

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РАДІОЧАСТОТНОГО РЕСУРСУ В СИСТЕМАХ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ НАСТУПНИХ ПОКОЛІНЬ

Савченко Р.О., Москалець М.В.

Кафедра інфокомунікаційної інженерії ім. В.В. Поповського,
Харківський національний університет радіоелектроніки,
Україна.

E-mail: roman.savchenko1@nure.ua,
mykola.moskalets@nure.ua

Abstract

Respect has been paid to the technology of satellite Internet, for the development of technological and software solutions, such as those developed by the Starlink company, to achieve such results, the connection is like a stink. Regardless of any other technological specifics, the basic concept closely coincides with the theme of my graduate work. At the moment, we are collecting the main characteristics of antennas, solar panels, searching for information about modulation, types of coding, etc..

Актуальність теми

Розглянули технологічні й програмні рішення, які використовуються компанією Starlink для досягнення таких результатів якості зв'язку. Незважаючи на дещо іншу технологічну специфіку, основна концепція повністю співпадає з темою нашої аспірантської роботи.

На цьому етапі дослідження особливу увагу звертаємо на роботу антен. На рис1 представлено антенний комплекс для зв'язку з гейтвеями (або фідерними лініями), на ньому є параболічні антени, що наводяться в процесі польоту на точку Землі, де знаходиться гейтвей.

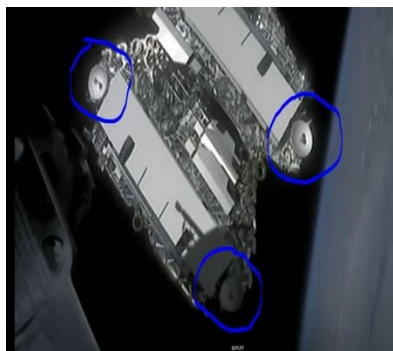


Рис.1. Антенні комплекси для зв'язку зі шлюзовими станціями

Фідерна лінія працює у Ка-діапазоні (18/30 ГГц).

На рис2 плоскі квадратні антени з фазованими решітками — три на передачу інформації від супутника на абонентський термінал та одна для прийому сигналу від терміналу.

Зв'язок між абонентським терміналом та супутником здійснюється в Ку-діапазоні, при цьому для передачі від супутника до абонента можна використовувати 2000 МГц, а від абонента до супутника

лише 500 МГц. З урахуванням двох поляризацій для передачі трафіку супутник має 4000 МГц вниз і прийом на 1000 МГц.

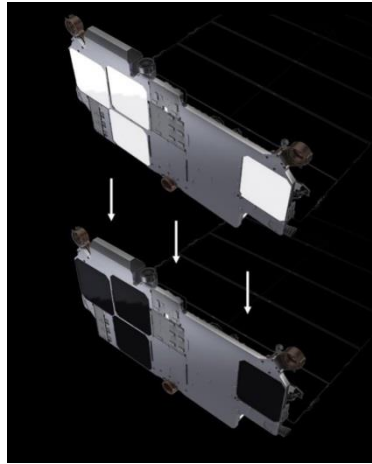


Рис.2. Плоскі квадратні антени з фазованими решітками

Також на борту є комплекс обладнання для командної радіолінії та передачі телеметрії, що використовує по 150 МГц відповідно в Ка та Ку діапазонах. Супутник Starlink є ретранслятором і не робить обробки інформації: на його борту відбувається лише зміна частоти сигналу, що приймається, і його посилення. Також супутники першого покоління не мають міжсупутникового зв'язку (ISL – Inter Satellite Link) і можуть отримувати і передавати інформацію лише на Землю. В супутниках другого покоління реалізований механізм передачі інформації не тільки від супутника на Землю, а і між супутниками за допомогою лазерних систем, що в свою чергу дозволяє розширити покриття планети.

Як видно з таблиці параметрів абонентського терміналу, канал від супутника до абонентського терміналу має максимальну ширину 240 МГц у напрямку вниз і 60 Мегагерц у напрямку вгору. У такій конфігурації, оптимальній з точки зору ефективності використання частотного ресурсу, в зоні покриття одного Супутника Starlink зможуть працювати не більше 16 променів, які повністю використовують доступні 4000 МГц частотного ресурсу в Ку діапазоні (з урахуванням захисних інтервалів та частот для командної радіолінії та передачі телеметрії) за умови використання обох поляризацій під час передачі зі супутника на абонентський термінал. Для пояснення яким чином супутник маючи тільки 16 променів може забезпечити практично суцільне покриття певної території звернімо увагу на рис.4. Існує гіпотеза, що поверхня Землі розбита на ділянки рівного розміру діаметром близько 30 км, і що промінь зі Starlink "стрибає" по них, перемикаючись кожні 5 мікросекунд. На рисунку приклад розбиття поверхні на 8 і 20 фрагментів, промінь переходить з одного фрагмента на інший, обмінюється інформацією з терміналами, що знаходяться в певному фрагменті й переходить на наступний. При цьому треба розуміти, що чим більше фрагментів має обійти промінь, тим менша реальна швидкість, яку "бачить" абонентський термінал та програма Speedtest і тим більша затримка. Групуючи термінали меншими групами, ми зменшуємо затримку і збільшуємо швидкість приблизно в 2,5 рази. Саме такий ефект отримуємо, якщо один промінь проходить 8 зон замість 20. Час одного циклу скоротиться, а загальна швидкість передачі для кожного з фрагментів зросте. Зазначимо, що тести StarLink показують співвідношення сигналу шуму (параметр SNR) в районі 11-12 дБ, що відповідає можливості реалізації спектральної ефективності в районі 3 біт/Гц (16 APSK %). Тобто в каналі шириною 240 МГц можна передати 720 Мбіт. Якщо ми будемо одним променем обслуговувати 20 фрагментів, швидкість для кожного з них не перевищить 36 Мбіт, якщо 8 фрагментів, то 90 Мбіт. Однак, якщо промінь "скакатиме", тільки між 2 фрагментами, то швидкість досягне максимуму 360 Мбіт. Це показує, навіщо SpaceX потрібно так багато супутників, бо чим їх більше, тим якіснішою буде послуга для абонента.

Висновки

Підбиваючи підсумок проведених нами досліджень, для однозначної відповіді чи можемо ми застосувати практики технології Starlink для покращення ефективності використання радіочастотного ресурсу в системах мобільного зв'язку наступних поколінь, необхідно також розглянути й описати

наземну частину системи, а саме роботу Gateway'їв, роботу абонентських терміналів, більше детально вивчити кодування та методи модуляції.

Література

1. Савченко Р.О., Селіванов К.О., Москалець М.В. Методи оптимального розподілення радіочастотного ресурсу у мережах мобільного зв'язку нових поколінь / Р.О. Савченко, К.О. Селіванов, М.В. Москалець // Матеріали восьмої Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми електромагнітної сумісності перспективних безпроводових мереж зв'язку (EMC-2022)». Харків, ХНУРЕ, Том 6, 2022, с. 78-79.
2. Савченко Р.О., Селіванов К.О., Москалець М.В. Методика побудови фемтостільників у мережах мобільного зв'язку/ Р.О. Савченко, К.О. Селіванов, М.В. Москалець // Матеріали восьмої Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми електромагнітної сумісності перспективних безпроводових мереж зв'язку (EMC-2022)». Харків, ХНУРЕ, Том 6, 2022, с. 80-81.
3. Савченко Р.О., Селіванов К.О., Москалець М.В. Методи «когнітивного радіо» у системах мобільного зв'язку 5G/.О. Савченко, К.О. Селіванов, М.В. Москалець // Матеріали восьмої Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми електромагнітної сумісності перспективних безпроводових мереж зв'язку (EMC-2022)». Харків, ХНУРЕ, Том 6, 2022, с. 82-83.