

## ОГЛЯД СУПУТНИКОВОГО ІНТЕРНЕТУ STARLINK

**Нсер А.М., Міночкін Д.А.**

*Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна  
E-mail: nser.anzhela@gmail.com*

### STARLINK SATELLITE INTERNET REVIEW

This article will describe the Starlink satellite Internet system. Namely, the construction of this system and the operation of satellites, their location and number. The principle of operation, technology and the current state of the whole project.

В цій статті описано супутниковий інтернет системи Starlink. А саме побудова цієї системи та робота супутників, їх розташування та кількість. Принцип роботи, технології та теперішній стан всього проекту.

Starlink — проект американської компанії SpaceX щодо розробки високопродуктивної супутникової платформи для виготовлення супутників зв'язку та запусків великої їх кількості (сузір'я) у космос. Утворена таким чином нова система зв'язку зможе надавати доступ до ширококутового (високошвидкісного) Інтернету у віддалених від комунікацій місцях.

Відповідно документам, поданим до Федеральної комісії зі зв'язку США, супутники у космосі спілкуватимуться між собою на частоті понад  $10^3$  ГГц за допомогою лазерного променя. Із наземними станціями та терміналами користувачів зв'язок здійснюється у радіо (Ku- та Ka-) діапазонах на частоті 12 ГГц. Ku-антени більш надійні у роботі навіть у хмарну та дощову погоду, а Ka-антени забезпечують значно більшу пропускну здатність.

Станом на 11 лютого 2021 року SpaceX запустила 1085 супутників Starlink (включаючи демонстраційні супутники Tintin A і B), а на орбіті знаходяться 1021 супутник. Вони планують запускати до 60 додаткових супутників на рейс Falcon 9, причому запуски будуть проводитися кожні два тижні в 2021 році. В цілому планується розгорнути близько 12 000 супутників з можливим подальшим розширенням до 42 000.

У лютому 2021 року Маск заявив, що супутники рухаються по 25 орбітам, згрупованим між 53 градусами на північ і південь від екватора.

Космічні апарати Starlink спеціально сконструйовані для групового запуску двома стопками по 30 супутників під обтічником ракети Falcon 9 і мають розміри: довжина - 3,2 м, ширина - 1,6 м, висота - 0,2 м.

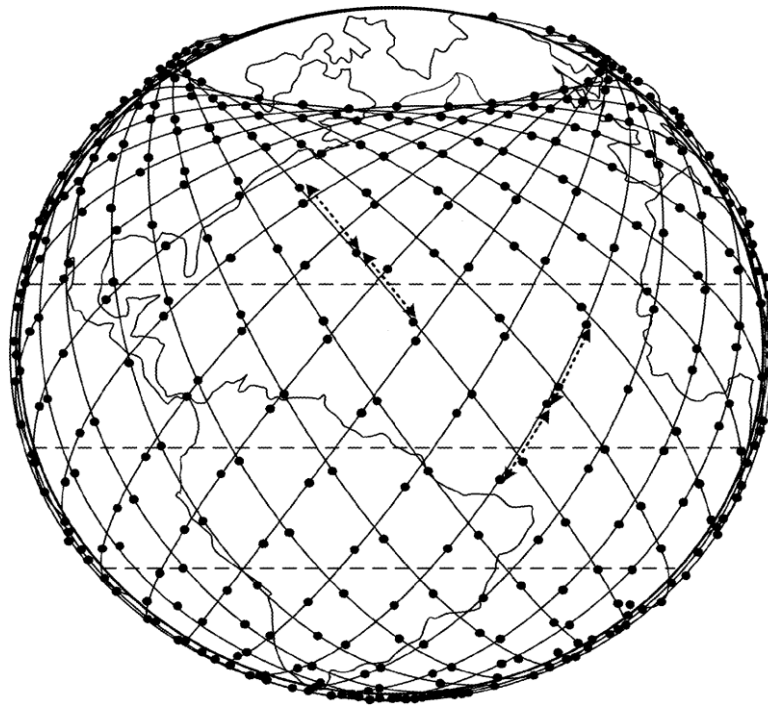


Рис.1. Поточний вигляд угруповання Starlink.

Архітектура мережі Starlink складається з космічного і наземного сегменту. Космічний сегмент - це супутники на низькій орбіті (на даний момент розгортаються перші 1 600 супутників на орбіті заввишки 550 км з нахилом 53 градусів). Наземний сегмент:

- Центр управління мережею (Network Management System),
- Шлюзові станції (Gateway),
- Абонентський термінал (User Terminal).

Після виведення групи супутників на опорну орбіту (як правило це 280 км) супутники розкривають сонячні батареї, встановлюють контакт з наземним Центром управління і проводять перевірку на працездатність і відсутність пошкоджень при відділенні від ракети, далі вони активують електроракетні двигуни (ЕРД) на криптоні і починають рух на робочу орбіту, яке займає 2-3 місяці. Сонячні батареї при запуску складені "гармошкою" і мають 12 сегментів, де довга сторона кожного сегмента дорівнює ширині супутника. Для переміщення супутника з опорної орбіти 280 км на робочу 550 км і утримання його на ній використовуються плазмові двигуни або електроракетні двигуни.

Електроракетні двигуни мають запас криптону орієнтовно 5-10 кг, який заправлений в шаробалони високого тиску. Даний запас дозволить підняти супутник на кругову орбіту 550 км, утримати супутник на ній протягом п'яти років, а потім змінити орбіту з круговою на еліптичну, змінивши перигей з 550 км до, припустимо, 250 км, де за рахунок гальмування об залишки атмосфери супутник досить швидко загальмується і згорить. Основний корисним

навантаженням супутника Starlink є 2 антенних комплексу для зв'язку з шлюзовими станціями і з абонентськими терміналами.

Перебуваючи на орбіті в 550 км, супутник може покрити своїм сигналом пляма на Землі радіусом 950 км (тобто діаметром приблизно 1900 км) за умови, що кут місця для абонентського терміналу не буде менше 25 °. Відзначимо, що ефективна робота антен з плоскою фазованою решіткою можлива при куті місця 40 ° і більше.

Діаграма спрямованості антени - дуже важливий параметр антени, і головним критерієм тут є кут, на якому потужність сигналу в 2 рази вище. Чим більше діаметр (площа) антени, тим менше кут діаграми спрямованості і більше її коефіцієнт посилення.

Центр управління мережею забезпечує управління всією мережею супутникового зв'язку, координацію роботи шлюзових і абонентських станцій, завдання єдиного часу в мережі, виділення частотних слотів на супутниках для роботи (передачі даних) шлюзових і абонентських станцій, ведення білінгу, збору даних про передану і отриманої інформації, збір даних про стан системи.

Шлюзові станції забезпечують передачу інформації з мережі інтернет через супутник на абонентські термінали.

Система не буде безпосередньо підключатися зі своїх супутників до мобільних телефонів. Замість цього він буде пов'язаний з плоскими терміналами, які будуть мати фазовані антенні решітки і відслідковувати супутники. Термінали можна встановити де завгодно, якщо вони бачать небо.

Варто зауважити, що на офіційному сайті зазначено, що покриття для України буде в 2022 році. І вже зараз можна здійснити передплату та купити обладнання.

Starlink є найбільшим проектом в області супутникового зв'язку, а можливо, і всієї галузі телекомунікацій в XXI столітті, і дає теоретично шанси на те, що супутниковий зв'язок знову стане актуальний, бо останні 20 років вона поступово поступалася волоконно-оптичних ліній в сегменті магістральних каналів і стільникового зв'язку - на ринку широкопasmового доступу в інтернет для кінцевого споживача.

### Література

1. Cole, Richard E. (2020). "A Sky Brightness Model for the Starlink "Visorsat" Spacecraft".
2. Енциклопедія Starlink / [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.comnews.ru/content/209438/2020-10-07/2020-w41/enciklopediya-starlink#toc5>.
3. Tregloan-Reed, J.; Otarola, A.; Ortiz, E.; Molina, V.; Anais, J.; González, R.; Colque, J. P.; Unda-Sanzana, E. (2020). "First observations and magnitude measurement of Starlink's Darksat".
4. Starlink — Спутниковый интернет от Илона Маска: Разбор/ [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://habr.com/ru/company/droider/blog/528920/>.