

Сергій Володимирович Волошко (канд. техн. наук, с.н.с.)

Ігор Іванович Слюсарь (канд. техн. наук, доцент)

Артем Олексійович Москаленко (канд. техн. наук)

Ігор Володимирович Ромашко

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ СИСТЕМ СУПУТНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

Останнім часом широкий розвиток отримала концепція мережево-центричної війни (NET-CENTRIC WAR OPERATIONS, NCWO), сутність якої полягає в об'єднанні сенсорної і бойової підсистем із метою підвищення швидкості керування та забезпечення повної синхронізації бойових дій. Необхідним аспектом реалізації даної концепції вважається впровадження нових систем керування, розвідки, комп'ютерного моделювання, оперативного бойового забезпечення та ін. У цьому відношенні незмінним лідером стосовно проведення революційних змін у військово-технічній сфері залишаються США. В якості основного інформаційного середовища для реалізації NCWO розглядається супутниковий зв'язок.

У статті в рамках згаданої концепції розглянуто проекти нових і перспективних систем супутникового зв'язку із застосуванням технології цифрового діаграмоутворення і ортогональної частотної дискретної модуляції.

Ключові слова: система супутникового зв'язку; цифрове діаграмоутворення; цифрова антенна решітка.

Вступ

Постановка проблеми. Сучасна епоха глобалізації змушує провідні космічні держави поєднувати зусилля в напрямку подальшого розвитку наукомістких і ресурсномістких технологій у сфері телекомунікацій. Підтвердженням цього є спроби здійснити проект глобальної інформаційної космічної системи "НЕО" для глобального обміну інформаційними потоками через супутники різних держав та різного призначення.

В той же час бойові дії сучасності показують, що в нинішніх умовах значно збільшився обсяг інформації, необхідний для прийняття рішень, зростає і динамічність самої інформації, яка швидко застаріває. У сучасному бою для ухвалення адекватного рішення необхідна оперативна й точна інформація в реальному часі, що відповідає сформованій на даний момент обстановці. Складність і динамічність інформації вимагають значно більше часу для її аналізу, а сучасний характер бойових дій - прийняття рішень у якомога коротші строки, а в окремих випадках - миттєво. Тому у збройних силах найбільш розвинених держав з'явилися такі нові форми ведення воєнних дій, як інформаційні операції (наступальні, оборонні, спеціальні), і нові способи збройної боротьби, як наприклад, боротьба із системами бойового управління (Command Control Warfare – C2W). Технічною основою забезпечення нових форм ведення воєнних дій повинні служити перспективні системи зв'язку, створені на основі впровадження новітніх інформаційних технологій.

Цифрові транспортні мережі, що створюються на основі систем ущільнення існуючих середовищ

передачі: коаксіального і волоконно-оптичного кабелю, витої пари, радіофіру – дозволяють забезпечити цифрову форму подання всіх переданих і оброблюваних сигналів, незалежно від типу переданої інформації, будь то мова, текст, дані, графіка й зображення, а також цифрові методи їхньої обробки і передачі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведені протягом останніх років численні наукові дослідження щодо можливості застосування в системах зв'язку сучасних технологій цифрової обробки сигналів на основі надрелеївського розрізнення, цифрового діаграмоутворення (ЦДУ) [1, 5-6], Multiple Input Multiple Output (MIMO) [7, 8], а також комбінацій просторового, частотного та часового розподілу каналів зв'язку дозволяють зробити висновок: технології ЦДУ, MIMO, програмної реконфігурації стають базовими для сучасних систем зв'язку і суттєво покращують їх характеристики.

При створенні перспективних засобів супутникового зв'язку в умовах удосконалення форм інформаційної боротьби та підвищення вимог до ефективності систем зв'язку значну увагу слід спрямувати на застосування технології цифрового діаграмоутворення, методів ортогональної частотної дискретної модуляції сигналів (OFDM) та неортогональної частотної дискретної модуляції сигналів (N-OFDM) [2].

Мета статті. Обґрунтування доцільності створення нових систем супутникового зв'язку за рахунок застосування цифрового діаграмоутворення, надрелеївського розрізнення

сигналів та удосконалення методів обробки сигналів в засобах зв'язку.

Виклад основного матеріалу дослідження

Проекти із застосуванням технологій цифрового діаграмоутворення

Серед проектів з ЦДУ слід назвати вже реалізований проект ССЗ THURAYA, який фінансувався компанією Thuraya Satellite

Telecommunication (OAE). До складу космічного сегменту THURAYA входять космічні апарати (КА) на геостаціонарній орбіті зі встановленою на борту приймально-передавальною ЦАР L-діапазону. Антенна решітка утворена із 128 дипольних елементів і забезпечує одночасне формування до 300 променів. Приймальний та передавальний сегменти ЦАР представлені на рис. 1.

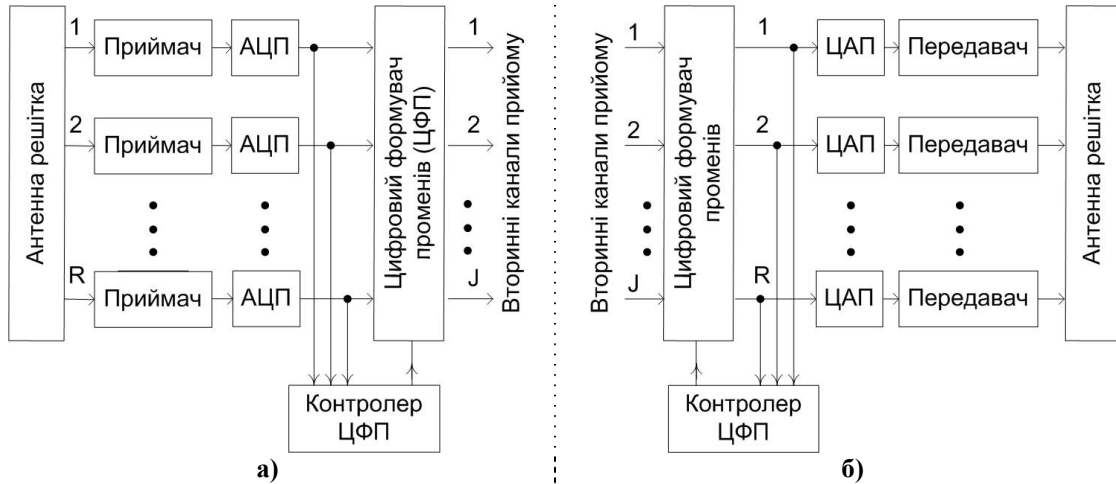


Рис. 1. Приймальний (а) та передавальний (б) сегменти ЦАР супутника-ретранслятора Thuraya

За рахунок ЦДУ та перенацілення променів система спроможна адекватно реагувати на зміну інформаційного навантаження. При цьому в бортовому спецобчислювачі реалізуються функції виділення каналів зі змінною смугою пропускання, декодування сигналів у стандартах FDMA та TDMA, їхньої квадратурно-фазової модуляції та демодуляції, що дозволяє забезпечити комутацію понад 25 000 дуплексних каналів зв'язку, розрахованих на обслуговування 1,75 млн. абонентів одночасно.

Особливістю проекту квазістаціонарної ССЗ компанії Mitsubishi Electric (Японія) є здатність забезпечення за рахунок ЦАР кожним із трьох супутників системи до 100 000 каналів двостороннього зв'язку. При цьому формування численних променів діаграми спрямованості дозволяє більш раціонально використовувати ресурс ретрансляторів.

На створення антени з цифровим формуванням променів в інтересах ширококутового супутникового зв'язку спрямований також проект SANTANA (Smart Antenna Terminal), започаткований та профінансований Міністерством освіти і досліджень Німеччини. У проект приймали участь Гамбурзький технічний університет, Інститут комунікації та навігації, Інститут високочастотної та НВЧ техніки, а також підприємства EADS Astrium, IMST, DLR, IHF, VIcon та ін. Метою проекту було створення демонстратора активної ЦАР Ка-діапазону. Проект складався з двох етапів. У ході першого були розроблені, створені та досліджені 16-елементні приймальний та передавальний модулі

ЦАР. На другому етапі за рахунок використання сукупності базових модулів створений демонстратор 4-модульної (64-елементної) приймально-передавальної ЦАР. Подальші дослідження в проекті SANTANA були спрямовані на системну інтеграцію, у ході якої була розроблена, створена та досліджена 16-модульна (256-елементна) приймально-передавальна супутникова ЦАР (рис. 2).

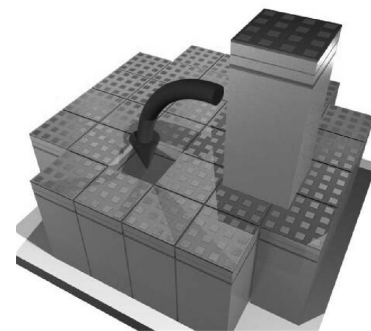


Рис. 2. Модульний принцип формування 256-елементної ЦАР

З огляду на використання повітряного сегменту в перспективних системах супутникового зв'язку заслугове на увагу проект HALO-Network фірми Angel Technologies Corporation (США) із стратосферною базовою станцією мегаполісної радіомережі, що розміщується на спеціальному літаку Proteus каліфорнійської фірми Scaled Composites, Згідно проекту ЦАР повинна замінити рухому антену. Літак Proteus знаходиться на висоті 18-20 км і рухається за кільцевою траєкторією з діаметром кола 10-15 км. Він має охоплювати послугами ширококутового цифрового зв'язку

сотні тисяч наземних користувачів на площі великого мегаполісу з радіусом 120-150 км.

Важливе значення має впровадження ЦАР у систему супутникової радіонавігації GPS (США), яка набула поширення по всьому світу, а її приймальні індикатори стали продуктами масового попиту. Перспективи розширення комерційного ринку навігаційної апаратури виявилися настільки вражаючі, що США здійснили модифікацію системи під цивільні потреби.

Проекти із застосуванням технологій ортогональної частотної дискретної модуляції

Найбільш придатними для військових систем супутникового зв'язку (ВССЗ) вважаються широкопasmові сигнали (ШСС), які забезпечують значні швидкості передачі, підвищену завадостійкість та енергетичну прихованість. Пріоритетним для ВССЗ із ЦДУ є використання ШСС на основі OFDM. Цей метод використовується у стандартах HIPERLAN/2, IEEE 802.11, IEEE 802.16 [4], тощо. Сутність методу OFDM полягає в розподілі всієї смуги частот на множину підканалів фіксованої ширини, які можна розглядати як набір систем із QAM.

До ключових переваг методу OFDM варто віднести поєднання високої швидкості передачі разом із протидією міжканальній інтерференції – явищу, що є наслідком багатопроменевого поширення. При цьому відсутність частотної залежності каналів забезпечується ортогональністю несучих сигналів. Застосування OFDM забезпечує підвищення показників порогових співвідношень сигнал/шум та енергетичну ефективність сигналу на біт інформації у порівнянні з традиційними методами модуляції. Крім того, наявність низькошвидкісних субканалів робить модуляцію OFDM особливо зручною для реалізації її в ЦАР з точки зору обробки інформації у реальному масштабі часу.

Література

1. Слюсар В. И. Цифровое формирование луча в системах связи: будущее рождается сегодня / В. И. Слюсар // *Электроника: Наука, Технология, Бизнес.* – 2001. – № 1. – С. 6–12. 2. Филиппов А. Ю. Алгоритмы модуляции технологий xDSL // *Сети ЭВМ и телекоммуникации.* Режим доступа: <http://lecture.by.ru/articles/xdsl>. 3. Зубарев Ю. Б. Цифровое телевизионное вещание. Основы, методы, системы / Ю. Б. Зубарев, М. И. Кривошеев, И. Н. Красносельский – М. : НИИР. 2001. – 568 с. 4. Рошан П. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 801.11 / П. Рошан, Д. Лиэри. – М. : Вильямс, 2004. – 304 с. 5. Слюсар В. И.

Одним із OFDM-проектів в інтересах збройних сил США є MinuteMan, який фінансується Office of Naval Research (ONR) і здійснюється з 2000 р. Electrical Engineering Department and Computer Science Department of UCLA (США). Мета проекту – розробка системи радіозв'язку та обміну даними сил флоту з безпілотними повітряними, надводними і наземними апаратами.

До речі, фірма Nova Engineering пропонує вже комплекти зв'язку для ВМС США, які використовують принцип OFDM та випускаються серійно (HDR LOS Radio Modem). У сухопутних військах НАТО незабаром з'явиться система зв'язку, що використовує військову версію протоколу 802.11g (OFDM), її виробництво освоїла нідерландська фірма MobiComm.

Висновки і перспективи подальших досліджень

Наведений перелік проектів і програм, що спираються на застосування технології ЦДУ та модуляції OFDM (N-OFDM), є далеко не повним і постійно розширюється.

Крім того, при створенні перспективних засобів супутникового зв'язку зростає кількість досліджень, спрямованих на впровадження технологій просторово-часової і просторово-поляризаційної обробки сигналів. В останні роки все більшого поширення набуває застосування модуляції OFDM (N-OFDM) в сукупності з випромінюванням сигналів подвійної поляризації.

Отже, удосконалення сучасних засобів зв'язку шляхом впровадження технології ЦДУ та модуляції OFDM (N-OFDM) – закономірний історично-діалектичний процес розвитку. Використання зазначених технологій є визначним явищем у розвитку ВССЗ, здатним кардинально вплинути на якість ведення ефективних бойових дій в епоху мережево-центричних та інформаційних воєн.

Цифровые антенные решетки в зарубежных системах мобильной связи / В. И. Слюсар, М. А. Заблочный // *Зв'язок.* – 1999. – №1. – С. 25–27. 6. Слюсар В. И. Цифровое диаграммообразование – базовая технология перспективных систем связи / В. И. Слюсар // *Радиоаматор.* – 1999. – №8. – С. 58–59. 7. Слюсар В. И. Системы ММО: принципы построения и обработка сигналов / В. И. Слюсар // *Электроника: Наука, Технология, Бизнес.* – 2005. – №8. – С. 52–59. 8. Слюсар В. И. Метод многоимпульсной передачи сигналов в ММО-системе / В. И. Слюсар, А. Н. Дубик // *Известия вузов. Сер. Радиоэлектроника.* – 2006. – №3. – С. 75–80.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СИСТЕМ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ

Сергей Владимирович Волошко (канд. техн. наук, с.н.с.)

Игорь Иванович Слюсарь (канд. техн. наук, доцент)

Артем Алексеевич Москаленко (канд. техн. наук)

Игорь Владимирович Ромашко

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Полтава, Украина

В последнее время широкое развитие получила концепция сете-центрической войны (NET-CENTRIC WAR OPERATIONS, NCWO), суть которой состоит в объединении сенсорной и боевой подсистем с целью повышения скорости управления и обеспечения полной синхронизации боевых действий. Необходимым аспектом реализации данной концепции считается внедрение новых систем управления, разведки, компьютерного моделирования, оперативного боевого обеспечения и т.п. В этом отношении бесспорным лидером относительно проведения революционных изменений в военно-технической сфере остаются США. В качестве основной информационной среды для реализации NCWO рассматривается спутниковая связь.

В статье в рамках упомянутой концепции рассмотрены проекты новых и перспективных систем спутниковой связи с применением технологии цифрового диаграммообразования и ортогональной частотной дискретной модуляции.

Ключевые слова: система спутниковой связи; цифровое диаграммообразование; цифровая антенная решётка.

THE USE OF THE DIGITAL SIGNALS PROCESSING TECHNOLOGY FOR ADVANCED SATELLITE COMMUNICATIONS SYSTEMS DEVELOPMENT

Serhii V. Voloshko (Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow)

Ihor I. Sliusar (Candidate of Technical Sciences, Associate Professor)

Artem O. Moskalenko (Candidate of Technical Sciences)

Ihor V. Romashko

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Poltava, Ukraine

In recent years, widely developed the concept of network-centric war (NET-CENTRIC WAR OPERATIONS, NCWO), the essence of which is to combine the sensor and combat subsystems to enhance the speed and control to ensure full synchronization of the fighting. An essential aspect of the implementation of this concept is the introduction of new management systems, intelligence, computer simulation, operational combat support, etc. In this respect, the undisputed leader of the revolutionary changes regarding the military-technical sphere are the United States. As the main information environment for the implementation of NCWO considered satellite.

The article referred to the concept as part of the drafts of new and emerging satellite communication systems using digital beamforming technology and orthogonal frequency discrete modulation.

Keywords: satellite communication system; digital beamforming; digital antenna array.

References

1. Sliusar V.I. (2001), [Tsifrovoye formirovaniye lucha v sistemah svyazi: budushee rozhdetsya segodnya], Elektronika: Nauka, Tehnologiya, Biznes, № 1. pp. 6–12.
2. Filiminov A.Y. [Algoritmy modulyatsii tekhnologiy xDSL], Seti EVM i telekommunikatsii, Available at: <http://lecture.by.ru/articles/xdsl>.
3. Zubarev Y.B., Krivosheev M.I., Krasnoselskiy I.N. (2001), [Tsifrovoye televizionnoye veschaniye. Osnovy, metody, sistemy], Moscow, NIIR, 568 p.
4. Roshan P., Lieri D. (2004), [Osnovy postroyeniya besprovodnykh lokalnykh setey standarta 801.11], Moscow, Vilyams, 304 p.
5. Sliusar V.I., Zablotskiy M.A. (1999), [Tsifrovyye anteny reshetki v zarubezhnykh sistemah mobilnoy svyazi], Zviyazok, № 1. pp. 25–27.
6. Sliusar V.I. (1999), [Tsifrovoye diagrammoobrazovaniye – bazovaya tekhnologiya perspektivnykh sistem svyazi], Radioamator, № 8, pp. 58–59.
7. Sliusar V.I. (2005), [Sistemy MIMO: printsipy postroyeniya i obrabotka signalov], Elektronika: Nauka, Tehnologiya, Biznes, № 8, pp. 52–59.
8. Sliusar V.I., Dubik A.N. (2006), [Metod mnogoimpulsnoy peredachi signalov v MIMO-sisteme], Izvestiya vuzov. Seriya Radioelektronika, № 3. pp. 75–80.

Отримано: 08.06.2015 р.