

## ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ КОСМІЧНИХ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ В РАМКАХ КОНЦЕПЦІЇ МЕРЕЖНО-ЦЕНТРИЧНОЇ ВІЙНИ

І.І. Слюсар, С.О. Третяченко, С.В. Сомов  
(Полтавський військовий інститут зв'язку)

*У статті проведений аналітичний огляд існуючих і плануємих програм по розробці космічних систем зв'язку військового призначення США. Розглянуто їхні можливості по інформаційному забезпеченню війн шостого покоління стосовно до нової оперативної-стратегічної концепції. Проаналізовано подальші напрямки розробок в області створення космічного сегмента.*

### **космічні системи зв'язку, інформаційне забезпечення**

**Вступ та аналіз літератури.** Сучасна епоха глобалізації змушує ведучі космічні держави поєднувати зусилля по подальшому розвитку науково- і ресурсоемних технологій в області телекомунікацій. Підтвердженням цього є спроби здійснити проект глобальної інформаційно-космічної системи “НЕС” “... для глобального обміну інформаційними потоками, одержуваними через супутники всілякого призначення і приналежними різним державам” [1].

Разом з тим, у сформованій геостратегічній обстановці все більший розвиток одержує концепція мережно-центричної війни (іноді використовується синонімом централізована електронно-мережна війна, NET-CENTRIC WAR OPERATIONS) [2]. На думку авторів концепції, вона здатна за рахунок абсолютної інформаційної переваги над супротивником забезпечити повну синхронізацію бойових дій та акцій на полі бою, гарантувати швидкість управління і підняти рівень бойових можливостей збройних сил. В цілому, нова концепція припускає створення єдиної інформаційної решітки (рис. 1), на яку накладаються сенсорна й бойова підсистеми [3]. Тому розгляд даних систем є актуальним завданням.

Виходячи з актуальності завдання **в статті метою** є аналіз можливостей інформаційного забезпечення космічних систем зв'язку військового призначення.

Для реалізації концепції мережно-центричної війни необхідне впровадження нових систем керування, розвідки, комп'ютерного моделювання, оперативного бойового забезпечення і т. ін. В цьому відношенні незмінним лідером по проведенню військових реформ залишаються США. Найбільш

ший інтерес викликають перспективи розвитку космічної компоненти інформаційної підсистеми. В обстановці наростання загроз терору із застосуванням зброї масового ураження, ведення воєнних операцій нового типу, у тому числі в космосі та з космосу, це пов'язано з підвищенням можливостей стратегічної розвідки по задачах раннього попередження про ракетний напад для національної системи ПРО.

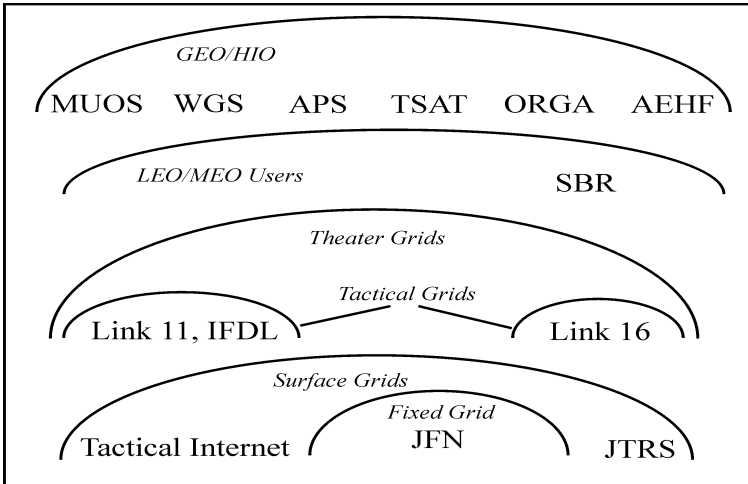


Рис. 1. Єдина інформаційна решітка

Це підтверджується планами США довести склад наявних навігаційних і розвідувальних космічних систем до 200 космічних апаратів (КА), які забезпечать рішення багатьох стратегічних і оперативно-тактичних задач по управлінню військами й наведенню високоточної зброї на цілі, розташовані будь-де на планеті [2].

Так як інформаційне забезпечення нової оперативно-стратегічної концепції висуває нові вимоги до систем зв'язку, то в роботі проведений аналіз можливостей основних існуючих і спланованих програм розвитку космічного зв'язку США в даному напрямку.

Очікується, що перспективна система космічного зв'язку США, як й існуюча, буде складатися з 3 сегментів: управління, користувальницького й космічного. Сьогодні останній у своєму складі має телекомунікаційні супутники мережних систем зв'язку (Network), вузькосмугових (Narrowband), широкосмугових (Wideband) і захищеного зв'язку (Protected) (табл. 1) [4]. У рамках концепції мережно-центричної війни далі доцільно обмежитися розглядом найбільш значимих програм, або тих, які істотно змінились.

Склад космічного сегменту системи зв'язку США

Вид системи	Найменування системи супутникового зв'язку військового призначення
Narrowband	MUOS, UFO
Wideband	DSCS (III), WGS
Protected	Milstar (I/II), AEHF, Int Polar
Network	TSAT, APS

В інтересах удосконалення сегмента управління в складі об'єднаного програмного управління (Milsatcom Joint Program Office, MJPO), що входить до центру ракетно-космічних систем (SMC) США, реалізується програма системи об'єднаного управління й контролю (Command and Control System Consolidated, CCS-C). Вона повинна забезпечити зниження витрат на підтримання каналу загального користування існуючої системи супутникового зв'язку (Military Satellite Communications, Milsatcom) і передбачає контроль 30-ти телекомунікаційних супутників систем військового призначення: Defense Satellite Communications System III (DSCS III), Military Strategic and Tactical Relay Satellite (Milstar), Advanced Extremely High Frequency (AEHF), Wideband Gapfiller Satellite (WGS).

У свою чергу, зростання вимог до можливого трафіку користувальницького сегмента ініціювало під егідою офісу користувальницького програмного управління (MILSATCOM Terminal Programs Office, MTPO) програму "Air Force Terminal" по розробці користувальницьких терміналів. Зокрема, передбачене створення наземних ширококутових терміналів із швидкостями до 50 Мбіт/с, що працюють у 4 частотних діапазонах: С, Х, Ku і Ka. На заміну терміналів каналу загального користування 2,4 кбіт/с (Command Post Terminal, CPT) планується сімейство вдосконалених терміналів із швидкостями до 8 Мбіт/с для забезпечення оперативного дуплексного зв'язку і мережних послуг по пріоритету (Family of Advanced Beyond-Line-of-Sight Terminals, FAB-T), а також в інтересах ВПС – термінали із швидкостями до 1,544 Мбіт/с (Secure Mobile Anti-jam Reliable Tactical Terminal, SMART-T). Одночасно, при МТРО створюються нові термінали лазерного зв'язку в рамках Network-системи (Transformational Satellite Communications, TSAT) із пропускною спроможністю 1,2 Гбіт/с (у перспективі – 10 Гбіт/с), а також для підтримки проекту BLOS (Beyond Line-of-Sight).

Система супутникового зв'язку Milstar широко використовувалася на початкових стадіях воєнних дій в Іраку. Спочатку ця система призначалася для забезпечення підрозділів Міністерства Оборони (МО) США на стратегічному й тактичному рівнях завадозахищеним і кодованим

зв'язком у будь-якій точці планети в діапазоні широт  $\pm 65^\circ$ , у тому числі й в умовах застосування ядерної зброї. Розробка системи почалася в 80-х роках минулого сторіччя, й її вартість оцінювалася в 32 млрд. доларів. Угрупування забезпечує передачу голосу, даних, зображення та відеоконференцзв'язок. До складу Milstar входять три сегменти: космічний, користувальницький і управління.

Космічний сегмент планувався в складі угруповання з 8 космічних апаратів (КА) на геостационарних і полярних орбітах. Після виводу на орбіту 2 супутників першого покоління, у 1995 р. конгрес США зобов'язав МО переглянути систему зі скороченням її вартості й поліпшенням якості обслуговування за рахунок зниження вимог до захищеності зв'язку від впливу факторів ядерної зброї.

У 1992 р. компанія Lockheed Martin виконала зміни в конфігурації КА. Крім низькошвидкісного зв'язкового обладнання (Low Data Rate, LDR), що забезпечує передачу даних по 192 каналам із швидкістю від 72 до 2400 біт/с, на борту з'явився ретрансляційний комплекс середньошвидкісної передачі даних (Medium Data Rate, MDR) із пропускною спроможністю від 4,8 кбіт/с до 1,544 Мбіт/с по кожному з 32 каналів.

За переглянутими планами до нової системи повинні були ввійти вже запуснені 2 КА першого покоління та 4 – другого (Milstar II). Через неполадки у квітні 1999 р. перший КА Milstar II був загублений, а експлуатація супутників другого покоління почалася лише з лютого 2001 р. У квітні 2003 р. здійснений запуск останнього КА угруповання Milstar, що має міжнародне позначення 2003-012A (у каталозі Стратегічного командування США № 27711) [5]. Вартість супутника склала 800 млн. доларів, а запуску – 461 млн. доларів. Маса КА на геостационарній орбіті складає близько 4,5 т. Час активного існування КА – 10 років. У системі для передачі сигналу “вверх” використовується частота 44,5 ГГц, для передачі “вниз” – 20 ГГц. Система міжсупутникового зв'язку працює на частоті 60 ГГц.

Користувальницький сегмент Milstar має термінали зв'язку всіх родів військ армії США, які встановлені на підводні човни, кораблі, літаки та наземні транспортні засоби. В даний час союзники США не мають терміналів для власного доступу до інформаційних ресурсів через супутники типу Milstar, але подібне положення в майбутньому може змінитися. Уже в 2006 р. передбачається запуснути КА військового зв'язку за програмою космічної системи зв'язку НВЧ діапазону військового управління АЕНФ. За трафіком інформації очікуються більш значні можливості у порівнянні з Milstar. При цьому зберігається доступ і для існуючих терміналів.

До сегменту управління Milstar входять 2 елементи: звичайна система зв'язку “борт-земля” (Space-Ground-Link-System, SGLS) і спеціаль-

на мережа стаціонарних і рухомих станцій управління сузір'ям. Центр управління системою розташований на базі ВПС Фалкон у Колорадо-Спрингс (шт. Колорадо, США).

Корисний вантаж запущеного КА відрізняється від зв'язного ретрансляційного обладнання військових супутникових систем зв'язку тим, що безпосередньо на борту відбувається обробка й маршрутизація сигналів, бортові ресурси управляються автономно, спектр частот на прийом і передачу використовується перехресно (прийом сигналу здійснюється через одну антену на одній частоті, обробка й ретрансляція його – через іншу антену на іншій частоті), а також здійснюється міжсупутниковий зв'язок, що дозволяє знизити залежність угруповання від наземного сегмента.

Комплекс MDR із 32-канальною ємністю виготовлений компанією Boeing Satellite Systems, LDR – компанією Northrop Grumman Space Technology (колишня TRW Space and Electronics) [6]. Остання поставила в Boeing для комплексу MDR антени і бортовий комп'ютер, а Boeing у свою чергу поставила компанії Northrop Grumman електроніку для комплексу LDR.

До складу MDR входять 8 антен: 2 вузькоспрямовані, здатні формувати провали в діаграмі спрямованості (nuller antennas), і 6 антен, що обслуговують розосереджених користувачів (distributed user coverage antenna, DUCA). Вони забезпечують двосторонній зв'язок із високим коефіцієнтом підсилення сигналу і низькою потужністю бічних пелюстівок діаграми спрямованості. Діаграма спрямованості антен при виявленні завади змінюється автоматично, утворюючи провал у напрямку завади. Таким чином, підвищується завадостійкість системи зв'язку.

Стосовно до концепції мережно-центричної війни, в якості базової варто вважати перспективну систему зв'язку АЕНФ. Вона призначена для управління на всіх етапах дій та операцій угруповань військ на ТВД у тактичній і стратегічній ланці управління. Спочатку програма АЕНФ передбачає розробку 2 КА. Надалі планується удосконалення та заміна супутників існуючої системи зв'язку військового управління MILSATCOM, а також модернізація її наземної інфраструктури для підвищення надійності й стійкості в інтересах підтримки й забезпечення системи АЕНФ. Вивід першого супутника планується в 2006 р., а завершення розгортання в повному обсязі – до 2011 р. Варто підкреслити, що в порівнянні з Milstar вартість одного КА знижена в 2 рази. Для НІОКР і розробки системи АЕНФ сформована група компаній: Lockheed Martin, Northrop Grumman Space Technology; Redondo Beach (Каліфорнія, США). Група одержала в листопаді 2002 р. контракт на 2,698 млрд. доларів по створенню демонстраційного варіанта системи, який включає й антенне устаткування. Замовником є Центр космічних і ракетних систем, розташований на авіабазі ВПС біля Лос-Анджелеса

(США). Як і Milstar, система АЕНФ передбачає наявність 3 сегментів.

Космічне угруповання планується в складі 2 спеціалізованих КА вагою близько 2,8 т на геостаціонарних орбітах і одного допоміжного супутника. Корисний вантаж КА складає бортова система обробки сигналів, перетворювачі НВЧ/НЧ діапазонів, 2 фазовані антенні решітки (ФАР) НВЧ-діапазону, 2 комутатори, 2 вузькоспрямовані приймально-передавальні антени, 1 приймальна ФАР НВЧ-діапазону, 6 приймально-передавальних антен для зв'язку з іншими КА, 1 приймально-передавальна багатопроменева антена.

При цьому забезпечується робота з 6000 терміналами на швидкостях передачі даних від 75 біт/с до 8 Мбіт/с. Це дозволить у реальному часі передавати відео-, картографічні дані, інформацію для наведення на цілі і т. ін. Час реконфігурації складає одиниці хвилин. З метою підтримки міжнародних партнерів США система буде обслуговувати термінали не тільки Milstar, але й FAB-T.

Бортова обробка сигналів забезпечить гнучкий оптимальний розподіл ресурсу між військовими й іншими користувачами. Крім збереженої сумісності з LDR і MDR, передбачена можливість забезпечення більш високих швидкостей передачі даних (Extended Data Rates, XDR), що дозволить погодити АЕНФ з іншими військовими програмами й проектами, в яких задіяні КА. Очевидно, до таких варто віднести системи лазерного зв'язку, перспективну мобільну безпроводну мережу оперативного-тактичного зв'язку (Joint Tactical Communication System, JTCS) [7], проект Minuteman, що спрямований на розробку мережі зв'язку військового призначення в інтересах ведення бойових дій разом з об'єктами морського базування сенсорної підсистеми [8], а також проект швидкорозгортаємої радіомережі, призначеної для застосування в районах бойових дій (Rapidly Deployable Radio Network, RDRN) [9], і т. ін. Введення АЕНФ в існуюче угруповання Milstar дозволить задовольнити первісні вимоги, висунуті до систем зв'язку в рамках концепції мережно-центричної війни.

Основу ширококуглових систем космічного зв'язку МО США складає угруповання DSCS III, що складається з 14 КА. Вона характеризується швидкою адаптацією експлуатаційних режимів для терміналів із множинним доступом із кодовим, частотним і часовим поділом каналів (CDMA, FDMA і TDMA). DSCS III забезпечує утворення 6 незалежних високоякісних дуплексних НВЧ-каналів. 3 приймальних і 5 передавальних антен забезпечують роботу зі змінною за шириною діаграми спрямованості.

З 2005 р. на додаток до DSCS III додадуться ширококуглові багатфункціональні КА в рамках програми WGS (Wideband Gapfiller Satellites), керівництво якої здійснює MJPO SMC. Метою програми є забезпечення гнучким високошвидкісним зв'язком широкої користувальницької інфраструк-

тури, включаючи конкретного солдата. Відмінною рисою програми WGS є дуже короткий етап проектування, що дозволить підняти рівень інвестицій у розвиток супутникової промисловості з метою якнайшвидшого створення й запуску високотехнологічних супутників військового призначення.

Програма WGS забезпечить обов'язкові послуги зв'язку командуванню для координації дій військ оперативного-тактичної ланки управління. Це дозволить не тільки реалізувати широкі можливості міжвідомчої взаємодії, але й доступ до мереж систем інформації МО.

Як і інші супутникові системи, WGS має 3-сегментний склад. На першому етапі планується вивід на орбіту в 2005 р. першого КА WGS. В цілому, орбітальне угруповання складе 3 і 5 геостационарних КА відповідно X- і Ka-діапазонів. Передбачається, що КА WGS на 95% будуть складатися з комплектуючих, вироблених у США. Ця обставина дозволила в 2001 р. укласти 10-літній контракт на 1,5 млрд. дол. між ВПС США і компанією Boeing Satellite Systems. Для виводу на орбіту КА WGS планується використовувати ракети-носії Дельта IV і Атлас V.

Слід зазначити, що для обміну даними між супутниками й літаками Пентагон розробляє лазерну систему зв'язку (Transformational Satellite Communications, TSAT) на основі нового протоколу IPv6 [10]. Її пропускна спроможність складе 10 Гбіт/с. Для порівняння, у діючій американській підсистемі подібного призначення у рамках проекту MILSTAR II передача за хвилину складає не більш 10 Мб даних і не здатна обслуговувати приймачі, установлені на техніці, що рухається. У протипагу останньому, TSAT зможе забезпечувати даними одночасно 1500 одиниць мобільної військової техніки. Початок функціонування TSAT планується здійснити до 2016 р. на основі 8 КА. Так як в атмосферних шарах лазерний зв'язок втрачає ефективність, взаємодія супутників із наземними станціями буде вестися по НВЧ-каналі зі швидкістю 2 Гбіт/с.

Крім проаналізованих програм, по відкритих джерелах у США розробляються й інші проекти, наприклад, Global Broadcasting Service Joint Program (GBS), Joint Terminal Engineering Office (JTEO), MILSATCOM Systems Sustainment Office (MSSO), Transformational Communications MILSATCOM (TCM) і т. ін.

Таким чином, масштаби космічних програм США, їхня спрямованість та зміст свідчать про посилення уваги до розвитку військово-космічних можливостей країни по забезпеченню реалізації нової військової стратегії й програми розгортання глобальної системи ПРО США, а також для завоювання в довгостроковому плані домінуючих позицій у космосі.

Подальші розробки космічного компонента інформаційної підсистеми в рамках мережно-центричної війни варто очікувати в напрямку практичної реалізації цифрового діаграмоутворення [11] та цифрової обробки на основі

методу ортогональної дискретної частотної модуляції сигналів (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM) і його модифікацій [12]. Зокрема, технологія цифрового діаграмоутворення використовується в проектах супутникового зв'язку Mitsubishi Electric (Японія) [11], Thuraya (ОАЕ) [13], Inmarsat-4 (США) [14], а OFDM – відповідно у вищезгаданому MinuteMan [8], Do 2004.1 SBIR N04-105 “Scalability analysis of autonomous intelligent networked systems” [15] і Do 2004.1 SBIR N04-109 “MIMO-OFDM based communications for Autonomous Highly Mobile Networks” [15].

**Висновки.** Акцент на забезпечення міжсупутникових зв'язків дозволить знизити залежність космічного сегмента від користувальницького. Уведення до складу корисного вантажу КА устаткування по обробці й маршрутизації потоків інформації у цілому підвищить надійність інформаційної підсистеми в рамках мережно-центричної війни.

### ЛІТЕРАТУРА

1. [Електр. ресурс]. – [http://www.rian.ru/rian/intro.cfm?nws\\_id=731228](http://www.rian.ru/rian/intro.cfm?nws_id=731228).
2. [Електр. ресурс]. – [http://nvo.ng.ru/concepts/2004-03-12/1\\_pentagon.html](http://nvo.ng.ru/concepts/2004-03-12/1_pentagon.html).
3. [Електр. ресурс]. – <http://www.losangeles.af.mil/SMC/MC>.
4. [Електр. ресурс]. – <http://www.losangeles.af.mil/SMC/MC/msso.htm>.
5. [Електр. ресурс]. – <http://www.novosti-kosmonavtiki.ru/content/numbers/245/17.shtml>.
6. [Електр. ресурс]. – <http://www.st.northropgrumman.com>.
7. [Електр. ресурс]. – [http://www.nvo.ng.ru/printed/concepts/2004-04-23/5\\_power.html](http://www.nvo.ng.ru/printed/concepts/2004-04-23/5_power.html).
8. [Електр. ресурс]. – <http://www.ittc.ukans.edu/RDRN/Overview.html>.
9. [Електр. ресурс]. – <http://www.icsl.ucla.edu/minutes/overview.html>.
10. [Електр. ресурс]. – <http://kis.pcweek.ru/Year2004/N15/CP1251/News/chapt8.htm>.
11. Слюсар В.И. Цифровое формирование луча в системах связи: будущее рождается сегодня // Электроника: НТБ. – 2001. – № 1. – С. 6 – 12.
12. Патент України № 47918 А, МПК<sup>7</sup> Н 04J 1/00. Спосіб частотного ущільнення вузькосмугових інформаційних каналів / В.І. Слюсар, В.Г. Смоляр, А.М. Степанець, І.І. Слюсар - № 2001117512; Заявлено 05.11.01; Опубл. 15.07.02, Бюл. №7, 2002.
13. Слюсар В.И. Фазированная антенная решетка системы Thuraya // Сети и телекоммуникации. – 2002. – № 5. – С.54 – 58.
14. [Електр. ресурс]. – <http://www.inmarsat.html>.
15. [Електр. ресурс]. – <http://www.acq.osd.mil/sadbu/sbir/solicitations/sbir041/word/navy041.doc>.

Надійшла 6.07.2005

**Рецензент:** доктор технічних наук, професор Р.Г. Савенко,  
Полтавський військовий інститут зв'язку.