкових номерів частот передачі, що не перетинаються, була не менше довжини n регістра генератора ПВП.

Розглядаючи алгоритм входження в синхронізм, що ґрунтується на описаному вище способі визначення фази M -послідовності, передавач посиляє на кожній частотній позиції синхросигнал, який у певний момент часу t_0 на інтервалі T_i співпадає з частотою приймача та здійснить тактову синхронізацію, тим самим ідентифікуючи адресу та визначить деякий сегмент послідовності вектору $x^{i\omega}$ довжиною n . Після чого приймач переналаштується на наступну робочу частоту, відповідно до закону отриманої послідовності.

З метою аналізу двох частот, можуть застосовуватися або два приймачі, що здійснюють переналаштування на різних частотах, або один приймач, що переналаштовується послідовно на обидві можливі частоти. У випадку використання одного приймача передавач змушений передавати сигнал на одній частоті два рази (рис. 1).

У випадку коли на обох частотах спостерігається високий рівень завади, а сигнал передавача на $(i+1)$ -ому такті не прийнятий, приймач переналаштовується на “кращу” частоту і на $(i+1)$ -ому такті (де l - число тактів до чергового успішного прийому сигналу передавача), визначається сегмент деякого вектору $x^{(i+l)}$. Після чого приймачі переналаштовуються по черзі на ці частоти, а передавач випромінює сигнал на одній частоті двічі. У випадку вдалого прийому сигналу передавача буде прийнятий ще один субелемент вектору $x^{(i+l+1)}$. Далі знову відбувається переналаштування приймачів і так далі.

У випадку неприйняття сигналу передавача приймач переналаштовується на “кращу” частоту і при черговому співпадині частот здійснює прийом синхропослідовності.

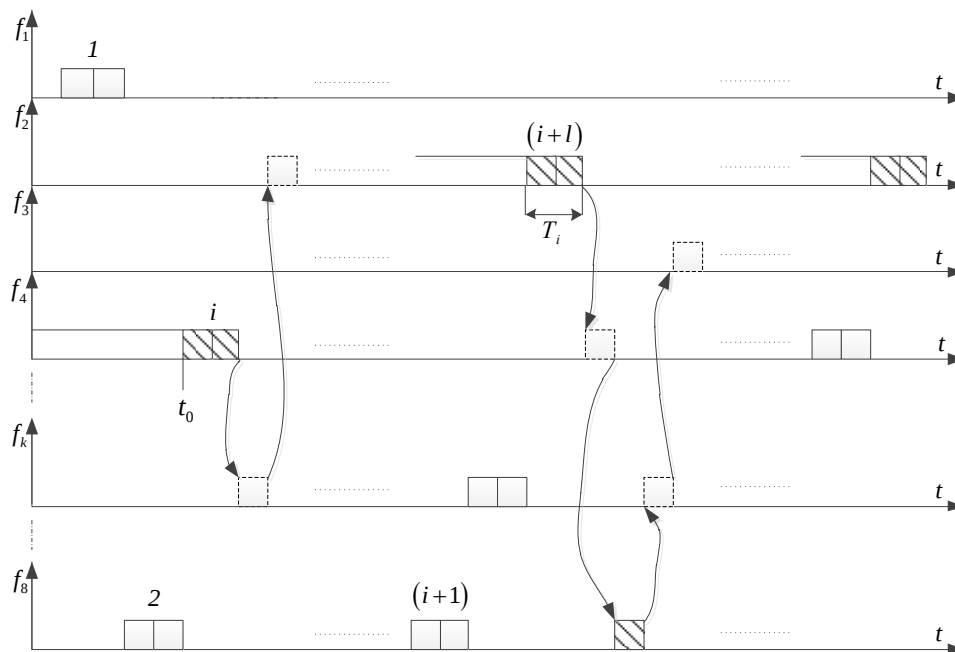


Рис. 1. Часові діаграми циклової синхронізації приймача радіолінії з ППРЧ.

Запропонований алгоритм входження в синхронізм дозволить на основі декількох прийнятих наборів відрізків M -послідовності, сума символів яких не менше довжини регістра генератора ПВП, однозначно визначити всю M -послідовність на будь-якому $(i+1)$ -ому такті роботи, що в свою чергу дозволить підвищити достовірність визначення номеру частоти передачі та зменшити час входження в синхронізм передавача радіолінії з ППРЧ.

Література

1. Борисов В. И., Зинчук В. М. Помехозащищенность систем радиосвязи. Вероятностно-временной поход. Москва : *Радиософт*, 2008. С 260.
2. Лосев В. В., Бродская Е. Б., Коржик В. И. Поиск и декодирование сложных дискретных сигналов. Москва : *Радио и связь*, 1988. С 224.
3. Свириденко С. С. Основы синхронизации при приеме дискретных сигналов. Москва : *Связь*, 1974. С 144.
4. Кларк Дж. мл., Кейн Дж. Кодування з виправленням помилок у системах цифрового зв'язку. Пер. з англ. Москва : *Радио і зв'язок*, 1987. С. 392.
5. Міщенко В. Г., Єрохін В. Ф. Методика оцінки завадозахищеності алгоритмів входження в синхронізм радіолінії з псевдовипадковим перелаштуванням радіочастоти. *Захист інформації*. 2001. № 2. С. 32–59.
6. Березюк М. В. Завадозахищеність синхронізації радіолінії з ППРЧ та фіксованим набором частот входження. *Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення* : зб. матеріалів IV наук.-практ. семін. Київ : ВІТІ НТУУ “КПІ”, 2007. С. 58.
7. Чуднов А. М. Об адаптивных алгоритмах псевдослучайного переключения рабочих частот радиолиний в условиях случайных и преднамеренных помех *Журнал радиоэлектроники*. 2015. № 4.
8. Нагорнюк О. А. Метод автоматичного визначення часових параметрів радіосигналів із псевдовипадковим перестроюванням робочої частоти на фоні вузькосмугових перешкод. *Збірник наукових праць ЖВІ*. 2018. Вип. 15. С. 53–64.