

УДК 621.396.946:004.7]

STARLINK ЯК ПЕРСПЕКТИВА РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ ЗВ'ЯЗКУ МІЛІМЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ ХВИЛЬ (ММДХ)

Чигіршов І.М.

Науковий керівник – к.т.н. доцент Щербина О.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІРТЗІ
м. Харків, Україна

тел. +38(099)2246550, email: ivan.chyhirov@nure.ua

The report provides an assessment of the prospects for the development of millimeter range communication systems based on the broadband satellite communication system - STARLINK. The technical characteristics of the modern communication system are considered: system architecture; technical characteristics of satellites (number of satellites and parameters of their orbits, prospects and ways of further development of technologies).

It is emphasized that for the current state of relations between Ukraine and the Russian Federation with aggression from Russia, it is very important for Ukraine to have reliable broadband access to the network for coordination of units of the Armed Forces of Ukraine and communication between them.

Сьогодні більша частина людства має доступ до всесвітньої мережі Інтернет, але технології все ще не дозволяють у будь-якій точці Землі отримати широкосмуговий доступ до мережі без використання складного та дорогого обладнання зв'язку.

З нинішньою ситуацією в Україні, надійний та швидкий доступ до мережі має вкрай важливу роль для військових операцій, їхнього координування та зв'язку між підрозділами у польових умовах, тому, з березня 2022 року компанія SPACEX надала Україні доступ до мережі супутникового зв'язку Starlink.

На даний момент Starlink вже є величезною супутниковою системою. Перед компанією стоїть завдання до середини 2027 року запуснути 42 000 супутників Starlink. На навколосемній орбіті знаходяться 4053 супутника, на висоті від 341км до 570 км, які розподілені у групи з нахилом орбіти від 0 до 358 градусів з кроком 2 градуси та здатні покрити доступом до мережі значну частину Землі, середня кількість супутників над Україною – 20.

Кожен із супутників має чотири фазовані антенні решітки, здатні працювати у сантиметровому та міліметровому діапазонах хвиль, сонячну батарею потужністю до 3кВт та систему лазерної передачі даних між супутниками, кожен супутник здатний обслуговувати до 64 абонентів зі швидкістю понад 160 МБіт\с.

Архітектура системи являє собою розташовані на поверхні Землі базові станції (шлюзи), мережу супутників – ретрансляторів на низькій навколосемній орбіті та приймальні абонентські станції на Землі.

Антенна приймальної абонентської станції має процесор ARM і опера-



тивну пам'ять для запуску програмного забезпечення для активної фазованої решітки (АФАР). Блок управління на друкованій платі виконано спеціально на замовлення для SpaceX.

Характеристики супутникової антени абонента: кут огляду антени: 100°; пилозахист: IP54; потужність живлення: 50 – 75 Вт; Габаритні розміри антени: 303 x 513 мм; підтримка стандартів: IEEE 802.11ac (Dual Band 3 x 3 MIMO).

Переваги системи Starlink: – покриття доступом до мережі всієї планети; низька ціна, Starlink орієнтується на надання дешевого широкопasmового супутникового доступу до Інтернету; відмінна швидкість - вже досягає 157 Мбіт/с. У планах швидкість буде лише на рівні 1 Гбіт/с. Недоліки системи Starlink: для безпосереднього приєднання до мережі мінімальна ціна комплекту обладнання - 300-800\$; доступ до Інтернету буде далеко не у всіх. Для 12000 супутників, доступно обслуговувати не більше 14.3 мільйонів наземних терміналів.

У табл.1 наведено порівняння параметрів супутників першого та другого поколінь супутникових систем Starlink.

Таблиця 1

Тип лінії передачі	Частота, ГГц	Частота, ГГц
	Перше покоління	Друге покоління
Супутник – абонент (DownLink)	10.7–12.7	10.7–12.7; 17.8–18.6 18.8–19.3; 19.7–20.2
Абонент – супутник (UpLink)	14.0–14.5	12.75–13.25; 14.0–14.5 28.35–29.1; 29.5–30.0
Супутник – шлюз (DownLink)	17.8–18.6 18.8–19.3	17.8–18.6; 18.8–19.3 71.0–76.0
Шлюз – супутник (UpLink)	27.5–29.1 29.5–30.0	27.5–29.1; 29.5–30.0 81.0–86.0

Порівнюючи характеристики двох поколінь системи, можемо зробити висновок, що сучасні технології зв'язку ММДХ швидко розвиваються, збільшуються несучі частоти та характеристики антен, використовуються більш досконалі технології модуляції та розподілення каналів. Це дозволяє швидко нарощувати пропускну здатність каналів зв'язку, які у майбутньому будуть доступні кожному абоненту у будь-якій точці на Землі. Запорукою цьому є система STARLINK, яка бурхливо розвивається.

Список використаних джерел:

1. Ніколаєнко, Б.А. (2022) – Сучасні супутникові системи зв'язку: навч. посібник. К.: ІСЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 146 с.
2. Офіційний сайт Starlink – <https://www.starlink.com/>
3. Офіційний сайт SpaceX – <https://www.spacex.com/>