

О. В. СТАЛЬЧЕНКО
М. В. ВАСИЛЬКІВСЬКИЙ
І. В. ЯНОВСЬКА
С. І. СЕМЧУК

ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОЗАХИЩЕНОСТІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ З БАГАТОПОЗИЦІЙНИМИ СИГНАЛАМИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проведено аналіз сучасного стану розвитку безпроводових телекомунікаційних систем. Розглянуто основні характеристики телекомунікаційної системи, які в різній формі враховуються при розрахунку і проектуванні мережевих структур, а саме помилка приймання сигналу та пропускна здатність системи.

Ключові слова: телекомунікаційна система, завадозахищеність, багатопозиційний сигнал, амплітудно-модульований сигнал.

Abstract

The analysis of the current state of development of wireless telecommunication systems is carried out. The main characteristics of the telecommunication system are considered, which are taken into account in different forms in the calculation and design of network structures, namely the error of reception of the signal and the system throughput.

Keywords: telecommunication system, noise immunity, multi-position signal, amplitude-modulated signal.

Вступ

Принцип максимально ефективного використання ресурсів мереж зв'язку має на увазі можливість якісної і кількісної адаптації продуктивності, найбільш повне використання всіх ресурсів і сервісів, надійність, доступність, безпеку. Основними характеристиками телекомунікаційної системи (ТКС), які в різній формі враховуються при розрахунку і проектуванні мережевих структур, є помилка приймання сигналу та пропускна здатність системи. Помилка приймання сигналу повністю визначається відношенням сигнал/шум на вході вирішуючого пристрою.

Ефективним методом підвищення пропускної здатності ТКС є використання багатопозиційних сигналів. Однак при цьому погіршується відношення сигнал/шум і відповідно збільшується помилка приймання сигналу. Впродовж останніх десятиліть вчені займаються дослідженням завадозахищеності телекомунікаційних систем при різних методах модуляції та кодуванні сигналу. Аналіз науково-технічної літератури показує, що проблеми забезпечення завадозахищеності ТКС та мереж присвячено цілий ряд наукових досліджень вітчизняних та закордонних вчених: Б. Скляр, Іпатов В.П., В. Столінгс, Беркман Л.Н., Захарченко М.В., Гепко І.О., Климаш М.М. та інші. Однак, в їх роботах недостатньо повно розглянута можливість підвищення завадозахищеності телекомунікаційних систем з багатопозиційними сигналами. Актуальність обраної теми підтверджується необхідністю дослідження та розробки методик підвищення завадозахищеності ТКС з багатопозиційними сигналами.

Метою роботи є підвищення завадозахищеності ТКС з багатопозиційними сигналами.

Основна частина

Основна функція ТКС, або систем передачі даних, полягає в організації оперативного і надійного обміну інформацією між абонентами, а також скорочення витрат на передачу даних. Головний показник ефективності ТКС - час доставки інформації, який залежить від ряду факторів: структури мережі зв'язку, пропускної здатності ліній зв'язку, способів з'єднання каналів зв'язку між взаємодіючими абонентами, протоколів інформаційного обміну, методів доступу абонентів до передавального середовища, методів маршрутизації пакетів. Основні характеристики каналу зв'язку -

пропускна здатність і достовірність передачі даних. Пропускна здатність каналу оцінюється граничним числом біт даних, переданих по каналу за одиницю часу, і вимірюється в біт/с. Достовірність передачі даних оцінюється за інтенсивністю бітових помилок (Bit Error Rate), яка визначається як ймовірність спотворення переданого біта даних. Величина BER для каналів зв'язку без додаткового захисту від помилок становить 10^{-4} - 10^{-6} .

Основна причина спотворень - вплив перешкод на лінію зв'язку. Перешкоди, як правило, носять імпульсний характер і мають тенденцію до групування - утворення пачок перешкод, які деформують відразу групу сусідніх біт даних, що передаються. Пропускна здатність каналу зв'язку визначається смугою частот і завадозахищеністю каналу. Смуга частот, в якій амплітудно-частотна характеристика лінії зв'язку має значення не нижче заданого, наприклад, за рівнем 0.5, визначає смугу пропускання.

Завадозахищеність лінії залежить від потужності перешкод, створюваних в лінії зовнішнім середовищем або через шуми, що виникають в самій лінії. Зазвичай для зменшення перешкод провідники екранують або скручують. Найменш завадозахищеними є радіолінії, гарну завадозахищеність мають кабельні лінії, відмінну - волоконно-оптичні лінії, які не сприйнятливі до електромагнітного випромінювання. Максимально можлива пропускна здатність не залежить від способу фізичного кодування, оскільки визначає можливості лінії при гіпотетично найкращому способі кодування. Практична пропускна здатність каналу істотно залежить від способу фізичного кодування інформації. У свою чергу можливість застосування на лінії того чи іншого способу кодування визначається пропускну здатністю і загасанням сигналу. Для розрахунків важливим є відношення амплітуд вхідного і вихідного сигналів на заданій частоті. Часто загасання виражається в децибелах і обчислюється за формулою $A=20\log^{10}(A_{вих}/A_{вх})$. Загасання завжди задається для певної довжини лінії зв'язку.

При передачі даних широко використовуються двійкові сигнали, що приймають значення 0 і 1. Мінімальна тривалість такту, з якої можуть передаватися сигнали в каналі зі смугою частот ΔF , дорівнює $\min T_{min} = 1/(2\Delta F)$. Якщо ймовірність спотворення символів 0 і 1 через перешкоди однакова і дорівнює p , то число двійкових символів, які можна безпомилково передати по каналу в секунду:

$$C = 2\Delta F[1 + p \log_2 p + (1 - p) \log_2 (1 - p)]. \quad (1)$$

Вираз (1) визначає пропускну здатність двійкового каналу. Величина в квадратних дужках визначає частку двійкових символів, які передаються по каналу з частотою $2\Delta F$ без спотворень. Якщо перешкоди відсутні, ймовірність спотворення символу $p=0$ і пропускна здатність $C=2\Delta F$. Якщо ймовірність спотворення $p=0.5$, то пропускна здатність $C=0$. Якщо по каналу передається повідомлення довжиною n двійкових символів, то ймовірність появи в ньому m помилок $P(n, m) = C_n^m p^m (1 - p)^{n-m}$.

Пропускна здатність залежить не тільки від фізичного кодування, але і від попереднього логічного кодування, яке полягає в попередній підготовці даних що впливає на ширину спектра підсумкового сигналу. На пропускну здатність та завадозахищеність впливають перешкоди. За місцем виникнення перешкоди бувають зовнішні та внутрішні. Зміни характеристик каналу зв'язку викликається дуже різноманітними по своїй природі перешкодами - адитивними і мультиплікативними.

Систему зв'язку, кількісна характеристика завадозахищеність якої є інваріантом певного класу перешкод, називається інваріантною стосовно даних перешкод. Це визначення інваріантної системи зв'язку можна представити в математичній формі (2), якщо позначити через P деяку кількісну характеристику завадозахищеності зв'язку, наприклад ймовірність помилки, а через Ξ - безліч реалізацій розглянутої перешкоди, то в системі, інваріантної до перешкоди Ξ ,

$$P = \text{invar} \Xi. \quad (2)$$

У системах зв'язку корисний сигнал і перешкода діють в одній і тій же точці (наприклад, на вході приймача) і, як правило, принципово не можуть бути цілком розділені - інакше проблема боротьби з перешкодою і не існувала б. У системах зв'язку завжди є суміш сигналу з перешкодою (зокрема, адитивна). Унаслідок цього в системах зв'язку, як правило, неможливо або важко використовувати компенсаційні методи придушення перешкод і проблема досягнення інваріантності вирішується іншими способами, не характерними для систем автоматичного регулювання. Інша особливість проблематики інваріантності систем зв'язку полягає в тому, що в ролі інваріанта тут виступає не миттєве значення вихідної величини, а деяка її статистична характеристика, наприклад математичне очікування.

До сучасних систем зв'язку пред'являються досить жорстокі вимоги по завадозахищеності. У системах передачі дискретної інформації ці вимоги звичайно задаються у виді гранично припустимих

значень ймовірності помилки. Якщо ймовірність помилки перевищує зазначені припустимі значення, то передача відповідного виду повідомлень стає неможливою через неприпустимо низьку якість, а іноді і шкідливою, тому що можуть бути прийняті помилкові рішення. У каналі зв'язку з постійними характеристиками ймовірність помилки є постійною величиною, отже, можна заздалегідь спроектувати систему так, щоб її завадозахищеність задовольняла заданим вимогам. У каналах зв'язку з змінними характеристиками ймовірність помилки є змінною величиною (неоднорідний канал зв'язку). У цьому випадку, якщо навіть вдається забезпечити середнє значення ймовірності помилки нижче заданої припустимої величини, в окремі інтервали часу ймовірність помилки стає більше припустимого значення. Більш того, у нестаціонарному каналі зв'язку, на відміну від стаціонарного, зменшення середньої ймовірності помилки не свідчить однозначно про поліпшення якості функціонування системи. Таким чином, для забезпечення прийнятної якості роботи реальної системи передачі дискретної інформації в каналі зі змінними характеристиками необхідно підтримувати ймовірність помилки на рівні, що не перевищує деякої заданої припустимої величини. Ця задача може вважатися виконаною, якщо:

- ймовірність помилки менше заданої і залишається незмінною, незважаючи на наявність завад, що викликають нестаціонарність каналу зв'язку;

- ймовірність помилки під впливом завад, що викликають нестаціонарність каналу, змінюється довільно в області значень, менших заданого, і не перевершує цього значення ні при яких змінах характеристик каналу зв'язку.

В обох випадках можна говорити, що задана якість функціонування системи досягається завдяки незмінності ймовірності помилки, її незалежності (повної в першому випадку і часткової в другому) від тих причин, що викликають не стаціонарність каналу зв'язку. Для позначення цієї властивості доречно використовувати термін «інваріантність». Таким чином, потреба в інваріантних системах зв'язку викликається необхідністю забезпечення заданої якості передачі інформації в каналі зі змінними характеристиками.

Висновки

Проаналізовані сучасні технології передачі інформації та їх основні характеристики. Проведений аналіз показав, що для забезпечення багатовекторного розвитку телекомунікаційних технологій необхідна чітка організація технічних груп, міжнародна співпраця та стандартизація, дослідження новітніх фізичних принципів передачі інформації, розробка та впровадження нових алгоритмів обробки інформації, підвищення якості, швидкості та доступності – базове завдання телекомунікації.

Основні перешкоди на цьому етапі:

- фізично обмежений частотний спектр;
- пошук оптимального співвідношення сукупності параметрів, так як покращення одного параметру, призводить до погіршення іншого;
- наявність внутрішніх (дробовий, флікер, тепловий) та зовнішніх шумів (реліктове та інші джерела радіовипромінювання);
- потужність передавача;
- масо-габаритні характеристики;
- економічна доцільність.

Збільшення об'єму інформації, що передається неодмінно вимагає збільшення пропускної здатності телекомунікаційних систем в умовах обмеженого частотного ресурсу, вимог зменшення енергоспоживання та підвищення їх завадозахищеності. Для підвищення пропускної здатності ефективним методом є використання багатопозиційних сигналів, але при цьому погіршується відношення сигнал/шум і відповідно збільшується помилка приймання сигналу.

Аналіз сучасного стану телекомунікаційних систем дає підґрунтя для проведення наукових досліджень систем з використанням багатопозиційних систем з використанням багатопозиційних амплітудно-модульованих сигналів для цифрового телебачення за технологією VSB; таймерних сигнальних конструкцій, а також застосуванням інваріантних систем для інтеграції в ТКС. Це і визначило мету.

Для досягнення мети необхідно:

- розробити методику визначення енергетики радіолінії з різними видами модуляції;

- розробити методику підвищення достовірності ТКС з багатопозиційною амплітудною модуляцією для цифрового телебачення за технологією VSB;
- удосконалити методику, яка дозволяє враховувати коефіцієнт зміни завадозахищеності системи в залежності від багатопозиційного сигналу і зменшення впливу перешкоди;
- розробити методику підвищення завадозахищеності ТКС з використанням ТСК;
- здійснити розробку методики розрахунку завадозахищеності ТКС при різних видах модуляції та вибору інваріантних до різних завод систем сигналів. __

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Semenکو A. Analysis of Telecommunication Systems Interference with Multiposition Phased-Shift Signal / A. Semenکو, K. Domracheva, N. Bokla // 2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technologies (AICT-2017) – July 4-7 2017. – Львів: 2017. – pp. 205-208.
2. Semenکو A. Using of Amplitude Manipulated signal to increase capacity of MIMO telecommunication system / Anatoly Semenکو, Catherine Domracheva, Viktor Zaika // XIIIth 2016 International Conference “Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications, and Computer Science” (TCSET’2016) – February 23-26 2016. – Львів- Славськ:2016. – pp. 882-884.
3. Zakharchenko N. Using of the timer signal constructions for pulse-code modulation of the voice signals / N. Zakharchenko, A. Semenکو, K. Domracheva // 2016 IEEE Міжнародна конференція з інформаційно-телекомунікаційних технологій та радіоелектроніки (УкрМіКо’2016/UkrMiCo’2016), 11-15 вересня 2016 року: тези доповідей. – К.:КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2016. – С.365-367.
4. Аналіз впливу виду маніпуляції сигналу на енергетику радіолінії / А. І. Семенко, Н. І. Бокла, К. О. Домрачева, Є. О. Шестопап. // Зв’язок. – 2017. – №1(125). – С. 34–37.
5. Домрачева Е.А. Исследование помехозащищенности телекоммуникационных систем / Е.А. Домрачева, М.С. Краснянский // Актуальні проблеми розвитку науки і техніки: Матеріали першої міжнародної науково-технічної конференції, 22 жовтня 2015 року: тези доповідей. — К.:ДУТ, 2015. – С.53–57.
6. Росляков А. В. Будущие сети (Future Networks) / А. В. Росляков, С. В. Ваняшин. – Самара: ПГУТИ, 2015. – 274 с.158
7. Сайко В. Г. Навчальний посібник «Мережі бездротового ширококутового доступу» / В. Г. Сайко, В. Я. Казіміренко, Ю. М. Літвінов. – Київ: ДУТ, 2015. – 216 с.
8. Семенко А. И. Определение помехозащищенности телекоммуникационных систем с многопозиционным фазоманипулированным сигналом / А. И. Семенко, Н. И. Бокла, Е. А. Домрачева. // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2017. – №2(35). – С. 97–106.

Стальченко Олександр Володимирович – канд. тех. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

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

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

Семчук Сергій Іванович - студент групи ТКТ-15б, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

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

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

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

Semchuk Sergey I. – Department of Infocommunication, Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.