

УДК 621.396

А. В. КРИЖНИЙ, доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник Наукового центру зв'язку Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Державного університету телекомунікацій, м. Київ

Т. Г. ГУРСЬКИЙ, кандидат технічних наук, доцент кафедри бойового застосування засобів радіозв'язку Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Державного університету телекомунікацій, м. Київ

С. О. КЛІМОВИЧ, ад'юнкт науково-організаційного відділу Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Державного університету телекомунікацій, м. Київ

АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ РАДІОЗВ'ЯЗКУ З ВИКОРИСТАННЯМ КОДОВОГО РОЗДІЛЕННЯ КАНАЛІВ

У статті проведено аналіз стандартів стільникового радіозв'язку та широкосмугового радіодоступу, що використовують широкосмугові сигнали, визначено їх основні недоліки при застосуванні у системах радіозв'язку спеціального призначення.

Ключові слова: радіозв'язок, радіодоступ, широкосмугові сигнали, пряме розширення спектра, кодовий розподіл каналів, системи спеціального призначення.

Постановка проблеми у загальному вигляді. У сучасних телекомунікаційних системах знаходять широке використання широкосмугові сигнали [1]. Основними перевагами їх використання порівняно із вузькосмуговими є висока завадозахищеність, низька ймовірність виявлення процесу передачі інформації (висока прихованість), підвищення безпеки при передаванні інформації, можливість цифрової обробки прийнятих сигналів та організації схеми множинного доступу з кодовим розподілом каналів [1, 2].

Переваги широкосмугових сигналів роблять їх дуже привабливими для використання у спеціальних телекомунікаційних системах силових структур, надійне функціонування яких повинне забезпечуватись в умовах складної радіоелектронної обстановки, в першу чергу, унаслідок можливої постановки навмисних завад.

Розширення спектра сигналів здійснюється двома основними методами:

псевдовипадкове перестроювання робочої частоти (ППРЧ), що передбачає зміну частоти, несучої в межах заданої смуги між окремими частотними каналами;

пряме розширення спектра сигналів (*DSSS* – direct spread spectrum system), що здійснюється шляхом кодування кожного біта інформаційного потоку унікальною псевдовипадковою послідовністю (ПВП).

У системах радіозв'язку (СРЗ) спеціального призначення широко використовується метод ППРЧ. Прикладами можуть слугувати вітчизняні станції Р-002, Р-005, Р-030, Р-1150, радіостанції комплексів Російської федерації “Акведук” та “Абзац”. В СРЗ загального користування ППРЧ використовується у технології *Bluetooth*. Технологія *DSSS* знайшла застосування у системах з кодовим розділенням каналів *cdmaOne*, *cdma2000*, *WCDMA*, а також у стандартах безпроводового доступу *WiFi 802.11 b, g*, *ZigBee 802.15.4* [1, 2].

Безперечною перевагою систем з ППРЧ є можливість повністю позбутися впливу завмирань унаслідок багатопроменевого поширення радіохвиль при умові, що час запізнення більший за час роботи на одній частоті.

Проте, система з ППРЧ є по суті вузькосмуговою: у кожний момент часу випромінюється сигнал зі спектральною щільністю, що значно перевищує шум у каналі. Тому приховати факт передачі інформації від сучасних засобів радіорозвідки практично неможливо.

У той же час, системи з прямим розширенням здатні працювати в умовах, коли відношення сигнал/шум (ВСШ) на вході приймача менше 1, що практично унеможливує противнику виявлення роботи СРЗ. Виграш у завадозахищеності пропорційний величині бази сигналу – коефіцієнту розширення спектра [1, 2].

Таким чином, використання *DSSS* у перспективних спеціальних телекомунікаційних системах видається більш перспективним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми та на які опираються автори. Слід зазначити, що технологія прямого розширення спектра із самого початку розроблялася для використання у військових системах, а всі роботи у цій області були закритими. Існуючі стандарти загального користування, що використовують технологію прямого розширення спектра для організації кодового розділення каналів, докладно описані в літературі [1–6].

Метою статті є аналіз характеристик існуючих стандартів, що використовують широкосмугові сигнали з прямим розширенням, та визначення можливості їх застосування в перспективних системах радіозв'язку спеціального призначення.

Виклад основного матеріалу дослідження. До основних характеристик *CDMA* стандартів належать такі: діапазони частот базової (БС) та мобільної станцій (МС); ширина спектра; тактова частота ПВП; вид модуляції; особливості організації множинного доступу; види ортогональних кодів та розширювальних послідовностей; види завадостійкого кодування з параметрами довжини кодового обмеження K та швидкості R ; тривалість кадру; схема пе-

ремежування; схема управління потужністю та точність відповідного управління; метод пошуку стільника мобільної станції; схема синхронізації; сумісність з іншими стандартами.

У таблиці 1 наведено дані за зазначеними характеристиками для стандартів *cdmaOne* (IS-95), *cdma-2000*, *WCDMA* [1-6].

Розглянемо детальніше деякі з указаних характеристик.

Тактова частота ПВП визначає технічну швидкість слідування радіоімпульсів у каналі (так звана чіпова швидкість). За рахунок її кратності забезпечується сумісність між стандартами *cdmaOne* та *cdma-2000*. У той же час для *WCDMA* передбачено сумісність з *GSM* мережами, що широко розповсюджені в Європі [5] та забезпечено можливість використання двоережимних терміналів.

Таблиця 1

Характеристика	cdmaOne	cdma-2000	WCDMA
1	2	3	4
Діапазон частот на передачу для МС, МГц	824,040...848,860	824...849; 1920...1980	1920...1980
Діапазон частот на передачу для БС, МГц	869,040...893,970	8 6 9 ... 8 9 4 ; 2110...2170	2110...2170
Ширина спектра випромінюваного сигналу, МГц	1,25 – базова	3,75 – базова (1,25×N, де N = 1, 3, 6, 9, 12)	5 – базова (5×N, де N = 1, 2, 4)
Пропускна спроможність (максимальна), кбіт/с	115,2	384...4000/ (для різних модифікацій стандарту)	4000
Тактова частота ПВП, МГц	1,2288	3,6864 – базова (1,2288×N, де N = 1; 3; 6; 9; 12)	3,84 – базова; (7,78; 15; 56)
Кількість каналів	64	120	95
Вид модуляції МС/БС	O-QPSK / QPSK	BPSK / QPSK	BPSK / QPSK
Метод множинного доступу	DS-CDMA	MC-CDMA, DS-CDMA	DS-CDMA

1	2	3	4
Ортогональні коди	Коди Уолша	Коди Уолша, квазі-ортогональні коди	Ортогональні коди змінної величини
Розширювальні послідовності БС, МС	Коротка 2^{15} біт Довга $2^{42} - 1$ біт	Коротка 2^{15} біт Довга $2^{42} - 1$ біт	Коди Голда
Заводостійке кодування інформації в каналах передачі	Згорточний код ($K = 9, R = 1/2;$ $1/3$)	Згорточний код ($K = 9, R = 1/2; 1/3;$ $1/4$); турбокод ($K = 4$)	Згорточний код ($K = 9;$ $R = 1/2; 1/3$); код Ріда-Соломона; турбокод ($K = 3$)
Тривалість кадру, мс	20	5/20	10/20/40/80
Точність управління потужністю передавача, дБ	0,5	0,25/0,5/1,0	0,25 – 1,5
Метод пошуку стільника	За пілот-сигналом	За пілот-сигналом	Трьохетапний пошук
Джерело синхронізації базових станцій	GPS	GPS	Асинхронна передача (можлива синхронна)
Сумісність	Із <i>cdma-2000</i>	Із <i>cdmaOne</i>	Із <i>GSM</i>
Позначення видів модуляції: <i>BPSK</i> – binary phase shift keying – двійкова фазова маніпуляція; <i>QPSK</i> – quadrature phase shift keying – квадратурна фазова маніпуляція; <i>O-QPSK</i> – offset <i>QPSK</i> – <i>QPSK</i> зі зсувом).			

Метод множинного доступу. Доповненням до кодового розділення каналів (*CDMA* – *code division multiple access*) є частотне планування мережі. Крім цього, у стандарті *cdma-2000* використовується метод, що поєднує технології *CDMA* та ортогональне частотне розділення з мультиплексуванням – *OFDM* (*orthogonal frequency division multiplexing*). Тому передавач *MC-CDMA* (*MC* – *multi carrier*) розширює вихідні сигнали на різних піднесучих, використовуючи різні смуги частот зі вказівкою розширювальній кодовій послідовності в запиті частоти [5].

Ортогональні коди (Уолша та інші) застосовуються для розширення спектру частот й формування адресних послідовностей в прямому каналі (від БС до МС) [7].

Розширювальні послідовності. У теорії інформації та кодування є відомою достатньо велика кількість різних типів кодів та послідовностей [4, 7]. Проте, лише обмежена кількість із них може використовуватися для розширення спектра сигналів та організації множинного доступу з кодовим розділенням каналів. Раціональний вибір розширювальних послідовностей для СРЗ є важливим завданням [7].

Як розширювальні послідовності застосовуються M -послідовності з довжиною коду $2^{42} - 1$, що застосовується кожною мобільною станцією з призначенням відповідного значення зсуву, та код довжиною 2^{15} (короткий) для застосування базовими станціями мережі. Коди Голда утворюються при додаванні двох M -послідовностей.

При розширенні спектра в *cdmaOne* та *cdma-2000* застосовуються короткі (з періодом 2^{15} елементів – чіпів) та довгі ($2^{42} - 1$ елементів) M -послідовності, які мають свої функції [2]. Короткі коди дозволяють розділити сигнали різних базових станцій на вході приймача МС. Для розпізнавання різних базових станцій кожній з них призначаються специфічні копії основних послідовностей коротких кодів, які отримуються за рахунок зсуву у часі. Усього є 512 подібних пар копій, де кожна наступна зсунута відносно попередньої пари на 64 чіпи. При мережевому плануванні присвоєння пар коротких кодів базовим станціям здійснюється таким чином, щоб виключити імовірність прийому МС сигналу випадкової БС, що має затримку на відстань сигналу правдивої БС, та достатню інтенсивність для здійснення помилки. Відносні зсуви знаходяться завжди на постійній відстані, так як забезпечується синхронізація на основі *GPS*-приймача. Часові зсуви довгого коду використовуються в прямому каналі для скремблювання потоку даних, а в зворотному – для організації кодового розділення сигналів МС та одночасно для захисту даних, що передаються [2].

Скремблюючі коди *WCDMA* забезпечують розділення сигналів різних БС. Кожна скремблююча послідовність базується на послідовності Голда. Два лінійних рекурентних регістра зсуву, що задаються поліномами $f_1(x)=x^{18}+x^7+1$ та $f_2(x)=x^{18}+x^{10}+x^7+x^5+1$, формують вихідні M -послідовності, пов'язані одна з одною так, як того вимагає побудова ансамблю Голда [2]. Довжина послідовностей Голда становить $L = 2^{18} - 1 = 262143$. Проте використовуються лише $2^{13} = 8192$ послідовностей. З дозволених послідовностей вирізаються два сегменти довжини 38400: початковий та зсунутий відносно першого на $2^{17} = 131072$. Перший сегмент використовується як дійсна, другий – уявна частина чотирифазного скремблюючого коду в модуляторі. З метою синхронізації 8192 послідовностей, що згадувалися вище, розділені на 512 підмножин. Кожна з них містить одну первинну й 15 вторинних послідовностей. У свою чергу, первинні послідовності розділені на 64 групи по 8 у кожній. Кожній базовій станції виділяється власний первинний код [2]

Завадостійке кодування. В *IS-95* використовується згорточне кодування з кодовим обмеженням 9. Швидкість складає 1/2 для лінії “вниз” й 1/3 – для лінії “вгору”. Більш повільний код більш володіє більшою коректуючою здатністю і покликаний компенсувати меншу потужність передавача мобільної станції [3].

Завадостійке кодування в *cdma-2000* забезпечується застосуванням згорточного кодування й турбокодів. Згорточне кодування використовується в каналах з швидкістю передачі даних до 14,4 кбіт/с.

При більш великих швидкостях доцільне застосування турбокодів. В *cdma-2000* турбокод становить собою систематичний код, де перевірна група утворена перевірочними бітами, генерованими кодерами пар складових рекурсивних згорточних кодів. Інформаційна послідовність, що передається, потрапляє безпосередньо в кодер першого з них, а в кодер другого – через рандомізаційний перемножувач [2].

У стандарті *WCDMA* застосовується чотири види кодування: згорточне, каскадне (зовнішній код Ріда-Соломона – перемежуван-

ня зовнішнього коду – згорточний код), турбо-кодування та спеціальне кодування. Завдяки використанню декількох схем кодування з'являється можливість отримати вигравш в різних умовах експлуатації. Так, згорточний код використовується для передачі трафіку від мовних кодеків, де достатньо забезпечити імовірність помилки на біт (BER – *bit error rate*) не більше 10^{-3} . Згорточний код зі швидкістю $1/3$ може знайти застосування в низькошвидкісних каналах зі швидкістю $R = 1/2$ – в каналах управління. Кодове обмеження в усіх варіантах вибрано рівним $K = 9$. Турбо-кодування здійснюється з швидкістю $R = 1/3$ або $R = 1/2$ при кодовому обмеженні $K = 3$. Для забезпечення імовірність помилки на більше 10^{-6} згорточне кодування використовується спільно з кодом Ріда-Соломона та перемежуванням [6].

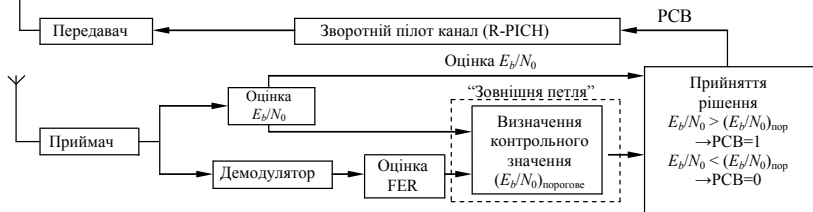
Управління потужністю. Одна з особливостей технології *CDMA* полягає в наявності механізму реалізації компромісу між якістю передачі інформації, розміром зони покриття й пропускну здатністю мережі. Ключову роль у цьому відіграє система автоматичного регулювання потужністю передавачів, яка відслідковує як повільні, так і швидкі завмирання [2]. Потужність сигналів на вході приймача БС від ближніх та дальніх МС може відрізнятися більш ніж на 100 дБ [2], тому найменша нелінійність амплітудно-частотної характеристики приймача БС призводить до подавлення слабких сигналів від різних МС на вході БС. Управління потужністю передавача дозволяє, по-перше, знизити рівень взаємних завад, по-друге, зменшити енергозатрати МС.

Об'єктивним показником якості передачі інформації є середня частота помилок на кадр (фрейм) – *Frame Error Rate (FER)*. Однак для отримання її оцінки необхідно прийняти й декодувати великий об'єм даних, що недоцільно при управлінні потужністю в умовах швидких завмирань. Набагато простіше оцінювати інший параметр – відношення енергії сигналу до спектральної щільності потужності шуму (сигнал/шум) в каналі – E_b/N_0 .

Основний принцип контролю потужності в системі *cdma-2000* полягає в реалізації двоконтурної схеми управління, що складається

з “внутрішньої” й “зовнішньої” петлі регулювання потужності (рисунки). Рішення про підвищення або пониження потужності передавача приймається порівнянням з пороговим відношенням сигнал/завада. Проте в умовах замирань відповідність між відношенням сигнал/шум й FER є неоднозначною, для збереження прийняттого значення імовірності помилки поріг E_b/N_0 повинен налаштуватися динамічно. Принцип роботи внутрішньої петлі контролю потужності передачі полягає в такому. За допомогою бітів контролю потужності, мультиплексованих в зворотний пілотний канал ($R-PICH$), МС повідомляє базовий про необхідність підвищення або пониження потужності передавача. Оскільки біти контролю потужності PCB ($Power Control Bit$) необхідні передусім для боротьби з швидкими замираннями, вони передаються в некодованому вигляді, що дозволяє БС використовувати вкладену в них інформацію в реальному часі.

У зовнішньому контурі регулювання потужності по замкнутій петлі $cdma-2000$ здійснюється процедура динамічної настройки порогу E_b/N_0 [2].



Функції МС з контролю потужності в прямому каналі

У цілому, схема контролю потужності в стандарті $cdma-2000$ значно складніша порівняно з аналогічною схемою в $IS-95$. Основним нововведенням є управління потужністю каналу “вниз”. Саме тут МС посиляє біти контролю потужністю, використовуючи канал $R-PICH$. Подібно до існуючої схеми управління потужністю по замкнутій петлі в зворотному каналі $cdmaOne$, замкнута петля контролю потужності в прямому каналі $cdma-2000$ відправляє 800 зна-

чень *PCB* за секунду. Ці біти вказують базовій станції збільшити або зменшити потужність передавача на 1; 0,5 або 0,25 дБ.

Зменшення кроку зміни потужності підвищує точність її регулювання для користувачів з малими швидкостями передачі. Більш точний контроль (з меншими пульсаціями потужності), у свою чергу, знижує середню потужність в каналі зв'язку, тим самим підвищує каналну ємність системи [2].

Управління потужністю передавача в стандарті *WCDMA* здійснюється за допомогою двох схем відкритої петлі та схеми замкнутої петлі [6]. При управлінні потужністю по схемі відкритої петлі МС самостійно, а не за командою БС, а в залежності від рівня прийнятого від неї сигналу, приймає рішення про зміну потужності передачі. Як правило, точність вимірів в приймачі МС невисока, а умови розповсюдження сигналу на лініях “вгору” та “вниз” суттєво відрізняються через велику різницю частот. Тому регулювання потужності по схемі відкритої петлі є грубим (з кроком ± 9 дБ). Управління по схемі відкритої петлі здійснюється до моменту ініціювання МС каналу випадкового доступу, а потім передається менш інертній схемі, що працює за принципом швидкої замкнутої петлі, що забезпечує більш високу точність управління.

Метод пошуку стільника. Передбачає використання пілот-сигналу, який забезпечує функціонування когерентного приймача й оцінку параметрів [3]. МС в *cdmaOne* та *cdma-2000* здійснює пошук найбільш якісних кодів для приймання пілот-сигналу. Процес пошуку розпочинається з розрахунку взаємкореляційних характеристик коротких абонентських кодів й кодів сигналів, що приймаються від різних базових станцій. Розрахунки продовжуються, допоки шукана пара не буде знайдена. Мобільна станція обирає код прямого пілотного каналу, котрий відповідає найсильнішому рівню сигналу базової станції. Пілотний сигнал у системі *CDMA* означає кодову послідовність, що передається разом з іншими сигналами в загальній смузі частот. Усі пілот-сигнали передаються за допомогою пілотного каналу, направленою від базової станції до мобільної.

Він відрізняється для різних БС за допомогою псевдовипадкових послідовностей, передається на одній частоті та містить вказівки для стільника або сектора, що обслуговується. Випромінювання пілот-сигналу відбувається безперервно. Прийом пілот-сигналу здійснюється усіма мобільними станціями які розташовані в зоні обслуговування. За допомогою пілот-сигналу здійснюється кадрова синхронізація й когерентне відновлення несучої [2].

В WCDMA при відсутності зовнішньої синхронізації різних базових станцій шляхом використання різних часових зсувів одного й того ж скремблінг-коду неможливо. Тому в асинхронній системі WCDMA граничні БС ідентифікуються за рахунок застосування різних скремблінг-кодів. Як наслідок, пошук стільника в асинхронній системі займає більше часу, ніж у синхронній. Крім того, він ускладнюється наявністю ненавмисних завад від інших МС. Кожен стільник в мережі ідентифікується за рахунок застосування в ній свого скремблінг-коду, з якого формується фрейм довжиною 38400 чіпів та котрий, у свою чергу, розбивається на 15 слотів по 2560 чіпів. Пошук стільника здійснюється як безпосередньо при включенні мобільної станції, так й під час роботи [2].

Очевидно, що протоколи входження у зв'язок повинні бути якомога коротшими, невідомими противнику, мати елемент випадковості. Наприклад, можна запропонувати застосування певних ключових даних.

Порівняння стандартів безпроводового широкосмугового радіодоступу на основі технології прямого розширення спектра за основними характеристиками наведено в табл. 2 [1–6].

З аналізу даних, наведених у табл. 1, 2 очевидно, що коефіцієнт розширення спектра для усіх розглянутих вище стандартів є відносно невеликим (від одиниць-десятків до сотень, причому найбільші значення – для найменших інформаційних швидкостей, тобто при передачі мови). Відповідно, завадозахищеність передачі інформації є невисокою, а основне завдання технології розширення спектра – забезпечення кодового розподілу каналів.

Таблиця 2

Характеристика	802.11b	802.11g	802.15.4
Діапазон частот, МГц	2400...2483,5	2400...2483,5	868...868,6 902...928 2400...2483,5
Метод розширення спектра	DSSS	DSSS, OFDM, PBCC, DSSS-OFDM	DSSS
Чіпова швидкість, Мчп/с	1; 1,375	1; 1,375	0,3; 0,6; 2,0
Швидкість передачі даних по радіоканалу, Мбіт/с / метод модуляції	1; 2 / DBPSK	1 / DBPSK	0,02 / BPSK
	5,5; 11 / CCK	2 / DQPSK	0,04 / BPSK
	22 / PBCC	5,5; 11 / CCK, PBCC	0,25 / O-QPSK
		6; 9 / BPSK	
		22; 33 / PBCC	
		12; 18 / QPSK	
24; 36 / 16QAM			
48; 54; 108 / 64QAM			
Позначення: DBPSK – differential BPSK – диференціальна BPSK; DQPSK – differential QPSK – диференціальна QPSK; CCK – complementary code keying – комплементарне кодування; PBCC – packet binary convolutional coding – пакетне двійкове згорточне кодування; QAM – quadrature amplitude modulation – квадратурна амплітудна модуляція.			

Висновки та напрямки подальших досліджень. Таким чином, урахувавши необхідність забезпечення роботи в умовах активного радіоелектронного придушення, використання відомих стандартів у спеціальних телекомунікаційних системах чистому вигляді є недоцільним. По-перше, характеристики сигналів загально відомі, що спрощує постановнику завдань завдання ефективного придушення як на етапі входження, так і ведення зв'язку. Знаючи структуру розширювальних послідовностей, він може шляхом кореляційного аналізу швидко визначити параметри імітаційної завади. По-друге, коефіцієнт розширення спектра сигналу для існуючих CDMA-стандартів є відносно незначним, тому і вираш від обробки у приймачі, відповідно, невеликий. Саме тому частотні смути, зайняті

даними стандартами, не використовуються вузькосмуговими системами. Підвищення бази, що призведе до зменшення спектральної щільності потужності сигналу, дозволить працювати широкосмуговій та вузькосмуговим СРЗ практично без взаємного впливу.

У подальшому існує необхідність у розробці власних стандартів з використанням технології прямого розширення спектра, які повинні передбачити максимально можливе його розширення, можливість адаптивної зміни параметрів при погіршенні якості зв'язку, зокрема внаслідок дії навмисних завад, підвищення прихованості, оперативності та надійності входження у зв'язок.

Список використаної літератури

1. Широкополосные беспроводные сети передачи информации / [В. М. Вишневикий, А. И. Ляхов, С. Л. Портной, И. В. Шахнович]. – М.: Техносфера, 2005. – 592 с.
2. Современные беспроводные сети: состояние и перспективы развития / [И. А. Гепко, В. Ф. Олейник, Ю. Д. Чайка, А. В. Бондаренко]. – К.: “ЕМКО”, 2009. – 672 с.
3. Берлин А. Н. Цифровые сотовые системы связи / А. Н. Берлин. – М.: Эко-Трендз, 2007. – 296 с.
4. Ипатов В. Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов / В. Ипатов. – М.: Техносфера, 2007. – 488 с.
5. Сети UMTS. Архитектура, мобильность, сервисы / [Х. Кааранен, А. Ахтиайнен, Л. Лаитинен и др.]. – М.: Техносфера, 2007. – 464 с.
6. Невдяев Л. М. Мобильная связь 3-го поколения / Л. М. Невдяев. – М.: Мобильные коммуникации, 2000. – 208 с.
7. Гурський Т. Г. Напрямки застосування псевдовипадкових послідовностей в радіомережах спеціального призначення / Гурський Т. Г., Жук О. Г., Клімович С. О. // Вісник Хмельницького національного університету. – 2012. – № 6. – С. 160–167.

Стаття надійшла до редакції 15.04.2014.

Крыжний А. В., Гурский Т. Г., Климович С. О. Анализ характеристик систем радиосвязи с использованием кодового разделения каналов

В статье проведен анализ стандартов сотовой радиосвязи и широкополосного радиодоступа, использующих широкополосные сигналы, определены их основные недостатки при использовании в системах радиосвязи специального назначения.

Ключевые слова: радиосвязь, радиодоступ, широкополосные сигналы, прямое расширение спектра, кодовое разделение каналов, системы специального назначения.

Kryzhnyi A. V., Hurskyi T. H., Klimovich S. O. The analysis of characteristics of radio communication systems with code division multiple access

Modern telecommunication systems are widely using broadband signals. The main advantages of using them compared to narrowband are high anti-jammingness, low probability of the process of information transmission (high secrecy), increased security when transmitting data, the ability of digital processing of the received signals and code division multiple access scheme.

The advantages of broadband signals making them very attractive for use in special telecommunication systems of military organizations, reliable operation of which shall be provided in a complex radio-electronic environment, primarily due to the possible of jamming. Spreading of the signal's spectrum is performed in two main ways:

frequency hopping spread spectrum (FH), which involves changing the carrier frequency within a given band between individual frequency channels;

direct spread spectrum signals (DSSS), which is done by encoding each bit of information flow unique pseudo-random sequence (PRS). Using DSSS in perspective special telecommunication systems seem more promising.

The purpose of the paper is to analyze the characteristics of existing standards, using wideband signals by direct spread and determine the feasibility of their use in advanced wireless communication systems special purposes.

The main characteristics of the CDMA standards include: basic frequency bands of base and mobile station; width of the spectrum; clock frequency of PRS; type of modulation; features of multiple access; types of orthogonal and spreading code sequences; types of anti-jamming coding with parameters: limit the length of the code sequence K and rate R ; the length of the frame; interleaving scheme; power control scheme and its accuracy; search method cell of the mobile station; synchronization scheme; compatibility with other standards.

Given the need to ensure work in active radio-electronic suppression, using known standards in the special telecommunication systems is unpractical. The first, characteristics of signals commonly known, which simplifies the task of efficient jamming at the stages of entering and maintaining communication. Knowing the structure of the spreading sequence noise producer may, by correlation analysis to quickly determine the parameters of the effective interference. Secondly, the rate of spreading of the signal in the existing CDMA-standards is relatively small, so the gain of the receiver processing accordingly small. Therefore, the frequency band occupied by known standards are not used narrowband systems. Increased base that would reduce power spectral density of the signal will operate broadband and narrowband radio communication systems practically without mutual influence.

In the future there is a need to develop own standards using the technology of direct spread spectrum, which should provide for the maximum possible spreading; the possibility of adaptive changes in the parameters when the quality of communication is deteriorating, particularly as a result of jamming; increased secrecy, efficiency and reliability of the entry in the communication.

Keywords: *radio communication, radio access, broadband signals, direct spread spectrum systems, code division multiple access, special purpose system.*