

ВАРІАНТ ПОБУДОВИ РЕГІОНАЛЬНОЇ СУПУТНИКОВОЇ КОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

Явіся В.С., Лисенко О.І., Тимофєєв Є.М.

*Навчально-науковий інститут телекомунікаційних
систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
E-mail: yavisya42@gmail.com*

OPTION OF BUILDING A REGIONAL SATELLITE COMMUNICATION SYSTEM

The author analyzes the ways of building communication satellite systems that are represented in the Ukrainian telecommunications market. To meet the needs of citizens and government agencies in satellite communications services, it is proposed to use a single geostationary satellite.

На сучасному етапі супутниковий зв'язок є ефективним засобом організації доступу до широкого спектру послуг – від телефонного зв'язку та високошвидкісного Інтернету до побудови корпоративних мереж для передачі даних. Такий зв'язок оптимально підходить для встановлення комунікацій між віддаленими регіонами та зонами зі слабо розвиненою інфраструктурою.

Популярність супутникового зв'язку пояснюється його ключовими перевагами, серед яких висока пропускна здатність, можливість роботи у важкодоступних районах та побудова мережі без фізичних комутаційних пристроїв. Якість послуг, що надаються операторами, значною мірою залежить від архітектури системи супутникового зв'язку.

В Україні послуги супутникового зв'язку надаються такими операторами, як Inmarsat, Thuraya, Iridium, Starlink та Globalstar [1, 2]. За орбітальним розташуванням ці системи поділяються на дві групи: геостационарні (Inmarsat, Thuraya) та низькоорбітальні (Iridium, Starlink, Globalstar).

Inmarsat експлуатує мережу з одинадцяти супутників на геостационарній орбіті (~36000 км), які забезпечують 98% глобального покриття, за винятком полярних регіонів. Thuraya використовує три супутники, що охоплюють переважно Європу, Африку та Азію, залишаючи «білі плями» в Північній та Південній Америці, а також на полюсах.

Оператором Thuraya на геостационарну орбіту запущено лише три супутники. Один із них вичерпав свій ресурс, проте залишається на орбіті як резервний. Два активних супутники забезпечують зону покриття, в якій спостерігаються «білі плями» над Світовим океаном, на суходолі в Північній і Південній Америці, а також у районах обох полюсів Землі.

Кожен супутник Inmarsat та Thuraya, що знаходиться на геостационарній орбіті, створює сотні високопотужних сфокусованих променів. Їх можна оперативно налаштовувати для забезпечення необхідної пропускної здатності мережі в регіонах з підвищеним попитом на послуги,

шляхом розширення зони покриття або збільшення кількості променів.

Встановлення з'єднання всередині мережі в межах зони покриття здійснюється без залучення наземних станцій. Підключення абонентських терміналів до наземних мереж оператор Inmarsat забезпечує через три наземні станції, тоді як оператор Thurgaа використовує лише одну [1, 2].

Термін експлуатації супутників становить від 12 до 15 років.

Серед низькоорбітальних супутникових систем, які забезпечують 100% покриття поверхні Землі, вирізняється оператор Iridium.

Система Iridium включає 77 супутників, з яких 66 є активними та розміщені на шести приполярних орбітах. Унікальний механізм міжсупутникового зв'язку дозволяє передавати сигнал від одного супутника до іншого без ретрансляції на Землю. Завдяки цьому для обслуговування викликів Iridium теоретично може функціонувати з однією наземною станцією сполучення (всього працюють дві такі станції).

Супутники Iridium розташовані на висоті 780 км над поверхнею Землі [1, 2].

Супутники Globalstar виконують функції повторювачів із прямою ретрансляцією сигналу. У складі угруповання діють 48 активних супутників та 4 резервні, які розташовані на висоті 1414 км. Підключення до наземних мереж забезпечується мережею шлюзових станцій, що дозволяє одночасно працювати з наземними станціями не менше ніж 40 супутникам.

Через відсутність міжсупутникового зв'язку апарати потребують прямого з'єднання зі станцією для надання послуг користувачам. Така організація мережі дозволяє надавати клієнтам локалізовані в межах певного регіону телефонні номери для терміналів супутникового зв'язку. Однак за відсутності станцій у віддалених регіонах сервіс недоступний, навіть якщо супутники знаходяться над цими територіями. Це обмеження залишає без покриття полюси та деякі регіони Африки й Азії.

До недавнього часу на навколоземній орбіті не було жодного супутника системи Starlink, проте нині вона є однією з найбільших супутникових систем зв'язку. Попри незавершене розгортання, система вже функціонує та поступово змінює світ, зокрема відіграючи важливу роль у підтримці України під час повномасштабного російського вторгнення [3].

Архітектура системи Starlink включає три основні компоненти: низькоорбітальне супутникове угруповання, мережу наземних станцій і користувацькі термінали.

Більшість супутників системи Starlink знаходиться на орбітах висотою 540-550 км, що сприяє значному зниженню затримки сигналу для кінцевих користувачів. Наступний етап розвитку проєкту передбачає розгортання додаткового угруповання з 7518 апаратів на висоті 330-350 км, що є найнижчою орбітою серед існуючих систем супутникового зв'язку. Дані супутники функціонуватимуть у V-діапазоні [3].

У майбутньому компанія SpaceX планує розширити кількість активних супутників до 42 тисяч. Попри масштабність цієї кількості, завдяки досягненням у зниженні вартості запусків та серійному виробництві

супутників, такий план виглядає цілком реалістичним порівняно з очікуваннями кількарічної давності.

Тривалість експлуатації супутників систем Iridium, Starlink та Globalstar становить приблизно 7-10 років.

На сьогодні в Україні значна кількість користувачів, зокрема відомчі структури, використовують послуги супутникового зв'язку. Наразі ці послуги переважно надаються закордонними телекомунікаційними компаніями. Водночас зміни у міжнародному політичному середовищі потенційно можуть призвести до припинення обслуговування українських абонентів.

Альтернативним рішенням для мінімізації таких ризиків є створення власної регіональної системи супутникового зв'язку. Аналіз основних принципів побудови таких систем свідчить, що супутники на геостаціонарній орбіті мають низку переваг над низькоорбітальними системами. До основних переваг належать: можливість обслуговування користувачів без необхідності використання наземних станцій, стабільний рівень сигналу у радіоканалі, відсутність ефекту Доплера, спрощена організація зв'язку та більший термін служби супутників.

Для створення зони обслуговування системою супутникового зв'язку в межах всієї території України потрібний лише один геостаціонарний супутник, тоді як для низькоорбітальних систем необхідно залучити кілька десятків апаратів. Таким чином, створення супутникової системи на базі геостаціонарного супутника є економічно доцільним рішенням.

Водночас слід враховувати основні недоліки таких систем, зокрема перевантаженість геостаціонарної орбіти на окремих ділянках, значне загасання сигналу та істотні затримки при його передачі [4,5].

Отже, для задоволення потреб мешканців України та державних установ у супутниковому зв'язку, достатньо вивести на геостаціонарну орбіту лише один супутник.

Література

1. Sattrans, сайт компанії: Супутниковий Інтернет. <http://sattrans.ua/index.php?route=common/home>.
2. Satphone, сайт компанії: Статті про супутникові телефони, обладнання та супутниковий зв'язок. <https://satphone.com.ua/>.
3. Starlink: Як влаштована система глобального супутникового інтернету. <https://universemagazine.com/starlink-yak-vlashtovana-systema-globalnogo-suputnykovogo-internetu>.
4. Monitoring System and Fixed Communication on the Basis of Nanosatellites. Lysenko, A., Yavisya, V., Alekseeva, I., Tureichuk, A. 2018 International Scientific-Practical Conference on Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2018 - Proceedings, 2019, pp. 495–498, 8632097. DOI: 10.1109/INFOCOMMST.2018.8632097.
5. Approach to building a national satellite communications system Sparavalo, M., Yavisya, V., Lysenko, A., Tureichuk, A. 2019 International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2019 - Proceedings, 2019, 9165399. pp. 123-125. DOI: 10.1109/UkrMiCo47782.2019.9165399.