

Артем Олексійович Москаленко (кандидат технічних наук)¹

Юрій Вікторович Глуховець (кандидат технічних наук, доцент)¹

Василь Володимирович Варич (кандидат технічних наук, доцент)¹

Сергій Олександрович Івко (кандидат технічних наук)²

¹Полтавський інститут бізнесу ПВНЗ «Міжнародний науково-технічний університет імені академіка Юрія Бугая», Полтава, Україна

²Військовий коледж сержантського складу Військового інституту телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут, Полтава, Україна

МЕТОДИКА ЗАСТОСУВАННЯ СИГНАЛІВ УДОСКОНАЛЕНОЇ МОДУЛЯЦІЇ ЦИКЛІЧНИМ ЗСУВОМ КОДУ З АДАПТАЦІЄЮ ПО ШВИДКОСТІ ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ В ПЕРСПЕКТИВНИХ РАДІОІНТЕРФЕЙСАХ

В роботі представлено результати аналізу напрямів розвитку систем радіозв'язку спеціального призначення. Запропоновано методику застосування сигналів удосконаленої модуляції циклічним зсувом коду з адаптацією по швидкості передавання інформації в перспективних радіоінтерфейсах. Розглянуто порядок оцінювання середовища розповсюдження радіохвиль та передавання і прийом сигналів управління; моделі формування та кореляційної обробки сигналів удосконаленої модуляції циклічним зсувом коду з адаптацією по швидкості передавання інформації.

Запропонована методика застосування сигналів удосконаленої модуляції циклічним зсувом коду з адаптацією по швидкості передачі інформації в перспективних радіоінтерфейсах. Використання запропонованої методики застосування сигналів удосконаленої модуляції циклічним зсувом коду з адаптацією по швидкості передачі інформації в перспективних радіоінтерфейсах дозволить забезпечити високу пропускну здатність та спектральну ефективність, для даних умов розповсюдження радіохвиль.

Ключові слова: модуляція циклічним зсувом коду; методи адаптивної модуляції; радіоінтерфейс.

Вступ

Постановка проблеми. В умовах, коли розвиток науки і технологій дозволяє постійно вдосконалювати системи озброєння, бойову та спеціальну техніку, різко змінюються форми і способи ведення бойових дій, зростає кількість і ускладнюється характер зв'язків між підрозділами силових структур, до їх управління пред'являються більш високі вимоги.

Постійно збільшується обсяг завдань управління, кількість необхідної для їх вирішення вихідної інформації, значно скорочується час циклів управління. Тому зростають вимоги до забезпечення командирів і штабів стійким, безперервним, оперативним та прихованим зв'язком, підвищенням його захищеності, мобільності і пропускну здатності.

Крім того, сучасні системи радіозв'язку спеціального призначення функціонують в умовах дефіциту радіоресурсу та активного радіоелектронного подавлення.

Для забезпечення вищезгаданих завдань та викликів, перспективні системи радіозв'язку спеціального призначення повинні створюватися на основі адаптивних радіотехнологій та мати

здатність зміни випромінюваної потужності і несучих частот в залежності від завадової обстановки і умов розповсюдження радіохвиль в даних умовах та використовуваних частотних діапазонах.

Крім того, відповідно до Концепції розвитку телекомунікацій в Україні [1], одним із основних напрямів розвитку телекомунікацій в Україні є: розвиток широкосмугового абонентського доступу з використанням перспективних технологічних рішень.

Тому тема дослідження є досить актуальною у наш час.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботах [2] розглянуті питання синтезу сигналів удосконаленої модуляції циклічним зсувом коду з адаптацією по швидкості передачі інформації, запропонований алгоритм їх кореляційної обробки, приведені правила формування сигналів адаптивної модуляції циклічним зсувом коду з адаптацією по швидкості передачі інформації та правила функціонування пристрою вирішення цифрового кореляційного приймача сигналів адаптивної CSSK-модуляції.

здійснюється вибір сигналу із сформованого алфавіту, що підлягає подальшому передаванню. Вхідними даними для цього процесу є оцінене значення співвідношення сигнал\шум та вхідні інформаційні біти джерела повідомлення. Приклад правил формування сигналів удосконаленої модуляції циклічним зсувом коду з адаптацією по швидкості передавання інформації приведено на

рис. 3. У даному прикладі, генератор кодів послідовностей генерує двовимірні послідовності. У пристрої формування алфавіту сигналів здійснюється циклічна перестановка двовимірної послідовності, перетворення в одновимірну послідовність шляхом розгортання двовимірної по рядкам.

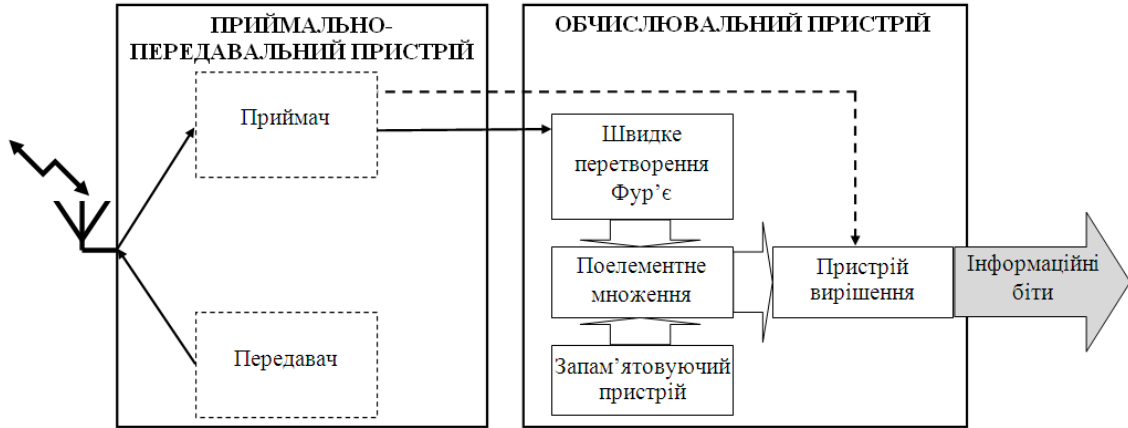


Рис. 2. Порядок прийому сигналів удосконаленої модуляції циклічним зсувом коду з адаптацією по швидкості передавання інформації

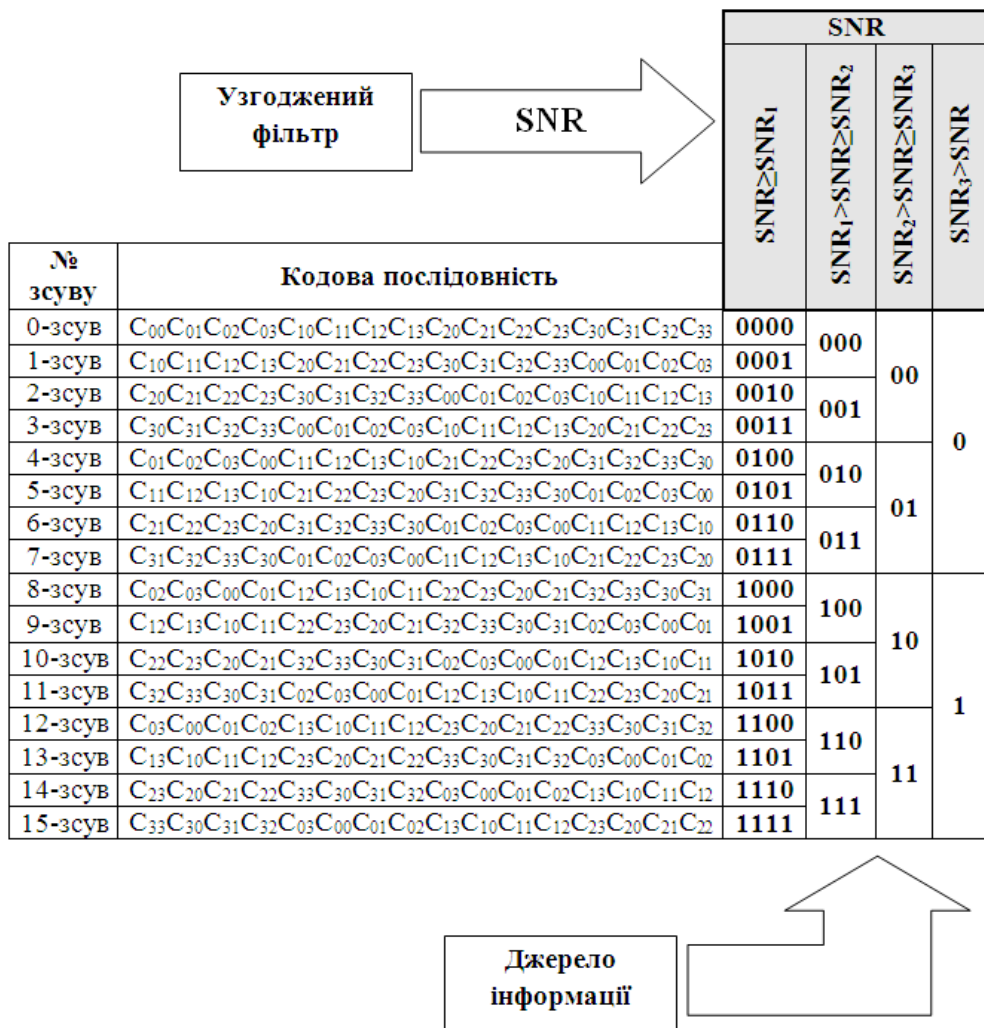


Рис. 3. Приклад правил формування сигналів удосконаленої модуляції циклічним зсувом коду з адаптацією по швидкості передавання інформації

Для даного прикладу у пристрої управління зберігаються заздалегідь уведені значення SNR_1 , SNR_2 та SNR_3 . SNR (Signal-to-noise ratio) – співвідношення сигнал/шум визначається як відношення потужності сигналу (значимої інформації) до потужності фонового шуму у даній смузі частот. Якщо значення SNR , що надійшло від узгодженого фільтру, більше або рівне значенню SNR_1 , що зберігається в пристрої управління, потік інформаційних біт розбивається на четвірки біт. Кожній четвірці відповідає одне значення послідовності алфавіту сигналів (рис. 3). Далі відбувається вибір необхідної послідовності з подальшою її передачею.

Якщо SNR знаходиться в межах

$SNR_1 > SNR \geq SNR_2$, то потік інформаційних біт розбивається на трійки біт. Кожній трійці відповідає два значення послідовності алфавіту сигналів (рис. 3). Далі відбувається вибір необхідної послідовності з подальшою її передачею. При подальшому зменшенні значення SNR формування сигналів відбувається аналогічним чином.

Модель кореляційної обробки сигналів удосконаленої модуляції циклічним зсувом коду з адаптацією по швидкості передавання інформації

Приклад кореляційної обробки сигналів удосконаленої модуляції циклічним зсувом коду з адаптацією по швидкості передавання інформації приведено на рис. 4.

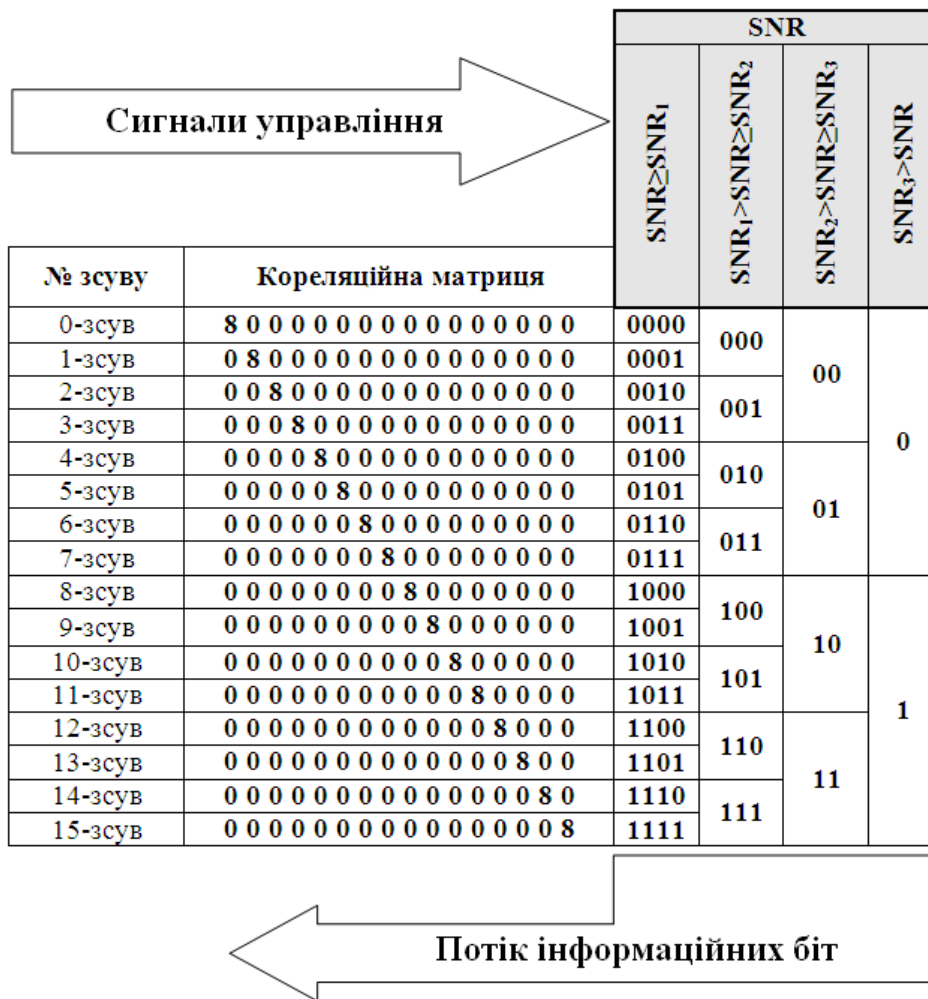


Рис. 4. Приклад кореляційної обробки сигналів удосконаленої модуляції циклічним зсувом коду з адаптацією по швидкості передавання інформації

В тракці прийому сигнали управління надходять з приймача на пристрій вирішення обчислювального пристрою (рис. 3).

Порядок кореляційної обробки запропонованих сигналів є аналогічним обробці сигналів з модуляцією циклічним зсувом коду [5]. Різниця полягає у принципі роботи пристрою вирішення.

В даному випадку прийнятий сигнал управління надходить з приймача на пристрій вирішення. Для даного прикладу сигнал управління буває 4 типів:

- перший тип – $SNR \geq SNR_1$;
- другий тип – $SNR_1 > SNR \geq SNR_2$;
- третій тип – $SNR_2 > SNR \geq SNR_3$;
- четвертий тип – $SNR_3 > SNR$.

При надходженні сигналу управління першого типу кожний із шістнадцяти стовпів кореляційної матриці відповідає одній, із шістнадцяти можливих, комбінацій четвірок біт, яка і надходить на інформаційний вихід пристрою (рис. 4).

Якщо з приймача надійшов сигнал управління

другого типу два стани кореляційної матриці відповідають одній, із восьми можливих, комбінацій трійок біт, яка і надходить на інформаційний вихід пристрою. Слід зазначити: стани кореляційної матриці для різних трійок біт не дублюються.

При подальшому зменшенні значення SNR кореляційна обробка сигналів відбувається аналогічним чином.

Висновки й перспективи подальших досліджень

В роботі проведено аналіз напрямів розвитку систем радіозв'язку спеціального призначення. Запропоновано методику застосування сигналів удосконаленої модуляції

циклічним зсувом коду з адаптацією по швидкості передавання інформації в перспективних радіо інтерфейсах.

Використання запропонованої методики застосування сигналів удосконаленої модуляції циклічним зсувом коду з адаптацією по швидкості передачі інформації в перспективних радіоінтерфейсах дозволить забезпечити високу пропускну здатність та спектральну ефективність, для даних умов розповсюдження радіохвиль.

Напрямок подальших досліджень є дослідження завадостійкості, структурної та енергетичної скритності запропонованих сигналів.

Література

1. Концепція розвитку телекомунікацій в Україні, схвалена Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 7 червня 2006 р. № 316-р. 2. **А.О. Москаленко, Г.В. Сокол, Н.В. Рвачова, Т.В. Буряк, Ю.В. Глуховець, В.В. Варич.** Перешкодостійкість сигналів модуляції циклічним зсувом коду з адаптацією по швидкості передачі інформації. *Системи управління, навігації та зв'язку.* Київ. 2018. № 3(49). С. 175-180. 3. **А.О. Москаленко, С.В. Волошко, І.І. Слюсарь** Перешкодостійкість сигналів удосконаленої модуляції циклічним зсувом коду з адаптацією по швидкості передачі інформації в умовах багатопробного

розповсюдження радіохвиль. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони.* Київ. 2015. № 2 (23). С. 35–39. 4. **А.А. Москаленко, Г.В. Сокол** Метод синтеза сигналов усовершенствованной модуляции циклическим сдвигом кода с адаптацией по скорости передачи информации. *Інформаційно керуючі системи на залізничному транспорті.* Харків. №3 (100). 2013. С. 71-75. 5. **G.M. Dillard et all.,** Cyclic Code Shift Keying: A Low Probability of Intercept Communication Technique // *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Systems.,* vol. AES-39, July 2003, pp. 786 -798.

МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ СИГНАЛОВ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ МОДУЛЯЦИИ ЦИКЛИЧЕСКИМ СДВИГОМ КОДА С АДАПТАЦИЕЙ ПО СКОРОСТИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В ПЕРСПЕКТИВНЫХ РАДИОИНТЕРФЕЙСА

Артем Алексеевич Москаленко (кандидат технічних наук)¹

Юрий Викторович Глуховец (кандидат технічних наук, доцент)¹

Василий Владимирович Варыч (кандидат технічних наук, доцент)¹

Сергей Александрович Ивко (кандидат технічних наук)²

¹ *Полтавский институт бизнеса ПВУЗ «Международный научно-технический университет имени академика Юрия Бугая», Полтава, Украина*

² *Военный колледж сержантского состава Военного института телекоммуникаций и информатизации имени Героев Крут, Полтава, Украина*

В работе представлены результаты анализа направлений развития систем радиосвязи специального назначения. Предложена методика применения сигналов усовершенствованной модуляции циклическим сдвигом кода с адаптацией по скорости передачи информации в перспективных радиоинтерфейсах. Рассмотрен порядок оценки среды распространения радиоволн и передачи и приеме сигналов управления; модели формирования и корреляционной обработки сигналов усовершенствованной модуляции циклическим сдвигом кода с адаптацией по скорости передачи информации.

Предложенная методика применения сигналов усовершенствованной модуляции циклическим сдвигом кода с адаптацией по скорости передачи информации в перспективных радиоинтерфейсах. Использование предлагаемой методики применения сигналов усовершенствованной модуляции циклическим сдвигом кода с адаптацией по скорости передачи информации в перспективных радиоинтерфейсах позволит обеспечить высокую пропускную способность и спектральную эффективность, для данных условий распространения радиоволн.

Ключевые слова: *модуляция циклическим сдвигом кода методы адаптивной модуляции; радиоинтерфейс.*

METHODS OF APPLICATION OF SIGNALS OF ADVANCED MODULATION BY CYCLIC SHIFT OF THE CODE WITH ADAPTATION ON SPEED OF INFORMATION TRANSMISSION IN PERSPECTIVE RADIO INTERFACES

Artem Moskalenko (Candidate of Technical Sciences)¹
Jurij Ghluhovecj (Candidate of Technical Sciences, Associate Professor)¹
Vasyly Varych (Candidate of Technical Sciences, Associate Professor)¹
Serghij Ivko (Candidate of Technical Sciences)²

¹ *Poltava Institute of Business, Poltava Higher Educational Institution «Yuri Bugai International Scientific and Technical University», Poltava, Ukraine*

² *Military College of NCOs of the Military Institute of Telecommunications and Informatics named after Kruty Heroes, Poltava, Ukraine*

This paper presents the results of the analysis of the directions of development of special purpose radio communication systems. The method of application of signals of advanced modulation by cyclic shift of the code with adaptation on speed of information transmission in perspective radio interfaces is offered. The procedure of estimation of radio wave propagation medium and transmission and reception of control signals is considered; models of formation and correlation processing of signals of advanced modulation by cyclic shift of code with adaptation on the speed of information transmission.

The technique of application of advanced modulation signals by cyclic code shift with adaptation on the speed of information transmission in perspective radio interfaces is offered. The use of the proposed method of application of signals of advanced modulation by cyclic shift of the code with adaptation on the speed of transmission of information in perspective radio interfaces will allow to provide high bandwidth and spectral efficiency, for these conditions of radio wave propagation.

Key words: *cyclic code shift modulation; methods of adaptive modulation; radio interface.*

References

1. Концепція розвитку телекомунікацій в Україні, схвалена Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 7 червня 2006 р. № 316-р.
2. **A.O. Moskalenko, Gh.V. Sokol, N.V. Rvachova, T.V. Burjak, Ju.V. Ghluhovecj, V.V. Varych.** Pereshkodostijkistj syghnaliv moduljaciji cyklichnym zsumom kodu z adaptacijeu po shvydkosti peredachi informaciji. *Systemy upravlinnja, navighaciji ta zv'jazku.* Kyjiv. 2018. № 3(49). S. 175-180.
3. **A.O. Moskalenko, S.V. Voloshko, I.I. Sljusarj** Pereshkodostijkistj syghnaliv udoskonalenoji moduljaciji cyklichnym zsumom kodu z adaptacijeu po shvydkosti peredachi informaciji v umovakh baghatopromenevogho rozpovsjudzhennja radiokhvylyj. *Suchasni informacijni tekhnologhiji u sferi bezpeky ta oborony.* Kyjiv. 2015. № 2 (23). S. 35–39.
4. **A.A. Moskalenko, Gh.V. Sokol** Metod synteza syghnalov usovershenstvovannoj moduljacyy cyklycheskym sdvyghom koda s adaptacyej po skorosty peredachy ynformacyy. *Informacijno kerujuchi systemy na zaliznychnomu transporti.* Kharkiv. №3 (100).2013.S.71-75.
5. **G.M. Dillard et all.** Cyclic Code Shift Keying: A Low Probability of Intercept Communication Technique // *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Systems.*, vol. AES-39, July 2003, pp. 786 -798.