

ОЦІНЮВАННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ РЕТРАНСЛЯТОРА СУПУТНИКОВОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Виконано огляд і аналіз стандартів супутникових систем зв'язку. Досліджено особливості стандарту супутникового цифрового мовлення DVB-S2. Розглянуто сценарії застосування стандарту. Проаналізована архітектура системи, всі її складові, етапи формування сигналу. Розглянуті переваги і нововведення стандарту DVB-S2X. Розглянуто застосування методів модуляції в супутникових системах зв'язку і в стандарті DVB-S2X. Проаналізовано чинники, що забезпечують високу стійкість сигналів M-APSK до нелінійних спотворень.

Ключові слова: *стандартні DVB-S2X методи модуляції, стандарт DVB-S2X методів модуляції, супутникові системи зв'язку.*

Abstract

A review and analysis of satellite communication systems standards has been carried out. The features of the DVB-S2 satellite digital broadcasting standard are investigated. Considered scenarios of the standard. The architecture of the system, all its components, the stages of signal formation are analyzed. The advantages and innovations of the DVB-S2X standard are considered. The modulation methods used in satellite communication systems and in the DVB-S2X standard are considered. The factors that ensure the high stability of M-APSK signals to nonlinear distortions are analyzed.

Keywords: *standard DVB-S2X modulation techniques, DVB-S2X standard modulation techniques, satellite communication systems.*

Вступ

Системи супутникового зв'язку (ССЗ) відіграють одну з ключових ролей у розвитку світових інформаційних комунікацій. В першу чергу, супутниковий зв'язок знайшов широке застосування в системах безпосереднього супутникового мовлення (DBS), мовлення «Direct-to-Home» (DTH), в системах мобільного доступу. Супутникові лінії є невід'ємною частиною опорних мереж інтернету, надаючи широкосмуговий і вузькосмуговий доступ до мережі інтернет для віддалених і малонаселених зон, де такий доступ найчастіше є єдиним можливим. Останні тенденції розвитку супутникових ліній (освоєння діапазонів Ка і Q, а також збільшення ефективності супутникового навантаження завдяки розвитку мікротехнологій) вказують на необхідність універсальної заміни або доповнення класичних схем маніпуляції, тобто модуляції цифрових сигналів, QPSK і 8-PSK більш багатопозиційними. Багатопозиційні схеми модуляції цифрових сигналів дозволяють передавати значно більший обсяг інформації при використанні каналу фіксованої ширини. Для цифрової передачі даних широкого поширення набули схеми модуляції APSK, внаслідок їх високої спектральної ефективності та стійкості до нелінійних спотворень [1]. У більшості стандартів, в яких застосовується модуляція APSK, позиційність модуляції обмежена 16-APSK і 32-APSK.

Консорціумом DVB був представлений стандарт DVB-S2X як розширення попереднього стандарту DVB-S2. У новому стандарті, крім іншого, передбачається застосування схем модуляції 64-APSK, 128-APSK і 256-APSK. Групою дослідників з Університету Цінхуа, Пекін, КНР (Т. Cheng, К. Peng, J. Song, К. Yan) були розглянуті можливості застосування модуляції APSK в системі цифрового наземного мовлення DVB-T2 та проведено порівняння продуктивності зі схемами модуляції QAM при роботі в каналі з адитивним білим гауссовським шумом [2]. При цьому схеми модуляції APSK показали вигравш по завадостійкості до 0,83 дБ [3]. Однак в даному дослідженні не була розглянута стійкість у разі роботи в нелінійному каналі. Важливим завданням є оптимізація параметрів супутникової лінії для підвищення завадостійкості прийому сигналів M-APSK.

На даний момент в літературі слабо висвітлено питання аналізу завадостійкості прийому сигналів з модуляцією M-APSK при роботі в нелінійному каналі, хоча саме нелінійні спотворення вносять істотний внесок у зниження завадостійкості прийому [4]. При цьому не пропонується ефективних алгоритмів оптимізації режиму роботи підсилювача.

Великий науковий інтерес до ССЗ обумовлений стрімким їх розвитком і ростом потреби в підвищенні швидкостей передачі даних при різних умовах прийому. Основною особливістю ССЗ є їх повсюдність і можливість забезпечення обміну даними з віддаленими регіонами, в яких відсутня інфраструктура наземних систем зв'язку. Крім того, ССЗ широко використовуються для забезпечення зв'язку з рухомими об'єктами. Актуальність задачі оптимізації характеристик ССЗ підтверджується великою кількістю публікацій із зазначеної тематики в спеціалізованих авторитетних виданнях [1-9].

Великі відстані між земними і космічними станціями обумовлені досить низьким відношенням сигнал / шум на вході приймача. Для забезпечення в таких умовах прийнятної ймовірності помилки використовуються спрямовані антени з великими коефіцієнтами підсилення, малошумні елементи та завадостійкі коди. Для забезпечення максимальної потужності на виході підсилювача робоча точка підсилювача потужності супутникового ретранслятора вибирається якомога ближче до зони насичення. У цьому випадку спостерігаються значні нелінійні спотворення сигналу, які істотно впливають на стійкість перед завадами на приманні. Удосконалення методу компенсації нелінійних спотворень і оптимізація режиму роботи підсилювача потужності супутникового ретранслятора є актуальною науково-технічною задачею.

Метою роботи є дослідження методів підвищення завадостійкості супутникових ліній зв'язку, розробка методики визначення оптимального режиму роботи підсилювача потужності супутникового ретранслятора при різних факторах, а також його програмній реалізації.

Аналіз стандартів супутникових систем цифрового мовлення

Висока гнучкість стандарту DVB-S2 дозволяє застосовувати його для будь-яких супутникових транспондерів, великої різноманітності спектральних ефективностей і вимог до відношення сигнал / шум. Крім того, стандарт України не зав'язаний на відео- і аудіокодек MPEG-2. Він розроблений для передачі інформації різних форматів (як аудіо / відео, так і даних). DVB-S2 здатний узгоджуватися з будь-яким форматом вхідного потоку, включаючи безперервні бітові потоки, одиничні або множинні транспортні потоки MPEG, а також пакети IP і ATM [6]. Така сумісність дозволить в майбутньому здійснювати передачу даних будь-яких нових форматів без необхідності розробки нової специфікації. У DVB-S2 доступні режими зворотної сумісності, що дозволяють існуючим сервісам на DVB-S і призначеним для користувача ресиверів продовжувати роботу протягом будь-якого перехідного періоду.

Модуляція M-QAM знайшла широке застосування в сучасних системах зв'язку завдяки досить високій спектральній ефективності і відносній простоті реалізації модулятора і демодулятора. На сьогоднішній день було проведено безліч досліджень в порівнянні завадостійкості сигналів з модуляцією M-QAM і M-APSK. Було аналітично доведено, що M-QAM по завадостійкості перевершує M-APSK за умов згасання Релея і впливі АБГШ [7]. Незважаючи на це, в реальних умовах, при розгляді нелінійного каналу, сигнали M-APSK можуть забезпечувати кращу завадостійкість при фіксованій швидкості передачі даних за рахунок більш низького значення PAPR [8]. Модуляція M-APSK більш пристосована для роботи в нелінійному каналі, ніж M-QAM. Дані висновки підтверджуються дослідженнями [5-9]. Слід зазначити, що при збільшенні позиційності різниця в PAPR між модуляцією M-APSK і M-QAM тільки збільшується.

До найбільш ефективних способів підвищення завадостійкості прийому, в тому числі в супутникових системах, відносяться різноманітні алгоритми завадостійкого кодування. У системах супутникового зв'язку DVB-S2 і DVB-S2X передбачені підсистеми прямої корекції помилок (forward error correction, FEC). Ця підсистема в DVB-S2 забезпечує зовнішнє кодування кодом БЧХ, внутрішнє кодування кодом LDPC і бітове чергування [9].

Висновки

Розглянуто основні стандарти супутникових систем зв'язку. Проведено огляд стандартів цифрового супутникового мовлення DVB-S2 і DVB-S2X. Розглянуто різні методи модуляції, застосовувані в супутникових системах зв'язку. Найбільш перспективною і цікавою для дослідження

є модуляція M-APSK, що забезпечує високу спектральну ефективність при досить високій завадостійкості і стійкості до нелінійних спотворень. Це підтверджується великим числом публікацій в авторитетних виданнях, що розглядають залежність завадостійкості M-APSK від різних факторів.

Нелінійні спотворення є одним з найважливіших факторів, що впливають на стійкість перед завадами при прийомі сигналів в супутникових системах зв'язку. Завадостійкість прийому сигналів, в тому числі M-APSK, крім усього іншого, безпосередньо залежить від величини нестабільності генератора. Внаслідок такої нестабільності виникає джиттер, який призводить до появи міжсимвольних спотворень при демодуляції і зниженню завадостійкості. Визначення залежності завадостійкості прийому сигналів M-APSK від неточності вибору моменту прийняття рішення являє собою актуальну науково-технічну задачу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. K. Maini, V. Agrawal. Satellite technology: principles and applications. – Wiley; 3rd edition. – 2014. – 846 p.
2. L. Jordanova, L. Laskov, D. Dobrev. Constellation and Mapping Optimization of APSK Modulations used in DVB-S2 // Engineering, Technology & Applied Science Research. – 2014. – Vol. 4, No. 5. – p. 690 – 695.
3. S. K. Gupta, S. Gawande. Design of Higher Order Constellations for DVB-S2 // International Journal of Scientific Progress and Research. – 2015. – Vol. 7, No. 2. – p. 69 – 73.
4. Wang Q., Song T. and Kam P. Performance optimization of M-APSK in AWGN and oscillator phase noise with annular-sector detection // IEEE 83rd Vehicular Technology Conference (VTC Spring). – Nanjing, 2016. – p. 1 – 5.
5. M. Yang, D. Guo, X. Pan, L. Lu, L. Yang. An Improved Direct Learning Architecture for Satellite High Power Amplifiers Pre-distortion // Applied Mechanics and Materials. – 2013. – Vol. 340. – p. 1020 – 1024.
6. A. Bonnand, E. Feltrin, L. Barbiero. DVB-S2 Extension: End-to-End Impact of Sharper Roll-Off Factor over Satellite Link // SPACOMM: The Sixth International Conference on Advances in Satellite and Space Communications. – 2014. – p. 36 – 41.
7. Xiang X., Mo Z., Wang Z., Pham K., Blasch E., et al. Constellation labeling optimization for bit-interleaved coded APSK // Sensors and Systems for Space Applications IX, 2016. – Baltimore, Maryland, 2016. – p. 182–187.
8. K. Yan, F. Yang, C. Pan, J. Song, F. Ren, J. Li. Genetic Algorithm Aided Gray-APSK Constellation Optimization // 9th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC), Sardinia. – 2013. – p. 1705 – 1709.
9. Anedda M., Meloni A. and Murrone M. 64-APSK constellation and mapping optimization for satellite broadcasting using genetic algorithms // IEEE Transactions on Broadcasting. – 2016. – Vol. 62, No. 1. – p. 1-9.
10. U. Pal, H. King. Estimation and Decoding in The Presence of Phase Noise for Non-Linear Channels // Australasian Journal of Information, Communication Technology and Application. – 2015. – Vol. 1, No. 1. – p. 112 – 127.

Васильківський Микола Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Козицький Владислав Володимирович — студент групи ТКТ-156, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Яновська Ірина Вікторівна – студентка групи ТКТ-18мс, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Vasyilkivskyi Mikola V. – Ph.D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Kozitsky Vladislav V.— Department of Infocommunication, Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Yanovskaya Irina V. – Department of Infocommunication, Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.