

УДК 621.396.946

**Явіся В.С.**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**Петрова В.М.**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

## СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ АБОНЕНТІВ ПЕРСОНАЛЬНОГО СУПУТНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

*Супутниковий зв'язок надає широкий спектр телекомунікаційних послуг майже у будь-якій точці земної кулі. При цьому якість надання послуг телефонії напряму залежить від способу побудови супутникової системи. Для скорочення часу затримки проходження сигналу у системах супутникового зв'язку, які використовують супутники на геостаціонарній орбіті, пропонується додатково використовувати угруповання низькоорбітальних наносупутників.*

**Ключові слова:** супутниковий зв'язок, геостаціонарна орбіта, затримка сигналу, наносупутник.

**Постановка проблеми.** Сьогодні супутниковий зв'язок – це реальна можливість організації та підключення до всіх сервісів – від телефонії, високошвидкісного доступу в Інтернет до побудови корпоративних мереж для передачі даних. Супутниковий зв'язок – оптимальний варіант для створення комунікацій між географічно віддаленими регіонами, а також районами з нерівномірно розвиненою інфраструктурою.

Затребуваність супутникового зв'язку пояснюється його перевагами, серед яких, зокрема [1]:

- велика пропускна здатність, зумовлена роботою супутників у широкому діапазоні гігагерцових частот;

- забезпечення зв'язку між станціями, розташованими на дуже великих відстанях, і можливість обслуговування абонентів у важкодоступних районах;

- незалежність вартості передачі інформації від відстані між абонентами (вартість залежить від тривалості передачі або обсягу переданого трафіку);

- можливість побудови мережі без фізично реалізованих комутаційних пристроїв, яка зумовлена широкомовністю роботи супутникового зв'язку.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Сучасні системи персонального супутникового зв'язку за орбітальною ознакою умовно можна розділити на дві групи. До першої належить супут-

никовий зв'язок операторів *Inmarsat* та *Thuraya*, який працює на геостаціонарних супутниках, що обертаються зі швидкістю землі. Друга група представлена відомими операторами – *Iridium* та *Globalstar*, які являють собою низькоорбітальні системи.

Компанія *Inmarsat* має та експлуатує одну з найбільших у світі мереж супутникового зв'язку. Ця мережа має парк з одинадцяти супутників (два з яких є резервними) на геостаціонарній орбіті на відстані близько 36 000 кілометрів від Землі і включає супутники нового покоління, які являють собою певний еталон для систем мобільного супутникового зв'язку з позиції їх енергетичних можливостей, пропускної спроможності й універсальності. Виведені на орбіту супутники забезпечують глобальне охоплення широкосмуговим зв'язком 98% земної поверхні, за винятком крайніх полярних регіонів.

На геостаціонарну орбіту оператором *Thuraya* запущено всього три супутники, один з яких вже відпрацював свій ресурс, однак і надалі перебуває на орбіті як резервний. Два активних супутники утворюють зону покриття, в якій існують «білі плями» як у світовому океані, так і на суші (Північна та Південна Америка, більша частина північних територій Росії, а також обидва полюси Землі).

Кожний із супутників *Inmarsat* та *Thuraya*, розташованих на геостаціонарній орбіті, генерує

сотні надпотужних сфокусованих променів, які можуть бути оперативно сконфігуровані так, щоб давати необхідну пропускну здатність мережі в районах підвищеного попиту на послуги шляхом розширення або збільшення кількості променів.

Дзвінок всередині мережі в будь-якій точці зони покриття здійснюється без використання наземних станцій. З'єднання абонентських терміналів із наземними мережами оператором *Inmarsat* забезпечується трьома наземними станціями, оператор *Thuraya* використовує одну таку станцію [2; 3].

Термін служби супутників розрахований на 12–15 років [4].

Безумовним лідером групи низькоорбітальних супутникових систем можна вважати оператора *Iridium*, якому вдалося забезпечити 100%-ве покриття поверхні Землі.

У системі *Iridium* функціонують 77 супутників, 66 з яких є активними, що розміщуються на 6 приполярних орбітах. Розроблений для цієї мережі механізм міжсупутникових зв'язків дає змогу передавати сигнал з одного супутника на інший без ретрансляції цього сигналу на Землю. Таким чином, теоретично *Iridium* може працювати за наявності лише однієї земної станції сполучення, що приймає всі абонентські дзвінки (всього працює 2 такі станції). Супутники *Iridium* знаходяться на висоті 780 км над поверхнею Землі, нижче всіх інших супутників, які використовуються іншими відомими системами мобільного супутникового зв'язку [2, 3].

Супутники *Globalstar* є ретрансляторами з прямою ретрансляцією. В угрупованні є 48 активних та 4 резервних апарати, які знаходяться на висоті 1414 км. Мережа наземних шлюзових станцій забезпечує можливість підключення від 40 супутників до наземних мереж. У зв'язку з відсутністю міжсупутникового зв'язку апарати повинні мати вихід до станції з метою надання послуг для всіх користувачів, яких можна розпізнати. Використання мережі наземних шлюзів надає клієнтам локалізовані регіональні телефонні номери для мобільних телефонів супутникового зв'язку. Але якщо немає станцій прийому сигналу в деяких віддалених районах, сервіс не може бути наданий у цих районах, навіть якщо супутники присутні над ними. Внаслідок цього без покриття залишаються полюси й окремі регіони в Африці та Азії.

Термін служби супутників *Iridium* та *Globalstar* – в межах 7–10 років [4].

Загальними недоліками супутникових мереж зв'язку є [1]:

– необхідність витрат коштів і часу на забезпечення конфіденційності передачі даних;

– наявність затримки прийому радіосигналу наземною станцією через великі відстані між супутником і наземним сегментом;

– можливість взаємного спотворення радіосигналів від наземних станцій, що працюють на суміжних частотах;

– схильність до спотворень сигналів на ділянках «Земля – супутник» і «супутник – Земля» внаслідок впливу різних атмосферних явищ.

Проведений аналіз принципів побудови глобальних систем супутникового зв'язку дає змогу дійти висновку про те, що системи з апаратами на геостаціонарній орбіті мають низку переваг:

– можливість обслуговування абонентів мережі без наземних шлюзових станцій;

– висока стабільність рівня сигналу в радіоканалі;

– відсутність ефекту Доплера;

– простота організації зв'язку в глобальному масштабі.

Недоліками є:

– перенасиченість геостаціонарної орбіти на багатьох ділянках;

– неможливість обслуговування приполярних областей;

– високе загасання сигналу;

– значна затримка у проходженні сигналу.

**Постановка завдання.** Для користувача послугами супутникового зв'язку найбільш суттєвим є останній недолік. Позбавитися його можливо лише за умови створення коротшого шляху проходження сигналу. Така можливість з'являється за рахунок роумінгу, за умови того, що абонент із дворезимним терміналом потрапляє до зони обслуговування наземної мобільної мережі *GSM*. Але така можливість є не завжди.

**Виклад основного матеріалу.** Пропонується інший спосіб усунення зазначеного недоліку, який передбачає певного роду модернізацію супутникового угруповання. Мова йде про застосування наносупутників (НС). Такі апарати важать всього кілька кілограмів і можуть виводитися в космос як попутне навантаження або одразу пакетами з десятків і навіть сотень одиниць. Доступ абонентів до ресурсів мережі можливий саме через НС. Кластери НС можуть використовуватися як ретрансляційна мережа. За умови розташування орбіти НС на висотах до 700 км з'являється потенційна можливість зменшення затримки сигналу за рахунок скорочення протяжності маршруту його проходження.

На рисунку 1 зображено обслуговування абонентів, які перебувають у зоні обслуговування одного геостационарного супутника (ГС). Цей варіант обслуговування передбачає встановлення з'єднання за декілька основних етапів. На першому етапі ініціатором, наприклад Абонентом 1, надсилається запит на ГС на обслуговування, отримується його підтвердження, після чого передається адресна інформація (ділянка 1.1). По завершенні аналізу визначається можливість встановлення з'єднання з Абонентом 2 (ділянка 1.2) та за наявності такої відбувається передача трафіку між абонентами по маршруту: Аб.1–1.1–ГС–1.2–Аб.2.

Довжина шляху проходження сигналу без урахування кривизни поверхні Землі за відстані до ГС близько 36 000 км становить порядку  $S1 = 72\ 000$  км, що відповідає часу затримки у проходженні сигналу в одному напрямі:  $T_{затр1} = S1/C = 0,24$  (с).

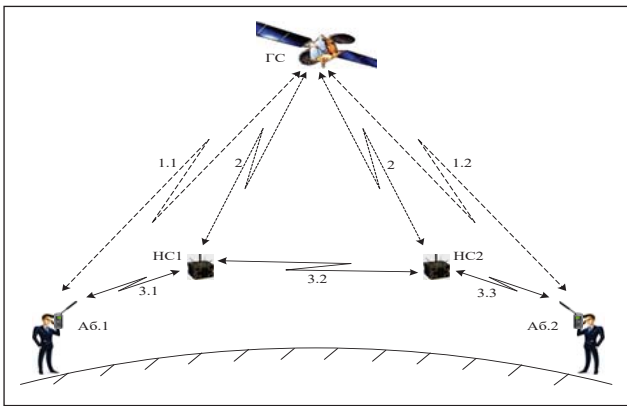


Рис. 1. Етапи встановлення з'єднання та проходження сигналів між абонентами

За наявності угруповання НС передбачається, що інформація про розташування НС є доступною та постійно оновлюється на ГС. Алгоритм встановлення з'єднання незначно ускладнюється і виглядає таким чином. Початковий етап (ділянки 1.1, 1.2) практично збігається з попередньою ситуацією. Але після встановлення факту доступності Абонента 2 відбувається аналіз можливості встановлення з'єднання абонентів із певними НС (ділянка 2), а також між зазначеними НС. За значної кількості НС в угрупованні така можливість високоїмовірна. Тобто, якщо вона є, від ГС надходить сигнал управління як до абонентських терміналів, так і до визначених НС на встановлення з'єднань між терміналами і НС (ділянки 3.1, 3.3) та між НС (ділянка 3.2). Залежно від відстані між абонентами буде змінюватися кількість ділянок 3.2 у маршруті. На рис. 1 представлений варіант такого з'єднання між абонентами по маршруту: Аб.1 – 3.1 – НС1 – 3.2 – НС2 – 3.3 – Аб.2.

Довжина шляху проходження сигналу між абонентами, які знаходяться на відстані 10 000 км один від одного за відстані до НС близько 700 км, становить порядку  $S2 = 12\ 000$  км, що відповідає часу затримки сигналу в одному напрямі:  $T_{затр2} = S2/C = 0,04$  (с).

Варто зазначити, що проведені розрахунки здійснювалися без урахування часу обробки сигналів на борту ГС та НС.

**Висновки.** Таким чином, застосування угруповання НС у системах із супутниками на геостационарній орбіті дасть змогу значно скоротити час запізнювання сигналу і тим самим підвищити якість обслуговування абонентів.

#### Список літератури:

1. Сомов А.М., Корнев С.Ф. Спутниковые системы связи: учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2014. – 244 с.
2. SatcomDV, сайт компании. Информация о системах спутниковой связи. / Электронный ресурс/ [http://www.satcomdv.ru/informaciya\\_o\\_sistemah\\_sputnikovoj\\_sa](http://www.satcomdv.ru/informaciya_o_sistemah_sputnikovoj_sa).
3. Быховский М.А. Развитие телекоммуникаций. На пути к информационному обществу. Развитие спутниковых телекоммуникационных систем: учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2014. – 436 с.
4. Кукк К.И. Спутниковая связь: прошлое, настоящее, будущее. – М.: Горячая линия – Телеком, 2015. – 256 с.

### **СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ АБОНЕНТОВ ПЕРСОНАЛЬНОЙ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ**

*Спутниковая связь предоставляет широкий спектр телекоммуникационных услуг практически в любой точке земного шара. При этом качество предоставления услуг телефонии напрямую зависит от способа построения спутниковой системы. Для сокращения времени задержки прохождения сигнала в системах спутниковой связи, использующих спутники на геостационарной орбите, предлагается дополнительно использовать группировки низкоорбитальных наноспутников.*

**Ключевые слова:** спутниковая связь, геостационарная орбита, задержка сигнала, наноспутник.

### **A METHOD OF IMPROVING THE QUALITY OF SERVICE FOR PERSONAL SATELLITE COMMUNICATIONS**

*Satellite communication provides a wide range of telecommunications services practically anywhere in the world. At the same time, the quality of the provision of telephony services directly depends on the method of building a satellite system. To reduce the signal propagation delay time in satellite communication systems using satellites in the geostationary orbit, it is proposed to additionally use groups of low-orbit nanosatellites.*

**Key words:** satellite communications, geostationary orbit, signal delay, nanosatellite.