

О.П. Гребенюк, к.т.н., ст. викл.
*Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова
Національного авіаційного університету*

МЕТОДИКА ПОЗИЦІОНУВАННЯ АНТЕННОЇ СИСТЕМИ КОМПЛЕКСУ РАДІОМОНІТОРИНГУ СУПУТНИКОВИХ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ

Запропоновано методику позиціонування антенної системи комплексу радіомоніторингу супутникових систем зв'язку на основі особливостей побудови та функціонального призначення інформаційних пакетів транспортного потоку стандарту DVB-S.

Постановка проблеми. Наявність на геостаціонарній орбіті значної кількості штучних супутників Землі (ШСЗ), супутникових систем зв'язку (ССЗ) з близькими кутовими параметрами, а також використання приймальних параболічних дзеркальних антен, які мають вузькоспрямовані діаграми спрямованості, ускладнюють процес пошуку на орбіті та точну орієнтацію на ШСЗ – ретранслятор антенної системи (АС) комплексу радіомоніторингу. Також до дестабілізуючих факторів, що впливають на якість процесу радіомоніторингу слід віднести зміну кутового положення на орбіті ШСЗ – ретрансляторів з плином часу. Так відповідно до існуючих вимог Міжнародного союзу зв'язку (International Telecommunication Union, ITU) сучасні геостаціонарні ШСЗ повинні утримуватися у заявленій позиції з точністю, не гіршою, ніж половина кутового градуса [1]. Певна кількість з них не задовольняє цю вимогу. Насамперед це ШСЗ, гарантований термін експлуатації яких закінчується.

Особливо актуальною дана проблема є для комплексів радіомоніторингу супутникових систем зв'язку, тому що вони повинні здійснювати багаторазовий оперативний пошук ШСЗ на орбіті, розпізнавати їх, забезпечувати приймання та обробку інформаційних пакетів транспортного потоку протягом періоду спостереження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Системи управління положенням антени поділяються на системи наведення та системи автоматичного супроводу (стеження) [2].

Системи наведення більш прості, забезпечують тільки функцію наведення антени на заданий супутник шляхом її переміщення навколо однієї (для полярних підвісок) або двох (азимутально-кутомісна система) осей. Вони вимагають точних даних щодо кутового положення ШСЗ на орбіті та моторизованого приводу антени з контролером наведення. Як недолік слід назвати складність позиціонування АС у ручному режимі та наведення тільки за енергетичними характеристиками сигналу.

Системи спостереження (автосупроводу) є більш складними системами й разом з функцією наведення забезпечують автоматичне спостереження за добовими переміщеннями супутника на орбіті. У роботах [3, 4] проведено аналіз основних методів автосупроводу ШСЗ супутникових систем зв'язку та розглянуто особливості їхньої технічної реалізації.

Загальним недоліком для розглянутих систем є використання лише енергетичної складової сигналу і нехтування внутрішньою інформаційною структурою, що містить технічну інформацію про основні параметри та характеристики ШСЗ – ретранслятора, а також зміст інформаційного потоку, наприклад, стандартів DVB, який широко використовується для передачі різних видів цифрової інформації у С та Ku діапазонах [5–8]. Використання даної інформації для перевірки правильності позиціонування АС комплексів радіомоніторингу ССЗ заслуговує на увагу, оскільки останні функціонують в умовах часткової інформаційної невизначеності та повної або часткової відсутності інформаційного доступу до складових транспортного потоку, який транслюється ШСЗ.

Метою статті є розробка методики позиціонування АС комплексу радіомоніторингу супутникових систем зв'язку на основі особливостей побудови та функціонального призначення інформаційних пакетів транспортного потоку стандарту DVB-S.

Викладення основного матеріалу. На даний час широкого використання набув стандарт передачі інформації DVB-S. Він дозволяє передавати абоненту текстову інформацію, радіо- та телевізійне мовлення, телетекст, інтернет-трафік, спеціальні дані для користувача тощо. Усе перераховане отримало назву “сервіс” [5, 6]. Сервіс – це виділена інформація в цифровому виді за певним напрямком, яка передається за допомогою стандарту DVB. Сервіс може складатись з елементів. Наприклад, телевізійна програма формується мінімум з двох елементів: відео та звука. Кожний елемент сервісу – це потік цифрової інформації біт за бітом. Для передачі різномірної інформації формується транспортний потік (Transport Stream, TS) MPEG TS (рис. 1).



Рис. 1. Узагальнена структура транспортного потоку

Транспортний потік MPEG TS – це спосіб оформлення цифрової інформації, що дозволяє здійснити транспортування сервісів у вигляді послідовності байтів. Байти об’єднуються в пакети транспортного потоку, по 188 байтів у пакеті. Кожний з пакетів має заголовок та корисне навантаження. Таким чином, можна сказати, що транспортний потік – це послідовність пакетів по 188 байтів кожний. Крім сервісів, пакети транспортного потоку використовуються для передавання різної службової та технічної інформації, наприклад дані PSI/SI. Об’єм (швидкість потоку) визначається пропускною здатністю каналу зв’язку та видом модуляції.

Для формування транспортного потоку з окремих сервісів та компонентів сервісів, а також для створення транспортного потоку з інших транспортних потоків використовується мультиплексор.

Заголовок пакета MPEG TS містить декілька полів. Найважливішими є поле ідентифікатора програми PID і поле циклічного лічильника безперервної передачі.

Таким чином, кожний елемент сервіса передається в пакетах, які мають свій особистий PID (нумерацію). Важливо розуміти, що PID визначає не сам сервіс, а тільки його елемент. Не можна зазначати, що “телепрограма має PID номер такий-то”, але правильно буде сказано, що “зображення телепрограми має PID зі своїм індивідуальним номером, а звуковому каналу телеканалу відповідає також окремий PID”.

Транспортний потік має “супровід” з інформацією про потоки та сервіси, який називається PSI/SI (Program specific information/system information) та прирівнюється до окремого сервіса (рис. 1). Дана інформація слугує для того, щоб абонентський пристрій зміг розпізнати, що саме транслюється в транспортному потоці. Приймаючи сигнал формату DVB, абонентський пристрій знаходить у транспортному потоці інформацію PSI/SI, аналізує її, визначає кількість сервісів у потоці, їх тип, отримує дані про мережу зв’язку та іншу необхідну інформацію.

Зміст PSI/SI в цифровому телебаченні визначається стандартами ISO 13818-1 та ETSI EN 300468 [5, 9]. Інформація PSI/SI генерується мультиплексором при формуванні транспортного потоку у вигляді таблиць. Кожна з них передається у транспортному потоці в пакетах з певним PID. Усього в стандарті DVB використовується одинадцять типів таблиць. Найбільш важливими є такі:

– PAT (Program Allocation Table), що містить список сервісів у певному порядку та вказує для кожного сервіса його порядковий номер і місце, де потрібно шукати інформацію про нього, тобто PID пакета, у якому передається таблиця PMT. Для кожного транспортного потоку MPEG TS існує лише одна таблиця PAT;

– PMT (Program Map Table), що містить інформацію про номери PID елементів, які входять до складу кожного сервісу. Кількість PMT відповідає кількості сервісів, що транслюються в транспортному потоці;

– NIT (Network Information Table) – таблиця, що містить важливу інформацію з описом мережі.

Спільним для всіх таблиць є те, що вони мають поля зі службовою інформацією та дескриптори. Дескриптори – це структуровані дані різної інформаційної спрямованості. Наприклад, ISO 639 “Language descriptor”, який знаходиться в таблиці SDT, визначає ідентифікатор мови сервісу відповідно до стандарту ISO 639 (рис. 2).

Наявність таблиці NIT (PID 16), до складу якої входить дескриптор “satellite_delivery_system_descriptor” з основною інформацією про тип та найважливіші робочі характеристики ШСЗ – ретранслятора (частота, орбітальна позиція, орієнтація, вид поляризації, вид

модуляції сигналу, що випромінюється тощо), дозволяє використати цю інформацію для індивідуального розпізнавання при настроюванні комплексу радіомоніторингу на заданий ШСЗ – ретранслятор.

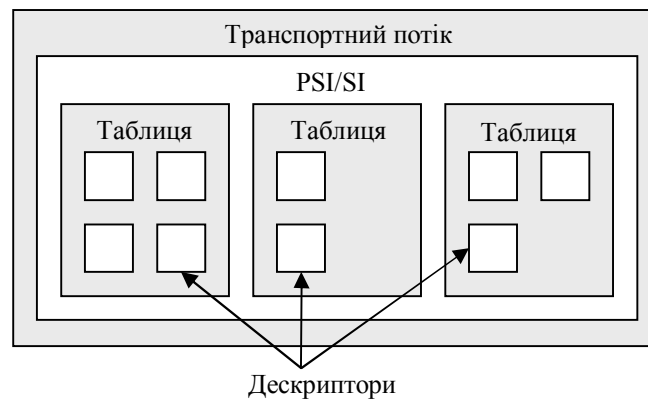


Рис. 2. Структура інформації PSI

У стандарті EN 300468 [5] описано структуру та характеристики, які містить даний дескриптор (табл. 1).

Таблиця 1

Структура дескриптора "satellite_delivery_system_descriptor"

Елемент дескриптора	Інформаційний зміст	Розмір у бітах
satellite_delivery_system_descriptor		
descriptor_tag	Назва дескриптора	8
descriptor_length	Загальна довжина	8
frequency	Частота сигналу (МГц)	32
orbital_position	Орбітальна позиція (град.)	16
west_east_flag	Орієнтація (Захід, Схід)	1
polarization	Вид поляризації сигналу: лінійна (горизонтальна, вертикальна); колова (ліва, права)	2
modulation	Вид модуляції (16; 32; 64; 128; 256 QAM)	5
symbol_rate	Символьна швидкість	28
FEC_inner	Характеристика завадостійкого кодування	4

Нижче показано зміст дескриптора "satellite_delivery_system_descriptor" для ШСЗ Astra Satellite Network 19,2°E (назва ШСЗ прописується в дескрипторі "linkage_descriptor" таблиці NIT):

DVB-DescriptorTag: 67 (0x43) [= satellite_delivery_system_descriptor]

Descriptor_length: 11 (0x0b)

Frequency: 18886992 (= 12.03150 GHz)

Orbital_position: 402 (= 19.2)

West_East_flag: 1 (0x01) [= EAST]

Polarisation: 0 (0x00) [= linear - horizontal]

Modulation (Sat): 1 (0x01) [= QPSK]

Symbol_rate: 2576384 (= 27.5000)

FEC_inner: 3 (0x03) [= 3/4 conv. code rate]

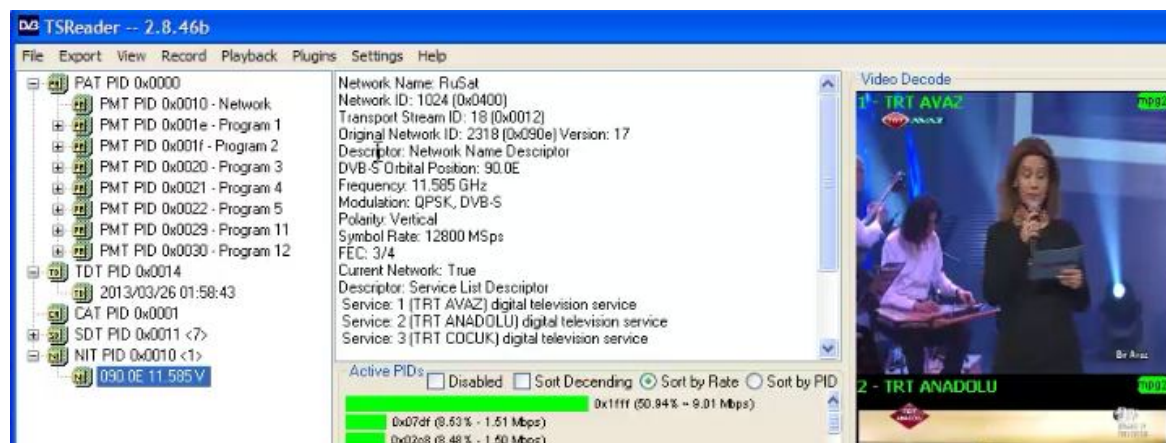


Рис. 3. Результат програмної обробки PSI/SI інформації транспортного потоку

Передумовою технічної реалізації даного підходу є наявність у складі комплексу радіомоніторингу супутникових систем зв'язку (ССЗ) тракту обробки сигналів DVB стандарту у вигляді окремої функціональної плати в складі ПЕОМ, а також спеціалізованого програмного забезпечення для обробки та аналізу інформаційного потоку [10].

На рисунку 3 показано кінцевий результат обробки транспортного потоку у форматі DVB-S за допомогою програм "Crazy Scan" та "TS Reader": отримано інформацію про ШСЗ-ретранслятор, характеристики випромінювання, а також зображення телевізійних каналів у реальному масштабі часу. Наявність апріорної інформації про організацію трансляції телевізійних каналів через ССЗ також може бути використана для індивідуального розпізнавання ШСЗ-ретрансляторів при настроюванні на них, а отримане якісне зображення телеканалів буде свідчити про точну орієнтацію АС та правильне налаштування приймального тракту на супутник-ретранслятор.

Враховуючи викладене, методика позиціонування АС комплексу радіомоніторингу супутникових систем зв'язку з урахуванням особливостей побудови та функціонального призначення інформаційних пакетів транспортного потоку стандарту DVB-S повинна полягати у виконанні таких етапів:

1. позиціонування АС комплексу радіомоніторингу ССЗ з урахуванням апріорних даних про ШСЗ та його випромінювання;
2. настроювання трактів приймання та обробки для забезпечення доступу до транспортних потоків, що передаються транспондерами ШСЗ-ретранслятора;
3. комутація прийнятих сигналів ССЗ на тракт обробки DVB сигналів у складі ПЕОМ;
4. запуск програми "Crazy Scan" для управління трактом обробки DVB сигналів, аналізу частотного спектра, виділення та визначення характеристик випромінювання транспортних потоків, а також підготовки сигналів для аналізу їх структури та інформаційного змісту в програмі "TS Reader";
5. аналіз структури та змісту інформаційних пакетів транспортних потоків програмою "TS Reader";
6. оцінювання якості настроювання АС та тракту обробки. Аналіз основної інформації про тип та основні робочі характеристики ШСЗ-ретранслятора, яка знаходиться у дескрипторі "satellite_delivery_system_descriptor" таблиці NIT (PID 16) (рис. 3);
7. підстроювання, або перестроювання положення АС при помилковому позиціонуванні на ШСЗ-ретранслятор, з метою якісного виконання завдань радіомоніторингу;
8. приймання сигналів та передач, їх реєстрація для подальшої обробки та аналізу.

Висновки. Розроблена методика забезпечує оперативне та точне позиціонування антенної системи комплексу радіомоніторингу супутникових систем зв'язку в напрямку на заданий ШСЗ в умовах часткової інформаційної невизначеності та повної або часткової відсутності інформаційного доступу до складових транспортного потоку ССЗ.

Методика ґрунтується на використанні службової інформації PSI/SI про тип та основні робочі характеристики ШСЗ, розміщеної в дескрипторах у вигляді таблиць. У структурі штатних програмних засобів комплексу радіомоніторингу використання службової інформації PSI/SI не передбачене.

Список використаної літератури:

1. Регламент радиосвязи. – Женева : International Telecommunication Union, ITU, 2012. –436 с.

2. Кантор Л.Я. Спутниковая связь и вещание : справочник / Л.Я. Кантор. – М. : Радио и связь, 1988. – 344 с.
3. Бойченко М.П. Экстремальный автомат наведения антенн / М.П. Бойченко, К.С. Попов // 12th Int. Crimean Conference “Microwave & Telecommunication Technology” (CriMiCo’2002). – Sevastopol, Crimea, Ukraine, 2002. – P. 257–258.
4. Бобков В. Системы наведения антенн / В.Бобков, Н.Званцугов // Первая мил. – М., 2010. – № 2. – С. 42–45.
5. EN 300 468 V1.3.1. Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for Service Information (SI) in DVB systems. 1998. – 74 p.
6. Серов А. Цифровое телевидение – это транспорт / А.Серов // 625. Научно-технический журнал. – М., 2009. – № 8. – С. 63–67.
7. Серов А. DVB-T2 – цифровое телевидение второго поколения / А.Серов // 625. Научно-технический журнал. – М., 2009. – № 7. – С. 70–73.
8. Satellite communications systems / Gerard Maral, Michel Bousquet. — 5th ed. 2009. - P. 743.
9. ISO 13818-1 Transport Stream MPEG-2.
10. Рембовский А.М. Радиомониторинг: задачи, методы, средства / А.М. Рембовский, А.В. Ашихмин, В.А. Козьмин. – М. : Горячая линия–Телеком, 2006. – 492 с.

ГРЕБЕНЮК Олег Петрович – кандидат технічних наук старший викладач Житомирського військового інституту імені С.П. Корольова Національного авіаційного університету.

Наукові інтереси:

– інформаційні системи спеціального призначення.

Тел.: (067) 923–95–88.

E-mail: gop180970@mail.ru.

Стаття надійшла до редакції 05.02.13