

УДК 621.396.96

ТЕХНОЛОГІЯ APC В СУПУТНИКАХ STARLINK

Артюх В.С.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Орел Р.П.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. Фізики

м. Харків, Україна

тел. +38(063) 815-75-17.

The Adaptive Phase Correction (APC) technology used in the Starlink satellite internet system is shown. How APC uses artificial intelligence algorithms to automatically adjust the phase synchronization between the satellite and the terminal is considered. The importance of a fast and reliable Internet connection and how APC helps to achieve this are presented.

Інтернет є одним з найважливіших винаходів людства, оскільки він надає людям доступ до величезної кількості інформації та ресурсів. Починаючи від новин та наукових статей до відеоуроків та розважальних матеріалів. Це робить освіту, наукові дослідження та повсякденне життя більш ефективними та продуктивними.

Погане з'єднання може сповільнити швидкість завантаження веб-сторінок, відео та інших файлів. Це може призвести до тривалих затримок, які можуть загальмувати роботу або ускладнить використання інтернет-ресурсів.

Starlink – супутникова інтернет-система, розроблена SpaceX, яка забезпечує швидкий доступ до Інтернету через супутники на низькій навколосезній орбіті. Для зв'язку із супутниками Starlink потрібні термінали для підключення до супутникової мережі. Однією з ключових технологій, що використовуються в системі Starlink для зв'язку з терміналами, є Adaptive Phase Correction (APC). APC – це технологія, яка оптимізує фазову синхронізацію між терміналом і супутником, що призводить до покращення якості зв'язку та зменшення затримки [1].

Одним з ключових принципів технології APC є використання обладнання з алгоритмами штучного інтелекту для автоматичного налаштування фазової синхронізації. Система Starlink збирає велику кількість даних про стан супутників, терміналів та погодні умови, щоб точно визначити оптимальні параметри фазової синхронізації. За допомогою цих даних алгоритми штучного інтелекту можуть швидко та ефективно коригувати значення фазової синхронізації, забезпечуючи найкращу якість зв'язку [2].

Технологія APC використовує антени з активним елементом для поліпшення зв'язку між терміналом та супутником. Ці антени можуть швидко та ефективно налаштовуватися на різних частотах, що дозволяє підтримувати якість зв'язку в умовах зі значними електромагнітними завадами.

Не менш важливо що ця технологія використовується в супутниках для автоматичного керування потужністю сигналу, що передається. Фізичний принцип роботи АРС заснований на використанні зворотного зв'язку та адаптивної регуляції посилення.

Адаптивний підсилювач потужності в супутниках дозволяє автоматично регулювати рівень потужності сигналу, що передається в залежності від зміни умов передачі, таких як відстань до земної станції і перешкоди в каналі зв'язку. Це дозволяє зберігати стабільність та якість передачі даних, а також скорочувати споживання енергії та збільшувати термін служби супутників [3].

При передачі сигналу від супутника Starlink до земного приймача супутник і приймач перебувають у русі відносно один одного. Якщо супутник рухається до землі, то його переданий сигнал буде стиснутим і його частота буде вищою, ніж вона була б у спокої. Це явище має назву ефекту Доплера. Якщо ж супутник віддаляється від землі, то його переданий сигнал буде розтягнутим і його частота буде нижчою, ніж вона була б у спокої.

Супутники системи Starlink справляються з ефектом Доплера шляхом використання двох основних методів. Перший метод – «Автоматична корекція» частоти, суть якого полягає в тому, що кожен супутник Starlink оснащений точним атомним годинником, який генерує стабільну високочастотну хвилю. Другий метод – «Ретрансляція сигналів», це коли користувач на Землі надсилає сигнал на супутник, то супутник отримує цей сигнал на частоті, яка може бути змінена через ефект Доплера.

Загалом технологія АРС є важливим компонентом системи Starlink, яка забезпечує швидкий і надійний доступ до Інтернету через супутники на низькій навколосемній орбіті, а також для зменшення ризику зіткнення з іншими об'єктами у космосі. Без цієї технології система Starlink не змогла б функціонувати настільки ефективно, як це робиться зараз.

Список використаних джерел:

1. Starlink: що це таке, як працює та хто зможе ним користуватися в Україні <https://ms.detector.media/it-kompanii/post/29166/2022-03-13-starlink-shcho-tse-take-yak-pratsyuie-ta-khto-zmozhe-nym-korystuvatysya-v-ukraini/>

2. Як працює система Starlink <https://www.the-village.com.ua/village/city/how-it-works-city/325497-gid-po-starlink>

3. SpaceX. Adaptive Phase Correction (APC) - Starlink Terminal Tech. <https://www.starlink.com/technology>