

УДК 621.391

Імалковський М.О.; Мальчик А.С.

## ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЙ СУПУТНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

**Imalkovsky M.O. Malchik A.S. Comparative characteristics of satellite communication technologies**

At the moment, the satellite Internet access is marketed as a back-up option in the cities because of its low speed and high cost compared to the cable Internet. Indeed, it is more feasible in terms of economics to use it in places where it is impossible to bring the cable Internet. In such areas, the public demand for satellite communication is constantly growing. The research paper examines the current satellite system technologies such as SCPS technology, SkyWan technology, Dama technology, DirecWay technology, ISBN technology, their basic characteristics such as maximum data rate, the number of terminals in the network, view of the topology, the research paper gives advantages and disadvantages of each technology. On the basis of the current article we can conclude in expedient choice of the most cost-effective technology for the construction of a large corporate data network.

**Keywords:** satellite communication network, ASE, SCPC technology, SkyWAN technology, DAMA technology, DirecWay technology, ISBN technology.

**Імалковський М.О. Мальчик А.С. Порівняльна характеристика технологій супутникового зв'язку**

На даний момент супутниковий зв'язок позиціонується як резервний в містах через його малу швидкість та велику вартість в порівнянні з кабельним. Дійсно економічно доцільніше його використання в місцях де не має можливості провести кабельний зв'язок, саме там попит населення на супутниковий зв'язок постійно зростає. В статі розглядаються актуальні технології супутникового зв'язку, визначається найбільш техніко-економічно ефективна технологія для побудови великої корпоративної мережі передачі даних.

**Ключові слова:** супутникова комунікаційна система, ШСЗ, SCPC, SkyWan, DAMA, DirecWay, HES, ISBN.

**Ималковский Н.О. Мальчик А.С. Сравнительная характеристика технологий спутниковой связи**

В настоящее время спутниковая связь позиционируется, как резервная в городах, из-за её малой скорости и большой стоимости по сравнению с кабельной. Действительно, экономически целесообразнее её использование в местах где нет возможности провести кабельную связь, именно там спрос населения на спутниковую связь постоянно растёт. В статье рассматриваются актуальные технологии спутниковой связи, определяется наиболее технико-экономически эффективная технология для построения большой корпоративной сети передачи данных.

**Ключевые слова:** спутниковая коммуникационная система, ИСЗ, SCPC, SkyWan, DAMA, DirecWay, HES, ISBN.

### Вступ

В період активного розвитку інформаційних технологій обмін даними між користувачами стає невід'ємною частиною життя. Мешканцям мегаполісів вже важко уявити своє життя без Інтернету. З його допомогою ми можемо робити майже все: спілкуватися з людьми з будь якої країни, дізнаватися новини, дивитися фільми, робити замовлення і т. д. В Україні тільки близько 8 млн осіб мають доступ до мережі Інтернет. Підключені вони завдяки провідним технологіям, в тих населених пунктах, де оператори зв'язку та провайдери мають провідні канали зв'язку. Але якщо в великих містах є вибір, яким Інтернетом користуватися, то в сільській місцевості або в місцях, куди важко чи економічно не вигідно протягнути дріт для забезпечення Інтернет-зв'язку (місця із складним ландшафтом, там де є гори чи морське узбережжя) вибір залишається лише один – це супутниковий Інтернет.

© Імалковський М.О. Мальчик А.С., 2016

Транспортна мережа супутникового зв'язку потенційно може бути побудована на основі декількох супутникових технологій, основними з котрих є:

- Технологія SCPC (Single Channel per Carrier або «один канал на несучу»);
- Технологія, заснована на використанні спеціалізованих телефонних наземних станцій типу TES (Telephony Earth Station) (технологія SCPC+DAMA);
- Технологія, заснована на використанні персональних наземних станцій типу PES (Personal Earth Station) -система ISBN (Integrated Satellite Business Network);
- Технологія, заснована на використанні гібридних наземних станцій типу HES (Hybrid Earth Station) (технологія ISBN+TES);
- Технологія, «кожний з кожним» без центральної станції супутникового зв'язку технологія DAMA (Demand Assigned Multiple Access )
- Технологія DirecWay [1].

### Виклад основного матеріалу дослідження

**Технологія SCPC**, в чистому вигляді являє собою з'єднання між двома земними станціями через супутниковий ретранслятор, при цьому необхідний частотний канал, привласнений їм постійно для їх виняткового використання. Для побудови мереж, найбільш поширеним є метод багатостанційного доступу з частотним поділом каналів і одним каналом на несучу (FDMA/SCPC). Даний метод дозволяє організувати супутникові лінії зв'язку пункту з пунктом, пункту з багатьма пунктами і навіть повністю взаємопов'язані мережі. Присвоєння каналів ретранслятора земним станціям може бути фіксованим або змінним. У першому випадку (система з попередніми закріпленням) кожна смуга для каналу в ретрансляторі призначена для використання конкретної станції. У другому випадку (система з наданням каналів на вимогу - DAMA) смуги для каналів в ретрансляторі присвоюються різним земним станціям згідно їх миттєвим потребам.

При роботі в режимі DAMA, попередня сигналізація, необхідна для негайного надання каналів трафіку, зазвичай виконується центральною (головною) станцією. Однак, така станція не виконує функції станції «HUB», тобто зв'язок між усіма земними станціями здійснюється не через центральну станцію, а в один стрибок. Для передавальних сигналів зі швидкістю передачі 64 кбіт/с потрібна смуга шириною 45 кГц. Ретранслятор з шириною смуги 36 МГц може пропустити до 800 одночасно діючих каналів 64 кбіт/с. Основними областями застосування мереж SCPC є телефонія для сільських районів (або регіонів зі слабозрозвинутою інфраструктурою зв'язку) аварійний зв'язок і зв'язок при ліквідації наслідків стихійних лих [2].

**Технологія DAMA.** Технологія, заснована на використанні спеціалізованих телефонних наземних станцій (Telephone Earth Station), і являє собою супутникову цифрову мережу телефонного зв'язку і передачі даних, що включає велику кількість земних станцій і має повнозв'язну структуру (зв'язок типу «кожен з кожним»). Загальну структурну схему мережі TES-станцій можна розглянути на рис. 1. Система працює в режимі багатостанційного доступу з наданням супутникового каналу на вимогу від виклику до виклику (DAMA) для телефонних каналів і в режимі закріплених супутникових каналів для каналів передачі даних. Зв'язок між земними станціями здійснюється одним стрибком - методом «один канал на несучу» (SCPC).

Система TES підтримує телефонний зв'язок, передачу синхронних і асинхронних даних, факсимільних сигналів, даних інтегральних цифрових мереж (ISDN) і потоків E1 і T1 між будь-якими віддаленими терміналами системи. Мовний і інформаційний трафік передаються безпосередньо між віддаленими терміналами, а не через центральну станцію, тобто одним стрибком, і таким чином затримка передачі через супутник мінімізується.

Центральна станція забезпечує тільки контроль і управління мережею. Телефонні з'єднання між віддаленими терміналами встановлюються за запитом відповідно до послідовності набору номера користувача під управлінням централізованого обладнання DAMA. Супутникові ємності виділяються тільки на час цих сполук. Закріплені канали резервуються для кожного з'єднання передачі даних і налаштовуються на зконфігуровані частоти відразу після завантаження. Таким чином, закріплені канали передачі даних встановлюються незалежно від підключення кінцевого пристрою до порту з'єднань. Синхронні канали передачі даних завжди є закріпленими. Тоді, як асинхронні канали можуть бути зконфігурованими як закріплені або DAMA.

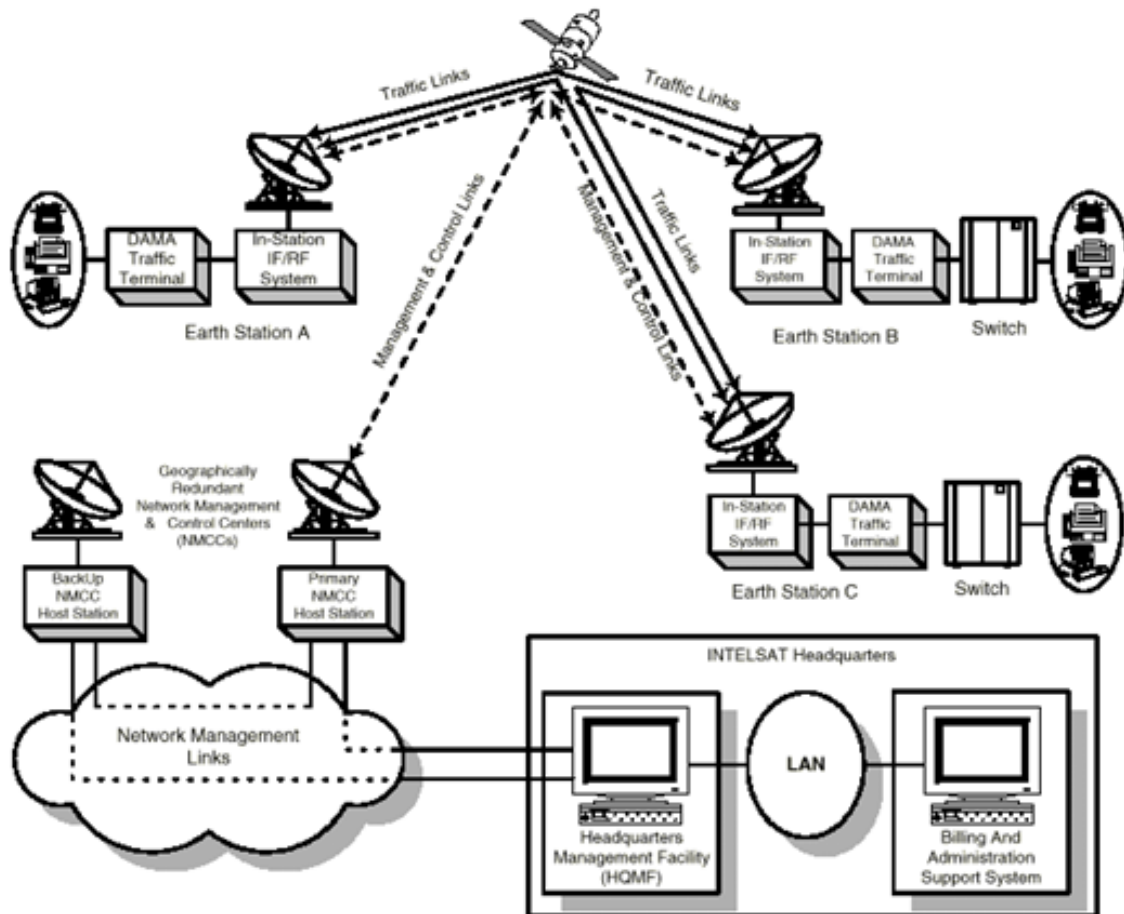


Рис. 1. Загальна структурна схема мережі TES-станцій

Слід зазначити, що частоти SCPS для закріплених каналів передачі даних відрізняються від свого мовного аналога тим, що вони постійно активні незалежно від того, передає чи ні яку-небудь інформацію підключений до них пристрій. Максимально допустима швидкість передачі синхронних даних становить 64 кбіт/с. Максимально допустима швидкість передачі асинхронних даних становить 19,2 кбіт/с. Комутований телефонний канал із зовнішнім модемом підключеним до телефонного інтерфейсу станції супутникового зв'язку, дозволяє забезпечувати передачу даних на швидкостях до 14,4 кбіт/с [3].

**Технологія SkyWAN** - «кожен з кожним», була розроблена німецькою фірмою NDSatcom (Німеччина) і є повністю змішаною технологією. Вона базується на основі TDMA методу доступу.

Множинний доступ з поділом часу (TDMA) дозволяє великій кількості SkyWAN наземних станцій спільно використовувати ту ж саму частоту, тобто працювати в режимі

поділу часу. Для виконання цього, кожна наземна станція тимчасово створює буфер для інформації користувача, і періодично передає цю інформацію на супутник пакетами в ці короткі проміжки часу. Всі пакети синхронізовані за часом так, що досягаючи супутника від різних наземних станцій вони близько розташовані по часу, але ніколи не накладаються. Будь яка така станція може працювати з будь якою станцією безпосередньо в один супутниковий прийом, ця особливість дозволяє отримати низьку супутникову затримку – до 280 мс. Така технологія не вимагає потужної центральної станції управління (званої HUB) і дозволяє SkyWAN крайовим станціям встановлювати канали зв'язку безпосередньо з бажаними вузлами мережі замість того, щоб направляти весь інформаційний потік через центральну станцію, як у звичайній HUB архітектурі з «подвійним стрибком» через супутник.

Використання часових слотів (TDMA мультиплексування) організовано з використанням внутрішнього протоколу званого SPOTNET. SPOTNET інсталується на кожній SkyWAN станції. Будь-яка з станцій у мережі (але завжди одна) може бути керуючою. Вона задає синхронізацію всієї мережі і виділяє часові слоти для передачі інформаційних потоків.

Швидкість на каналі може змінюватися від 64 до 3072 кбіт/с [4].

**Технологія ISBN** була розроблена американською фірмою HNS. Являє собою мережу супутникового зв'язку зіркоподібної архітектури і передбачає наявність центральної земної станції, іменованої надалі HUB (оснащеної відносно великою антеною, наприклад, діаметром 3,7-9 м), через яку здійснюється дуплексний зв'язок між великою кількістю периферійних земних станцій, оснащених невеликими антенами, діаметром 1-2,4 м. Система працює в діапазоні частот 14/11-12 ГГц. Всі зв'язки між віддаленими станціями (PES) здійснюються через центральну станцію. Трафік в напрямку від HUBа до станцій PES йде по, так званому, вихідному каналу, а в напрямку від станцій PES до HUBу - по вхідних каналах.

Система ISBN використовує комбінацію методів модуляції і доступу:

- часовий поділ каналів (TDM);
- Багатостанційний доступ з часовим поділом (TDMA);
- Багатостанційний доступ з частотним поділом (FDMA);

Один постійний вихідний канал, навантажений несучою за методом TDM (128 або 512 кбіт/с), передається центральною станцією, а вхідні канали, асоційовані з цією вихідною несучою, - низькошвидкісними (вузькосмуговими) несучими за методом TDMA (64,128,256 кбіт/с); кожна вхідна несуча розділена в часі між декількома (N) несучими PES (наприклад, до 31). Коли є більше ніж N PES, кілька несучих TDMA спільно з вихідною несучою TDM реалізуються на основі FDMA. Вихідні повідомлення приймаються центральною станцією за принципом «першим прийшов - першим обслугований» [5].

Локальні мережі в середовищі глобальної мережі (WAN) традиційно підтримуються шлюзами і маршрутизаторами, що перетворюють протоколи LAN в протоколи WAN. LANadvantage виключає необхідність використання шлюзу або маршрутизатора, дозволяючи користувачам LAN безпосередньо підключатися до PES ISBN. За допомогою Інтегральної Мережі Ділового Супутникового Зв'язку (ISBN) можуть бути організовані канали передачі даних, телефонні канали та канали ТБ мовлення.

**Технологія HES («гібридна»)**. Гібридна земна станція (HES) являє собою систему, в якій комбінуються елементи терміналу персональної земної станції (PES) ISBN і терміналу TES. Для зв'язку віддалених терміналів з центральною HUB-станцією, PES використовує топологію мережі типу "зірка"; TES ж застосовує топологію повного зв'язку для з'єднання станцій одна з однією. HES інтегрується в мережі PES і TES і надає повний набір послуг щодо передачі мови та даних з використанням переваг як топології "зірка", так і топології з повним зв'язком.

HES об'єднує PES і TES таким чином, що обидві частини використовують одні й ті самі зовнішнє радіоустаткування і супутникову антену. HES виконує всі функції передачі телефонії і даних, притаманні TES і PES [6].

**Технологія DirecWay.** Система DIRECWAY має топологію типу «зірка». В системі DIRECWAY для організації прямого широкомовного каналу використовується сумісна зі стандартом DVB (Digital Video Broadcast) несуча, випромінювана операційним центром мережі (NOC - Network Operations Center), і множина зворотних каналів, заснованих на методі доступу з багатьма станціями, з часовим поділом (TDMA), для забезпечення доступу практично необмеженої кількості периферійних терміналів в Інтернет і корпоративні мережі Інтранет [7]. Схему організації системи DirecWay можна розглянути на рис. 2.

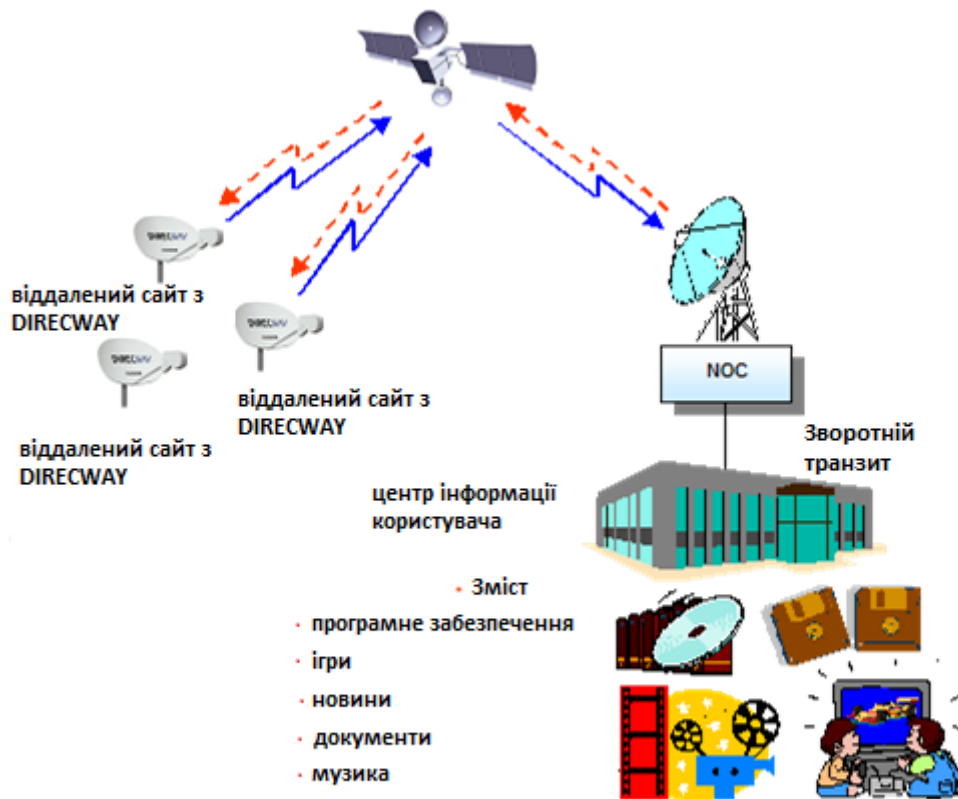


Рис. 2. Схема системи DirecWay

### Висновки

Виходячи з вищевикладеного можна зробити висновки, що з розглянутих технологій супутникового зв'язку не задовольняють вимогам створення великої корпоративної мережі передачі даних:

- Технологія SCPC - через необхідність орендувати велику кількість супутникових каналів зв'язку, а також через те, що виникають значні часові затримки від великої кількості повторних прийомів переданої інформації, що недопустимо для телефонного зв'язку;
- Технологія TES - через неможливість забезпечити передачу даних у режимі «он-лайн», при передачі даних через комутовані телефонні канали і додаткові телефонні модеми;
- гібридна технологія HES - за своїми показниками дана технологія має кращі показники в порівнянні з технологіями SCPC, TES і забезпечує телефонний зв'язок з одним, а не з двома прийомками. Однак затрати на створення транспортної мережі супутникового зв'язку

на основі гібридної технології, вимагають відносно великих як матеріальних, так і супутникових ресурсів;

• Технологія SkyWAN - є найбільш прийнятною в порівнянні з перерахованими вище технологіями, тому що вона не вимагає центральної станції управління, однак, вартість кожного комплексу супутникового зв'язку в 5-10 разів перевищує вартість комплексу обладнання станції супутникового зв'язку системи DirecWay. Також, не маловажним фактором є те, що супутникова мережа побудована на базі SkyWAN, не може містити більше 254 станцій. Це є великим обмеженням в плані подальшого розширення супутникової мережі.

Технологія, заснована на використанні персональних наземних станцій супутникового зв'язку DirecWay, значно економить супутниковий сегмент (в порівнянні з технологіями SCPC, TES, HES), має значно меншу вартість (у порівнянні з SkyWAN) і прийнятні часові затримки. Поряд з цим, технологія DirecWay і її програмно-апаратний комплекс, дозволяє досягти великих швидкостей передачі інформації (на базі IP-протоколу) до 2 Мбіт/с на кожен вилучену станцію до 256 кбіт/с в зворотному напрямку (у перспективі до 1 Мбіт/с).

На основі усього вищевикладеного можна зробити висновок про те, що найвищу техніко-економічну ефективність серед базових технологій супутникового зв'язку має технологія персональних наземних станцій супутникового зв'язку типу DirecWay.

#### Список використаної літератури

1. К. Ланин Direc Way. Широкополосный сервис DirecWay от HUGHES Network Systems [Електронний ресурс] / К.Ланин // – Режим доступу: <http://telemultimedia.ru/art.php?id=264>
2. Валерий Бабков Системы мобильной связи. Термины и определения / В. Ю. Бабков, Г.З. Голант – Москва: Горячая линия – Телеком, 2009. - 162 с.
3. Кукк К.И. Спутниковая связь: Прошлое, настоящее, будущее / К.И. Кукк – Москва: Горячая линия – Телеком, 2015. - 258 с.
4. Павлова Г.Г. Системы спутниковой связи и вещания / Г.Г. Павлова – Владивосток: изд-во ДВГТУ, 2012. - 206 с.
5. Корякин С.Л. Справочник по ремонту и настройке спутникового оборудования / С.Л. Корякин – Санкт-Петербург: Наука и Техника, 2010. - 240 с.
6. Соловьев Ю.А. Спутниковая навигация и ее приложения / Ю.А. Соловьев – Москва: Эко-Трендз, 2003. – 326 с.
7. Тимофеева А.А. Антенны, мир и мы / А.А. Тимофеева – Москва: ИРИАС, 2012. - 376 с.

#### Автори статті

**Імалковський Микита Олегович** - студент, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.  
Тел.: +38 099 271 23 18. E-mail: imol1994@voliacable.com

**Мальчик Артем Сергійович** - студент, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.  
Тел.: +38 099 271 23 18. E-mail: imol1994@voliacable.com

#### Authors of the article

**Imalkovky Mykyta Olehovych** - student, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine. Tel.: +38 099 271 23 18. E-mail: imol1994@voliacable.com

**Malchik Artem Serhiyovych** - student, Telecommunications Faculty, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine. Tel.: +38 099 271 23 18. E-mail: imol1994@voliacable.com

Дата надходження в редакцію: 03.11.2016 р.

Рецензент: д.т.н., проф. В.Ф. Заїка