

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

кафедра радіотехнічних систем

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Спосіб ущільнення нестационарних сигналів для підвищення
ефективності телекомунікаційних систем

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи РРм-61
спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Пискальний С.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Хвостівська Л.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Хвостівська Л.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Дунець В.Л.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Дедів Л.Є.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2022

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра радіотехнічних систем

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Дунець В.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 06 » грудня 2022 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

студенту Пискальному Сергію Руслановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Спосіб ущільнення нестационарних сигналів для підвищення ефективності телекомунікаційних систем

Керівник роботи Хвостівська Лілія Володимирівна, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «06» грудня 2022 року № 4/7-989

2. Термін подання студентом завершеної роботи 21 грудня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи Технічне завдання, спосіб ущільнення нестационарних сигналів

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітична частина

2. Основна частина

3. Науково-дослідна частина

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Загальна характеристика безпроводних мереж

2. Технічні засоби систем безпроводного доступу

3. Спосіб ущільнення нестационарних сигналів

4. Висновки

АНОТАЦІЯ

Пискальний С.Р. Спосіб ущільнення нестационарних сигналів для підвищення ефективності телекомунікаційних систем. – Рукопис. Кваліфікаційна робота магістра, ТНТУ ім. І.Пулюя, Тернопіль, 2022.

В роботі запропоновано спосіб ущільнення нестационарних сигналів для підвищення ефективності телекомунікаційних систем. Проведено аналіз та дано загальну характеристику безпроводних мереж, їх класифікацію, зокрема для випадку цифрового подання сигналів та повідомлень. Проаналізовано методи доступу до середовища передачі у бездротових мережах. Для ефективного функціонування систем безпроводного доступу необхідним є застосування шумоподібних сигналів, а для нарощення кількості каналів обміну даними необхідним є розроблення ефективних методів ущільнення таких сигналів. Запропоновано спосіб ущільнення шумоподібних, зокрема неортогональних сигналів, при якому відбувається максимально можливе подавлення взаємних завад, а сам процес ущільнення є простим через меншу кількість використовуваних перетворень. Проведено оцінювання ефективності пропонованого способу ущільнення шумоподібних сигналів за показниками завадостійкості та енергозатрат при подавленні взаємних завад.

Ключові слова: шумоподібний сигнал, безпроводний доступ, ущільнення.

ANNOTATION

Pyskalny S.R. A method of compressing non-stationary signals to increase the efficiency of telecommunication systems. - Manuscript. Master's qualification work, TNTU, Ternopil, 2022.

In the master's thesis, a method of compressing non-stationary signals to increase the efficiency of telecommunication systems is proposed. The analysis was carried out and the general characteristics of wireless networks, their classification, in particular for the case of digital presentation of signals and messages, were given. The methods of access to the transmission environment in wireless networks, in particular multiple access, based on the division between stations of such parameters as space, time, frequency and code, are analyzed. For the effective functioning of wireless access systems, it is necessary to use noise-like signals, and to increase the number of data exchange channels, it is necessary to develop effective methods of compressing such signals. A method of compression of noisy, in particular, non-orthogonal signals is proposed, in which the maximum possible suppression of mutual interference occurs, and the compression process itself is simple due to the smaller number of transformations used. The effectiveness of the proposed method of compression of noise-like signals was evaluated according to the indicators of immunity and energy consumption when suppressing mutual interference.

Key words: noise-like signal, wireless access, compression.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	10
1.1 Загальна характеристика безпроводних мереж.....	10
1.2 Доступ до бездротових мереж.....	13
1.3 Висновки до розділу 1.....	20
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	21
2.1 Технічні засоби мережі Bluetooth.....	21
2.2 Мобільні стільникові технології.....	22
2.3 Структура систем передачі дискретної інформації.....	29
2.4 Моделі та типи каналів широкосмугового доступу.....	30
2.5 Система широкосмугового доступу до інформаційних ресурсів.....	32
2.6. Способи розділення каналів між абонентами.....	33
2.7 Застосування шумоподібних сигналів.....	34
2.8 Висновки до розділу 2.....	35
РОЗДІЛ 3. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	37
3.1 Обґрунтування способу ущільнення.....	37
3.2 Структура пропонованої системи.....	39
3.3 Реалізовнісь пропонованого алгоритму.....	43
3.4 Визначення ефективності способу.....	45
3.5 Результати імітації алгоритму ущільнення.....	47
3.6 Висновки до розділу 3.....	48
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	50
4.1 Охорона праці.....	50
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	53
4.3 Висновки до розділу 4.....	58
ВИСНОВКИ.....	59

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	61
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Актуальність роботи. В останні роки поряд з інтенсивним розвитком усіх засобів передачі інформації спостерігається стрімке зростання мереж бездротового зв'язку.

В сучасних технологіях безпроводного доступу для кодування передаваних даних, підвищення завадозахищеності та прихованості повідомлень застосовуються методи кодового розділення каналів із застосуванням псевдовипадкових послідовностей, які являють собою частковий випадок нестационарних шумоподібних сигналів. Найбільш поширеним прикладом технічної реалізації таких шумоподібних сигналів можуть бути певним чином сформовані псевдовипадкові послідовності дискретних, зокрема, двійкових радіоімпульсів.

Для ефективного функціонування систем безпроводного доступу перспективним і поширеним сьогодні є застосування шумоподібних сигналів, а для нарощення кількості каналів обміну даними необхідним є розроблення ефективних методів ущільнення таких сигналів.

В роботі розглядається задача ущільнення таких псевдо випадкових сигналів.

Мета, задачі. Розроблення способу ущільнення нестационарних сигналів. Задачі:

- аналіз проблемної області;
- аналіз методів організації систем безпроводного доступу;
- аналіз способів розділення каналів обміну даними;
- розробка способу ущільнення нестационарних сигналів;
- експериментальне дослідження ефективності запропонованого способу ущільнення.

Об'єкт дослідження: процес ущільнення нестационарних сигналів для підвищення ефективності телекомунікаційних систем.

Предмет дослідження: спосіб ущільнення нестационарних сигналів.

Наукова новизна. Запропоновано алгоритм ущільнення шумоподібних сигналів для систем безпроводного доступу, який показав високу ефективність в плані подавлення взаємних завад.

Практичне значення отриманих результатів. Використання при створенні ефективних телекомунікаційних систем.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Загальна характеристика безпроводних мереж

Безпроводні мережі передачі інформації (БМПП) базуються на совокупності двох груп технологій — бездротової передачі інформації та мережевої взаємодії.

Зазвичай БМПП розділяють за:

- способом обробки персінної інформації — на цифрові та аналогові;
- за шириною смуги пропускання — на вузько смугові, широкосмугові та надширокосмугові;
- локалізацією абонентів — на рухомі та фіксовані;
- географічною протяжністю — на персональні, локальні, регіональні і глобальні;
- видом передаваної інформації — на систему передачі мови, відеоінформації та даних.

Цілком справедливі і системи градації на основі використовуваної технології (супутникові мережі, атмосферні оптичні лінії тощо), за призначенням та ін.

Всі розглянуті технології відносяться до цифрових бездротових широкосмугових систем. Наведемо їх характерні ознаки, охарактеризувавши і «суміжні» системи. Термін "бездротовість" визначається легко - відсутній з'єднувальний провід (оптоволоконний або мідний кабель). Також відносно просто визначити поняття «цифрова система». До цифрових відносять системи, у яких вхідна аналогова інформація (наприклад, голос, аналоговий телевізійний сигнал тощо) спочатку перетворюється на цифрову (дискретну) форму. Проте вже тут виникає деяка нечіткість. Насправді, будь-який сигнал при передачі через фізичний канал має суто аналоговий вигляд, він у

принципі не повинен бути дискретним (що далі форма сигналу від нескінченної синусоїди, тим більше паразитних гармонік тощо), чого досягають спеціальними методами. Тому термін "цифрова система" говорить тільки про те, що в ній вхідні аналогові дані оцифровані та обробляються (фільтрація, скремблювання, комутація) переважно цифровими методами.

Ще складніше із шириною смуги. Строгого визначення тут немає. З технічної точки зору зазвичай вважають, що якщо ширина спектральної смуги F , в якій працює система, набагато менше центральної частоти цієї смуги f_c , то система вузькосмугова (тобто $F/f_c < 1$). Інакше система широкосмугова. Критерій дуже розпливчатий. В області цифрових систем передачі наводять і інші визначення широкосмугової системи: наприклад, система широкосмугова, якщо передатна функція каналу в цій смузі істотно змінюється в залежності від частоти (тобто передатна функція в робочій смузі вузькосмугової системи практично не залежить від частоти). Очевидно, що ці визначення досить розпливчасті.

З точки зору широкосмугового доступу називають доступ до ресурсів з якоюсь «достатньою» швидкістю, причому ця швидкість постійно збільшується. Ще недавно до широкосмугових відносили швидкості в 64 кбіт/с. Тому під терміном «широкосмугова система» ми розумітимемо такі системи, де проявляються специфічні ефекти та властивості, пов'язані з широкою робочою смугою частот.

Поділ на мобільні та рухомі системи. Тут слід розрізнити власне можливість мобільності абонентів, що надається технологією, та поділ на мобільну та фіксовану служби зв'язку, пов'язаний з питаннями частотного розподілу та ліцензування.

Поділ за розміром зони обслуговування також досить умовний, якщо розглядати сусідні градації. До персональних мереж (WPAN – wireless personal area network) відносять системи з радіусом дії від сантиметрів до кількох метрів (до 10-15 м). Основне призначення таких мереж полягає у заміщенні кабельної системи для зв'язку обладнання (наприклад, комп'ютера

та периферійних пристроїв). У цьому разі потужність випромінювання передавачів, зазвичай, 1-10 мВт. Локальні мережі (WLAN - wireless local area network) мають на увазі взаємну віддаленість пристроїв на відстань до сотень метрів і потужності передавачів близько 100 мВт. Це мережі, призначені для об'єднання пристроїв у межах локальної зони (будівлі, підприємства тощо). На основі стандартів локальних бездротових мереж цілком успішно будують мережі міського масштабу. Наприклад, у цій якості використовують такі технології, як DECT та IEEE 802.11.

До мереж міського масштабу (регіонального) можна віднести безліч різноманітних технологій. Це і наземне теле- і радіомовлення, і стільниковий зв'язок, і транкінгові системи. Спочатку стандарт IEEE 802.16 також планувався як система регіонального (міського) зв'язку. Якщо ж говорити про глобальні бездротові системи передачі даних, то вони представлені супутниковими системами зв'язку. Однак з урахуванням того, що, наприклад, практично всі мережі стільникової телефонії зв'язані певним чином, такі мережі проектуються з урахуванням можливості взаємодії, можна говорити і про глобальні мережі. Аналогічна ситуація з розвитком IEEE 802.16 — мережі мобільного стандарту WiMAX претендують саме на глобальність.

Через один канал передаються різноманітні дані. Кожному виду інформації властиві характерні вимоги під час передачі. Людина відчуває затримку передачі мови, коли вона перевищує 0,25 с. При затримках близько 0,5 с сприйняття мови багатьом стає неприйнятним. Причому справа не тільки власне у затримці, а й у неминучому при дуплексному зв'язку ехо-сигналі, який у таких затримках усунути вкрай складно. З іншого боку, мовна інформація малочутлива до спорадичних перешкод і втрат даних. Це означає, що при пакетній передачі мови важливо, щоб затримки поширення сигналу в каналі були мінімальними, а маршрутизація та відновлення потоку даних з пакетів (навіть якщо їхня послідовність порушена) відбувалися в реальному часі. При цьому допустима навіть втрата окремих пакетів. Аналогічна ситуація і з передачею відеоінформації - затримка між прийомом окремих

пакетів (наприклад, MPEG-2) не повинна перевищувати якогось заданого значення, але втрата пакета, як правило, допустима. Цілком інші вимоги пред'являються до передачі телеметричної інформації, текстових даних тощо. Тут, зазвичай, не важливий режим реального часу (у певних межах), а неприпустима втрата даних. Врахування цих особливостей може призводити до створення особливих технологій, орієнтованих на трансляцію певних видів інформації. Характерним прикладом була поява технології Frame Relay — способу пакетної передачі, у якому немає перевірок проходження окремих пакетів (на відміну від традиційних мереж пакетної комутації X.25 з підтвердженням і повторної передачі кожного пакета). У сучасних мультимедійних мережах передачі різноманітних даних необхідне запровадження додаткових механізмів — пріоритезації даних, системи забезпечення якості послуг (QoS) тощо.

Наведені вище міркування показують, що будь-яке визначення, так чи інакше ранжує БМПП.

1.2 Доступ до бездротових мереж

Важливим є питання забезпечення багатокористувацького доступу до бездротових систем. При цьому можливим є просторовий поділ каналу для багатокористувацького доступу. Найпростіший спосіб просторового поділу - це обмеження потужності передавачів.

Ще нещодавно цей метод вважався малоефективним — доти, доки не отримали промислового розвитку системи, що забезпечують досить точну локалізацію зон дії окремих передавачів. З появою апаратури (і відповідних стандартів), що забезпечує адаптивну перебудову потужності передавачів абонентських та базових станцій, а також систем на основі антен з перебудовуваною діаграмою спрямованості, даний метод набув широкого поширення. Характерний приклад - системи стільникового телефонного зв'язку, системи з цифровим формуванням діаграм спрямованості та ін.

Іншим можливим є багатокористувацький доступ з частотним поділом. Однак, більш гнучким є доступ із часовим поділом. Однак метод часового ущільнення не може використовуватися в суто аналогових мережах — навіть якщо вихідні дані аналогові (наприклад, мова), він вимагає їх оцифрування та розбиття на пакети. Швидкість передачі окремого пакета, зазвичай, значно перевищує швидкість передачі вихідних оцифрованих даних. Характерний приклад застосування часового ущільнення (у провідних мережах) - це метод передачі телефонного трафіку за допомогою каналів E1. На вузлову АТС кожен аналоговий телефонний канал перетворюється на потік даних зі швидкістю 64 кбіт/с (8 розрядів оцифрування x 8 кГц частоти вибірок). Фрагменти по 8 біт із 32 каналів (30 телефонних та 2 службових) утворюють цикл. Тривалість кожного циклу - 125 мкс, відповідно швидкість передачі даних - $(32 \times 8 \text{ біт}) / 125 \text{ мкс} = 2048 \text{ кбіт} / \text{с}$ (тобто 2048000 біт / с). Даний потік транслюється магістральними каналами і відновлюється (демультиплексується) на приймальному кінці.

Ще один тип множинного доступу - це мультиплексування з кодовим поділом. Спочатку, через складність реалізації, дана схема використовувалася у військових цілях, але з часом міцно зайняла своє місце в цивільних системах. Іменем заснованого на CDM механізму поділу каналів (CDMA - CDM Access) навіть названо стандарт стільникового телефонного зв'язку IS-95a, а також ряд стандартів третього покоління стільникових систем зв'язку (cdma2000, W-CDMA та ін.). У цій схемі всі передавачі передають сигнали по одній частоті, але з різними базовими кодами.

Принцип кодового ущільнення ілюструє ситуація, коли багато людей в одній кімнаті розмовляють різними мовами. При цьому кожна людина розуміє лише одну певну мову. Для кожного мова незрозумілою мовою сприйматиметься як нічого не значущий шум, позбавлений корисної інформації. А на тлі цього шуму він сприйматиме потік інформації зрозумілою йому мовою.

Зазначимо, що стиснення з кодовим поділом метод синтетичний. Він походить з частотного чи часового способів ущільнення. У «чистому» вигляді метод кодового ущільнення реалізується у разі DSSS. Крім того, відомі та використовуються методи розширення спектру через частотні та часові стрибки. У разі розширення спектру через частотні стрибки (ще його називають методом псевдовипадкової перебудови робочої частоти — ППРЧ) у заданому частотному діапазоні F одночасно працює кілька передавачів, кожен у вузькій смузі, у багато разів меншій за F . Центральна частота кожного передавача в ході роботи дискретно змінюється згідно із законом, що задається унікальною для нього кодовою послідовністю. Приймач знає цю кодову послідовність і перебудовується за частотою прийому одночасно з передавачем. Кодові послідовності вибирають так, щоб мінімізувати ймовірність одночасної роботи двох передавачів. Тим самим забезпечується певний захист від прослуховування та перешкод. Даний метод у ряді випадків виявляється досить ефективним і застосовується, зокрема, у такій популярній сьогодні технології БСПІ, як Bluetooth.

Якщо метод частотних стрибків є методом частотного ущільнення зі зміною частотної смуги, то метод часових стрибків аналогічний часовому ущільненню, тільки моменти початку трансляції пакетів передавача не строго періодичні, а змінюються за псевдовипадковим законом. Як правило, кодова послідовність визначає час відхилення початку трансляції чергового пакета від заданого періоду. Подібний механізм, зокрема, реалізований у системах зв'язку із надширокою спектральною полосою компанії Time Domain.

Донедавна поширення технології OFDM стримувала складність її апаратної реалізації. Однак із розвитком напівпровідникової технології це вже не є перешкодою. В результаті метод OFDM набуває все більшого поширення, зокрема, у системах зв'язку таких популярних стандартів, як IEEE 802.11 та DVB, є базовим для стандарту широкосмугових регіональних БСПІ IEEE 802.16-2004. Більш того, всі найперспективніші стандарти БСПІ

(IEEE 802.16e, LTE, CDMA200 Rev.C) засновані саме на технології OFDM. І в мережах 4G використовується цей метод множинного доступу.

Як правило, описані схеми в бездротових мережах використовуються в поєднанні один з одним. Наприклад, для мобільних мереж GSM одночасно використовують схеми ущільнення SDM, TDM та FDM, у системах стандарту IEEE 802.16 ефективно поєднуються технології OFDM, CDM, FDM/TDM та SDM.

Розглянуті вище механізми - це засоби поділу єдиного ресурсу на канали передачі. Однак ці канали ще треба назначити конкретним пристроям. Розглянемо кілька найпопулярніших схем розподілу каналних ресурсів на базі технології TDM (аналогічні механізми можливі за інших методів ущільнення).

Найпростіший алгоритм для схеми ущільнення TDM – це фіксований розподіл часових інтервалів між різними пристроями. Розподілом займається базова станція (центральний пристрій), яка повідомляє кожному абонентському пристрою час початку передачі. Подібна схема ідеально підходить для бездротових мереж, які мають фіксовану пропускну здатність. Однак вона не є оптимальною у разі нерегулярної передачі, оскільки під час мовчання пристрою його інтервал не може бути використаний іншим терміналом. Тому число абонентських станцій (або допустима швидкість передачі) є важливим і значно обмеженим.

Протилежністю даної схеми є механізм цілком випадкового доступу чи класична схема Aloha. У ній відсутній будь-який алгоритм, який дозволяв би уникнути колізій (одночасної роботи двох передавачів одночасно на одній частоті). Це означає, що будь-який пристрій може передавати дані в будь-який час і немає гарантії, що ці дані будуть успішно доставлені одержувачу. Дана схема - один із найперших механізмів доступу для систем бездротового зв'язку. Вона була розроблена у 1970-х роках у Гавайському університеті та застосовувалася в мережі ALOHNET для бездротового з'єднання кількох станцій (університетських будівель, що розташовувалися на різних островах

Гавайського архіпелагу). Ця схема добре працює в мережах зі слабким завантаженням, тобто у мережах, що мають невелике кількість пристроїв або передають невелику кількість інформації в одиницю години. При пуассонівському розподілі інтенсивності генерації пакетів пристроями максимальна пропускна здатність системи досягається вже за 18% завантаження.

Удосконаленням основної схеми Aloha став метод множинного доступу з детектуванням несучої. Детектування несучої частоти означає лише те, що канал прослуховується пристроєм. Якщо він зайнятий, тобто інший пристрій передає дані, то передавач переходить в режим очікування до того моменту, коли канал стане вільним. Цей метод дозволяє значно покращити пропускну здатність системи. Як і в методі випадкового доступу, у цій схемі не потрібно наявності центрального пристрою, тобто кожен пристрій вирішує передачу самостійно. Оскільки фактично доступ до середовища отримує та станція, яка першою почала передачу, цей механізм ще називають методом конкурентного доступу.

Існує кілька версій схеми CSMA. При використанні нестійкої схеми CSMA станції слухають канал і якщо канал вільний, негайно починають передачу. Якщо канал зайнятий, станція перед повторним визначенням стану каналу вичікує випадковий проміжок часу, після чого слухає канал. Якщо канал вільний, термінал передає дані. У р-стійких схемах CSMA вузли теж визначають стан каналу, але дані передаються з ймовірністю p . Пристрій може відкласти передачу до наступного часового інтервалу з ймовірністю $1-p$, тобто здійснюється додатковий поділ доступу до середовища. У наполегливих системах CSMA всі станції, яким необхідно передавати дані, одночасно отримують доступ до середовища, як тільки воно звільняється.

Іншою варіацією даного методу є CSMA/CA (CA - Collision Avoidance, із запобіганням конфліктам), що використовується в бездротових локальних лініях стандарту IEEE 802.11. Тут після визначення незайнятості каналу час очікування вибирається випадково в деякому часовому проміжку. У

специфікації HIPERLAN 1 описана подібна схема - безпріоритетний множинний доступ з винятком (Elimination Yield - Non-Preemptive Multiple Access, EY - NPMA).

Схема з цифровим детектуванням (DSMA) використовує схожий на CSMA/CA принцип роботи. Цей метод також називають множинним доступом із детектуванням подавлення (ISMA). Відмінність у тому, що зайнятість каналу визначається не шляхом прослуховування, а з допомогою посилки базовою станцією пакета, у якому визначається статус каналу. У цій схемі базова станція має бути синхронізована з передавачами так, щоб передавачі не передавали дані під час передачі статусу каналу. Якщо канал зайнятий, то станції чекають на випадковий проміжок часу для подальшої передачі. Оскільки кілька станцій можуть одночасно передати дані, центральна станція надсилає пакет з підтвердженням отримання пакета даних.

У сучасних БМПП, як правило, використовують поєднання механізмів централізованого призначення часових інтервалів та методів конкурентного доступу. По суті, робота цих систем відбувається у два етапи. Перший етап - резервування ресурсів (часових інтервалів) для майбутньої передачі. На цьому етапі всі станції заявляють (намагаються заявити) про свої потреби в каналних ресурсах. З другого боку на етапі відбувається безпосередня передача даних у відведеному часовому інтервалі. У цих схемах використовується центральний термінал, за допомогою якого проводиться синхронізація передач і здійснюється резервування. Як правило, механізми резервування призводять до збільшення часу затримки отримання пакетів при слабкому завантаженні системи, але при цьому забезпечують більш високу пропускну здатність.

Прикладом подібного механізму є схема множинного доступу з розподілом на запит (Demand Assigned Multiple Access - DAMA), що називається також схемою Aloha з резервуванням. Вона, зокрема, застосовується у супутникових системах зв'язку. Протягом певного часового

інтервалу, розбитого на міні-інтервали, всі станції намагаються зарезервувати собі майбутні часові інтервали передачі даних. Оскільки на стадії резервування відбуваються конфлікти, деяким станціям не вдається зарезервувати каналний ресурс. Якщо станції вдалося зарезервувати часовий інтервал, то жодна інша станція не зможе в цей час здійснювати передачу. Таким чином, базова станція збирає всі успішні запити (інші ігноруються) і надсилає назад список із зазначенням прав доступу до наступних часових інтервалів. Цьому списку підпорядковуються усі станції. Схема DAMA відноситься до схем з явним резервуванням, коли кожен інтервал передачі резервується явно.

Схема TDMA із резервуванням відрізняється від попередньої схеми тим, що етап резервування відбувається не на підставі конкурентного доступу, а за звичайною фіксованою схемою TDMA. Кожному пристрою призначається часовий міні-інтервал, протягом якого він повідомляє, чи передаватиме дані. Тому на початку кожного циклу передачі базова станція передає пакет, розбитий на N інтервалів, у кожному з яких зазначено, зарезервованій канал чи ні. Потім слідує N до інтервалів для даних. Даний метод гарантує кожній станції, що зарезервувала канал, певну пропускну здатність. Інші станції можуть пересилати дані протягом інтервалів, які ніхто не зарезервував, але вже за принципами конкурентного доступу і без гарантії доставки пакетів.

Схема з резервуванням пакетів (PRMA – Packet Reservation Multiple Access) є прикладом із прихованим резервуванням, оскільки інтервали резервуються неявно. Центральний пристрій на початку кожного циклу розсилає список з розподілом часових інтервалів. Саме резервування відбувається за іншою схемою. Припустимо, що якомусь пристрою необхідно передати дані, але при цьому він не зарезервував часовий інтервал. Цей пристрій регулярно отримує список із зарезервованими інтервалами. Наприклад, в отриманому списку зазначено, що третій, п'ятий та восьмий інтервали не зарезервовані, тобто вільні. Пристрій випадково приймає

рішення про те, в якому інтервалі можна спробувати передавати дані. Наприклад, пристрій передає повідомлення в п'ятий інтервал. Якщо передача пройшла успішно, пристрій отримує про це підтвердження. Базова станція резервує цей канал для нового пристрою та включає його до свого списку. Якщо запит не дійшов до базової станції, пристрій повинен спробувати знову надіслати дані до одного з вільних інтервалів.

1.3 Висновки до розділу 1

В розділі проведено аналіз та дано загальну характеристику безпроводних мереж, їх класифікацію, зокрема для випадку цифрового подання сигналів та повідомлень. Проаналізовано методи доступу до середовища передачі у бездротових мережах, зокрема множинного доступу. Розглянуто множинний доступ із просторовим поділом, множинний доступ з частотним поділом, множинний доступ із часовим поділом, методи часового та частотного ущільнення, мультиплексування з кодовим поділом на основі застосування нестационарних шумоподібних сигналів.

Розглянуто способи розподілу каналних ресурсів на базі технології TDM.

Встановлено, що для ефективного функціонування систем безпроводного доступу необхідним є застосування шумоподібних сигналів, а для нарощення кількості каналів обміну даними необхідним є розроблення ефективних методів ущільнення таких сигналів.

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Технічні засоби мережі Bluetooth

Однією з необхідних умов успіху такої технології, як Bluetooth, є недорога програмно-апаратна реалізація. У структуру пристроїв Bluetooth (рис. 2.4) входять радіомодуль-трансвер, контролер зв'язку (baseband-процесор) і пристрій, що керує зв'язком, що власне реалізує протоколи Bluetooth верхніх рівнів, а також інтерфейс з термінальним пристроєм. Причому якщо трансвер і контролер зв'язку (у перших чіпсетах для Bluetooth) - це спеціалізовані мікросхеми, то пристрій управління зв'язком реалізують на стандартних мікроконтролерах, сигнальних процесорах або його функції підтримують центральні процесори потужних термінальних пристроїв (наприклад, ноутбуків). Крім того, в пристроях Bluetooth застосовують інтегральні схеми (ІВ), які використовуються в інших додатках, оскільки діапазон 2 МГц освоєний досить добре, а закладені в Bluetooth технічні рішення самі по собі особливої новизни не містять (схема модуляції - широко поширена, технологія спектрального розширення частотних стрибків добре відпрацьована, потужність мала).



Рис. 2.1. Структура пристрою Bluetooth

Тому не дивно, що перші чіпсети для Bluetooth включали IC, добре знайомі з інших програм.

2.2 Мобільні стільникові технології

Стільниковий зв'язок - одне з революційних досягнень в області бездротових мереж, що стало сьогодні звичайним. Мобільний телефон перетворився на звичний предмет побуту. Широкі можливості мереж мобільного зв'язку не можуть не привертати увагу розробників різного роду систем — моніторингових, охоронних, комунікаційних і т.д. проблема з використанням стільникових мереж третього та четвертого покоління (3G, 4G).

Ще в 1992 році Міжнародна спілка електрозв'язку (ITU) ініціювала роботи над стандартом «всесвітнього рухомого радіозв'язку» IMT-2000. Передбачалося, що до 2000 року з'явиться специфікація рухомих мереж зв'язку, що діє в діапазоні близько 2000 МГц та зі швидкістю передачі даних порядку 2 Мбіт/с. Однією з вимог була можливість точного визначення місця перебування мобільних терміналів. Причому йшлося про єдину систему телекомунікацій, що поєднує супутникові, мобільні, фіксовані види зв'язку. Надіям цим збутися не судилося, проте певна визначеність зі стандартами мереж третього покоління настала.

Глобальна система мобільного зв'язку (GSM)

Безумовний лідер із поширеності на світовому ринку — стандарт GSM. Його історія розпочалася у 1982 році, коли Європейська конференція адміністрацій пошти та телеграфу (CEPT) створила робочу групу GSM (Group Special Mobile) для розробки загальноєвропейської системи рухомого стільникового зв'язку. У 1989 році роботи з GSM перейшли під егіду Європейського інституту стандартизації електрозв'язку (ETSI), і в 1990 були опубліковані специфікації першої фази стандарту.

GSM діє в діапазонах 900 та 1800 МГц (у США – 1900 МГц). У Європі в діапазоні 900 МГц мобільний телефон передає (висхідний канал) у смузі 890-915 МГц, приймає (низхідний канал) в інтервалі 935-960 МГц (для GSM-1800 - 1710-1785 та 1805-1818). Весь діапазон ділиться на частотні канали по 200 кГц - у GSM-900 всього 124 канали (124 висхідних і 124 низхідних), рознесення між висхідним і низхідним каналом - 45/95 МГц (в діапазонах 900/1800 МГц, відповідно). Базова станція підтримує від 1 до 16 частотних каналів. Таким чином, в GSM реалізований частотний метод дуплексування каналів (FDD).

Що стосується доступу до середовища передачі, у GSM використано принцип часового поділу каналу - TDMA. Частотні канали розбиті на кадри по 8 інтервалів (канальні інтервали) тривалістю по 577 мкс. Кожному фізичному каналу відповідає один певний часовий інтервал на певній частоті. Таким чином, мобільний термінал (МТ) передає базовій станції (БС) інформацію протягом 577 мкс кожні 4615 мкс. БС зв'язується з МТ так само, але на три часові інтервали раніше МТ (і на частоті на 45 МГц вище), щоб рознести в часі прийом і передачу. Це значно спрощує апаратуру МТ.

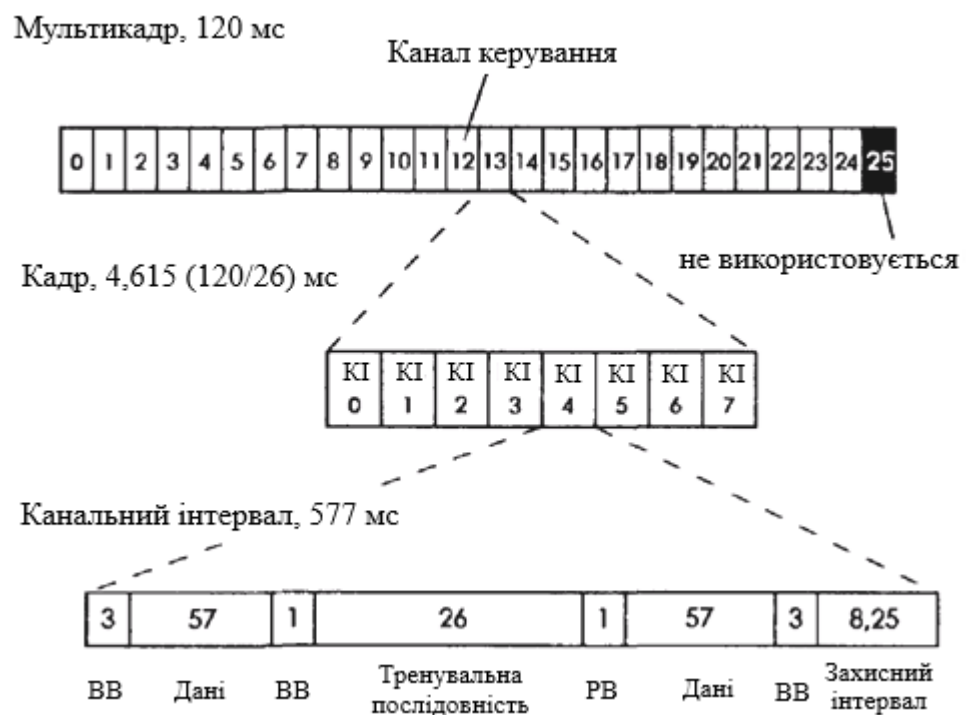


Рис. 2.2. Часове розділення каналів в GSM

Часові інтервали в GSM бувають п'яти типів - нормальний, підстроювання частоти, синхронізації, настановний і доступу. Структура нормального часового інтервалу показано на рис. 2.5. Корисна інформація передається двома блоками 57 біт. Між ними розташована тренувальна послідовність 26 біт, обмежена однорозрядними покажчиками PB (Pointer Bit). Інтервали BP (Border Bit) довжиною 3 біти обмежують всю передану послідовність. Після трансляції всіх 148 біт каналного інтервалу передавач «мовчить» протягом захисного інтервалу ST (Shield Time) тривалістю 30,44 мкс, що за часом еквівалентно передачі 8,25 біт.

Кожні 26 кадрів об'єднані у мультикадр тривалістю 120 мс. У мультикадрі кожен 13 кадр зарезервований для каналу управління, а протягом кожного 26 кадру вся система «мовчить».

В GSM використано принцип повільних частотних стрибків — прийом/передача нового кадру може відбуватися на новій несучій частоті. При цьому зберігається дуплексне рознесення в 45 МГц. Початкове значення несучої та послідовність зміни призначаються мобільному терміналу під час встановлення зв'язку. Модуляція сигналу – двійкова гауссова з мінімальним частотним зсувом GMSK (один біт на символ).

Радіус стільника в GSM - до 35 км - обмежений зростаючою часовою затримкою поширення сигналу.

Стандарт CDMA

CDMA розшифровується як множинний доступ із кодовим поділом каналів (Code-Division Multiple Access). Значно просунули технологію роботи К. Шеннона. До певного моменту CDMA знаходив застосування тільки у військовій та спеціальній техніці через складність апаратури для обробки сигналів. Проте такі властивості технології, як висока стійкість до перешкод і прихованість передачі, у цій галузі виявилися незамінними.

З розвитком мікроелектроніки стало можливим створення недорогих портативних станцій CDMA. Лідер у цій галузі – американська компанія Qual-comm, яка розробила специфікацію IS-95 (cdmaOne).

Спрощено розглянемо принцип CDMA. Розрізняють три види кодового поділу каналів - розширення спектра методом прямої послідовності (DS), частотних стрибків (FH) і часових стрибків (TH). Перспективним є метод DS, що називається ще передачею з допомогою шумоподібних сигналів (ШПС). У CDMA-DS кожен біт інформаційного сигналу замінюється деякою фіксованою послідовністю певної довжини - базою сигналу. Нуль та одиниця можуть, наприклад, кодуватися інверсними послідовностями. Для кожного каналу визначається певна послідовність (код). Спектр сигналу розширюється пропорційно до довжини бази. Послідовності зазвичай підбирають ортогональними (скалярний добуток дорівнює нулю). У приймачі відбувається обчислення кореляційних інтегралів вхідного сигналу та кодової послідовності певного каналу. В результаті приймається тільки той сигнал, який був розширений за допомогою заданої кодової послідовності (кореляційна функція вище порогового значення). Решта сигналів сприймаються як шум. Таким чином, в одній смузі можуть працювати кілька приймачів, не заважаючи один одному. Завдяки широкосмуговому сигналу знижується його потужність, причому при дуже довгій базі нижче рівня білого шуму.

Сильно зростає стійкість до перешкод, а з нею і якість зв'язку — вузькосмугова перешкода не вплине на широкосмуговий сигнал. Кодова послідовність автоматично є і елементом криптозахисту. Що особливо привабливо для операторів стільникового зв'язку, спрощується проблема частотного планування, оскільки всі станції працюють в одній смузі. Всі ці властивості визначили успіх CDMA.

Природно, принцип взаємодії базової та мобільної станцій у стандарті IS-95 набагато складніше. Розглянемо його трохи докладніше, оскільки саме цей стандарт ліг в основу низки мереж третього покоління.

Низхідний канал містить 64 логічні канали. Логічні канали формуються з допомогою розширення спектра сигналу послідовностями Уолша (Walsh).

Послідовність Уолша відрізняється від рядка матриці Адамара тільки тим, що в ній -1 замінено на 0.

Розглянемо процес передачі у низхідному каналі (рис. 2.2). Вхідний потік (дані, оцифрований голос) (1,2-9,6 кбіт/с) піддається захисному згортковому кодуванню зі швидкістю 1/2 і потрапляє у повторювач, який залежно від умов зв'язку може повторювати передачу одного блоку даних до восьми разів. Потім дані надходять до блоку перемежування, що захищає від групових помилок. Фактично, це матриця, яку інформаційні біти заповнюють рядками, а виводяться стовпцями.



Рис. 2.3. Схема передачі в прямому каналі cdmaOne

Далі потік перемножується з 42-розрядним числом, так званою маскою довгого коду, фактично ідентифікаційним номером мобільної станції (йдеться про канал передачі трафіку, в каналах іншого типу маска може формуватися інакше). Це елемент додаткового криптозахисту. Нарешті, потік розширюється у вигляді послідовностей Уолша (кожен біт перемножується на 64-разрядную послідовність). Кожному з 64 каналів відповідає певна послідовність. Перша послідовність Уолша закріплена за пілотним каналом.

Після розширення послідовностями Уолша швидкість потоку стає 1,2288 Мбіт/с (якщо бути точним – не біт, а чіпів, оскільки біт – поняття інформаційне, а елементи модульованих послідовностей називають чіпами). У результаті кожному інформаційному біту вихідного потоку відповідає 128

чипів вихідної послідовності. Виграш щодо сигнал/шум для розширеного та вихідного сигналу становить $10 \lg 28 = 21$ дБ. Якщо прийняти, що на вході приймача допустиме співвідношення сигнал/шум в 3дБ, передачу теоретично можна вести при рівні сигналу на 18 дБ нижче рівня інтерференційних перешкод.

Перш ніж потрапити на модулятор, сигнал додатково розширюється псевдовипадковою послідовністю з так званим коротким кодом (період 215 - 1) і розкладається на квадратурні складові. Несуча модулюється методом фазової маніпуляції QPSK. Оскільки послідовності Волша взаємно ортогональні, інтерференційні перешкоди між каналами однієї БС практично відсутні. Передача ведеться пакетами тривалістю 20 мс.

Висхідний канал ділиться на 242 - 1 логічних каналів. Кожній мобільній станції присвоєно свій унікальний логічний канал на основі 42-бітного ідентифікаційного номера. Спектр сигналу у зворотному каналі розширюється на основі так званих т-послідовностей (довгого коду). Їх генерація відбувається у 42-розрядному зсувному регістрі зі зворотними зв'язками (рис. 2.3).

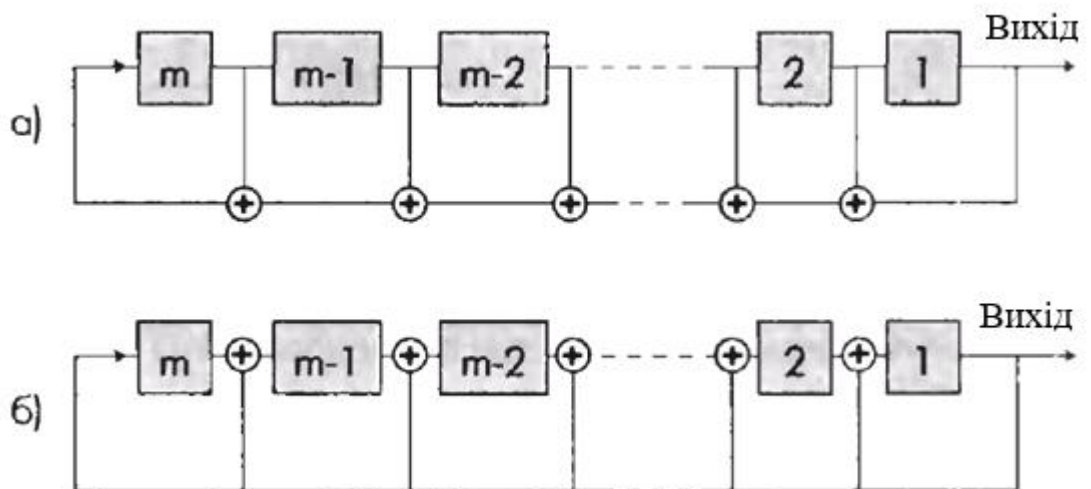


Рис. 2.4. Пікомережа з одним підлеглим пристроєм (а), декількома (б) і розподілена мережа (в)

Передача у висхідному каналі багато в чому аналогічна передачі у низхідному (рис. 2.4). Вхідна інформація після згорткового кодування повторювача і блоку перемежування потрапляє в блок ортогональної модуляції, де кожна група з 6 біт замінюється відповідною 64-розрядною послідовністю Волша. Далі потік послідовностей Уолша перемножується на ПВП (довгий код). При цьому кожен елемент послідовності Уолша перетворюється на чотири елемента ПВП. Потім потік квадратується за допомогою так званого короткого коду з періодом 215 - 1. Короткий код необхідний для первинної синхронізації МТ з БС.

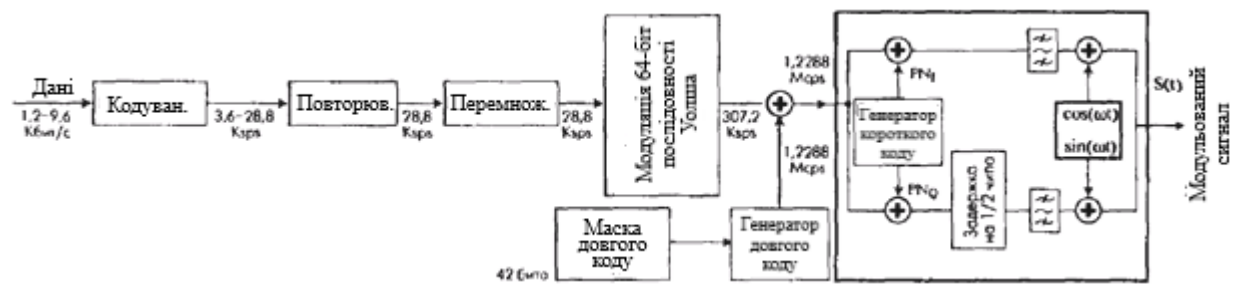


Рис. 2.5. Схема передачі в зворотньому каналі cdmaOne

У висхідному каналі застосовується квадратурна фазова модуляція зі зсувом O-QPSK (див. рис. 2.4), кожному символу відповідають два біти. Цей вид модуляції дозволяє знизити вимоги до лінійності підсилювачів передавального тракту МТ. В результаті всіх перетворень кожен біт вихідного повідомлення замінюється 256 елементами послідовності, що транслюється.

Приєм сигналів відбувається у зворотному порядку. Для виділення «свого» сигналу використовують цифрові корелятори, що обчислюють кореляційну функцію із заданою послідовністю Уолша (МТ) або з т-послідовністю (БС) у заданій фазі. МТ зазвичай містить кілька кореляторів для роботи одночасно з кількома базовими станціями. Крім того, кілька кореляторів забезпечують прийом при багатопроменевому поширенні сигналу, що може покращити якість зв'язку.

2.3 Структура систем передачі дискретної інформації

Блок-схема каналу передачі типу «точка-точка» показана на рис. 2.6. Різним видам кодерів на передаючій стороні відповідають «зворотні» декодери. Кодування використовується для стиснення інформації, криптографічного захисту, а також підвищення завадостійкості за рахунок внесення надмірності на передаючій стороні. Вихід коригуючого кодера та вхід відповідного декодера утворюють вхід та вихід дискретного каналу зв'язку.

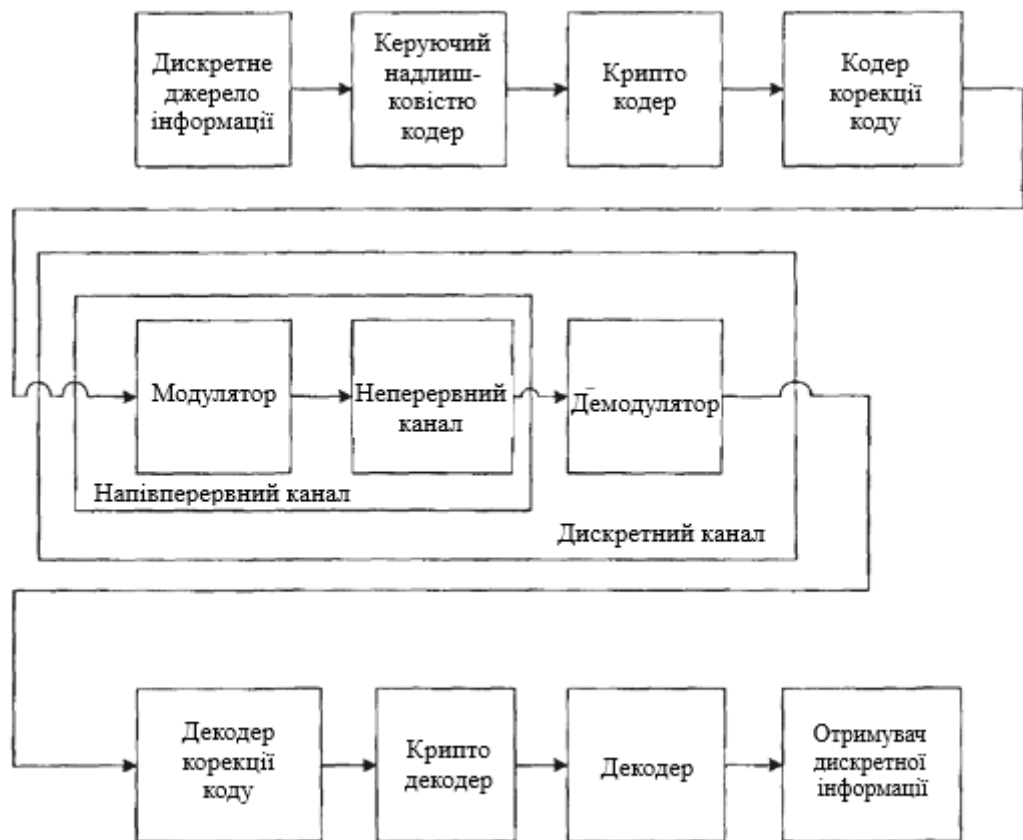


Рис. 2.6. Блок-схема каналу передачі типу «точка-точка»

У загальному випадку дискретний канал зв'язку є математичним об'єктом з I входами та J виходами з певними перехідними ймовірностями.

Якщо деталізувати фізичний зміст дискретного каналу, то виявиться, що він складається з послідовного ланцюжка «модулятор-безперервний канал-демодулятор», причому ланцюжок «модулятор-безперервний канал» утворює безперервний канал. Безперервний канал є каналом з безперервним входом і безперервним виходом, а напівбезперервний канал з дискретним входом і безперервним виходом. Пізніше буде видно, що безперервний канал використовується для синтезу сигнально-кодових конструкцій, а напівбезперервний канал для декодування з м'яким рішенням. Важливо також розуміти, що це розглянуті канали є математичними моделями відповідних фізичних каналів зв'язку. Реальна система передачі дискретної інформації містить велику кількість вузлів та функціональних елементів, не відображених на рис. 2.5, проте без яких система не функціональна. У першу чергу, це пристрої синхронізації по несучій, тактовій та блокової частоті, без яких демодуляція та декодування сигналів неможливі. Крім того, це задаючі генератори, системи управління, передавачі, приймачі, антени у випадку радіосистем і багато інших елементів. Якщо система, що розглядається, є безперервною, то за допомогою теореми Котельникова система з безперервної перетворюється на дискретну. Ланцюжок цих перетворень показано на рис. 2.7.

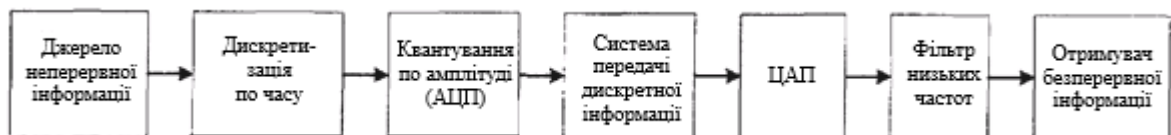


Рис. 2.7. Схема перетворень безперервної системи зв'язку в дискретну

2.4 Моделі та типи каналів широкосмугового доступу

При розгляді необхідно розрізняти реальні фізичні канали зв'язку, що виникають при широкосмуговому доступі, та відповідні моделі. Залежно від середовища передачі широкосмуговий доступ може бути провідним та

бездротовим. Дротові канали характеризуються більш постійними параметрами, ніж бездротові. Всім каналам — і провідним, і бездротовим притаманні перешкоди та заважаючі впливи від інших абонентів системи. У разі бездротових каналів параметри останніх можуть істотно змінюватися в часі. Це може бути викликано, по-перше, завмиранням переданого сигналу в результаті відображень під час поширення і, по-друге, ефектом Допплера, що виникає під час руху абонентів.

Все це призводить до великої різноманітності відповідних моделей каналів, необхідних для синтезу сигналів, кодів та сигнально-кодових конструкцій. Першим наближенням є розгляд так званих каналів дискретного часу, коли розглядаються лише часові відліки сигналу в моменти часу $1, 2, \dots, k, k+1$. Ці сигнали можуть виникати, наприклад, в моменти стробування якимось стробуючим пристроєм. Другим суттєвим обмеженням є розгляд каналів без пам'яті, коли k -й відлік залежить від попередніх і наступних відліків. Третім суттєвим обмеженням є обмеження потужності сигналу РВХ на вході каналу. І нарешті, четвертим обмеженням є адитивний характер шуму в каналі. Все це призводить до каналу зі співвідношенням сигнал/шум $P_{\text{вх}}/P_{\text{ш}}$.

Якщо даний безперервний канал квантується на I станів входу і J станів виходу, виходить дискретний канал без пам'яті з I входами і J виходами з відповідними перехідними ймовірностями. На вході каналу виникає одна з I букв з алфавіту $A = \{a_1, a_2, \dots, a_I\}$, а на виході одна з J букв з алфавіту $B = \{b_1, b_2, \dots, b_J\}$. Важливо розуміти, що в загальному випадку розміри алфавітів на вході і виході не збігаються. Дискретний канал без пам'яті називається симетричним, якщо набір перехідних ймовірностей одного входу чи виходу задається простими перестановками відповідних наборів інших входів чи виходів.

Найпростішим каналом називається двійковий симетричний канал, для якого алфавіти по входу та виходу збігаються і складаються з двох літер 0, 1. Перехідні ймовірності рівні $p(0/0) = p(1/1) = 1 - p$, а $p(0/1) = p(1/0) = p$.

Тоді p називається ймовірністю помилки, а $1-p$ - ймовірністю правильного прийому.

Також дуже простий так званий стиральний канал, для якого є два входи 0, 1 і три виходи 0, 1, *. Символ * називається стиранням або відмовою. Перехідні ймовірності рівні $p(0/0) = p(1/1) = 1 - \alpha$, $p(0/1) = p(1/0) = 0$, а $p(0/*) = p(1/*) = \alpha$. Тоді α це ймовірність стирання, а $1 - \alpha$ це можливість правильного прийому. У разі напівбезперервного каналу, необхідного при м'якому декодуванні, вихід каналу зазвичай квантується на кілька значень. І тут розмір алфавіту після виходу каналу J істотно перевищує алфавіт по входу каналу. Найбільш традиційними моделями безперервних каналів із пам'яттю є канали з релеївським чи райсівським завмиранням. Часто використовують дискретні моделі каналів із пам'яттю, найпростішими з яких є канали, утворені простими ланцюгами Маркова. У кожному з кількох станів канал відповідає певному ДБК.

2.5 Система широкосмугового доступу до інформаційних ресурсів

Розглядатимемо специфічні системи передачі, які називатимемо системами широкосмугового доступу до інформаційних ресурсів. Під це визначення підпадає величезна кількість систем - це і дротові системи DSL з мідних проводів, це і бездротові системи BWA (broadband wireless access), це системи цифрового радіомовлення і телебачення, це і супутникові системи та мережі та багато інших. Системи можуть бути і дуплексними (двоспрямованими), і симплексними (односпрямованими), і провідними, і бездротовими. Системи можуть бути призначені для будь-якого виду телеметричної інформації, передачі телефонії, а також трансляції відео і

звуку. Абоненти в системах широкосмугового доступу можуть бути нерухомі, рухомі та обмежено рухливі.

Проте, всі системи широкосмугового доступу поєднує кілька загальних властивостей.

Всі системи широкосмугового доступу прагнуть використовувати середовище передачі (канал зв'язку) на межі фізичних можливостей, тобто пропускної можливості, що потягує використання інших способів синтезу і прийому сигналів, кодів та сигнально-кодових конструкцій.

Усі системи широкосмугового доступу використовують ефективні методи доступу до середовища передачі та мультиплексування повідомлень у цьому середовищі, що тягне у себе застосування нових методів множинного доступу.

Усі системи широкосмугового доступу для максимізації своєї ефективності використовують стиснуту інформацію, що тягне у себе використання новітніх методів кодування джерела.

При надсиланні безперервних повідомлень використовується їх оцифрування та дискретна передача. Якщо на початковому етапі розвитку таких методів оцифрування повідомлення призводило до суттєвого збільшення смуги сигналу, то тепер оцифроване повідомлення часто займає смугу втричі-вчетверо менше вихідного аналогового.

І нарешті, всі системи широкосмугового доступу, замінюючи собою вузькосмугові та середньосмугові системи, істотно розширюють власні властивості і призводять до мультисервісності послуг для абонентів.

2.6 Способи розділення каналів між абонентами

Передача по радіоканалу виконується за умови протоколів з постійним вибором каналів (FAMA) за абонентськими станціями або при виділенні каналів за потреби (DAMA). Якщо передача є неперервною, то використовується перший тип протоколів. Коли передача є нерегулярною, то

кращим буде застосування протоколів другої групи, які полягають у централізованому поділі ресурсів мережі. При множинному доступі не застосовується базова станція (ПМД). Тут всі станції функціонують по загальному протоколу.

Протоколи з виділенням каналів за потреби (DAMA) виконуються на основі часового (TDMA) або частотного (FDMA) поділу каналів. На рис. 2.8 зображено протокол із часовим розділенням на інтервалі тривалості кадру T_k

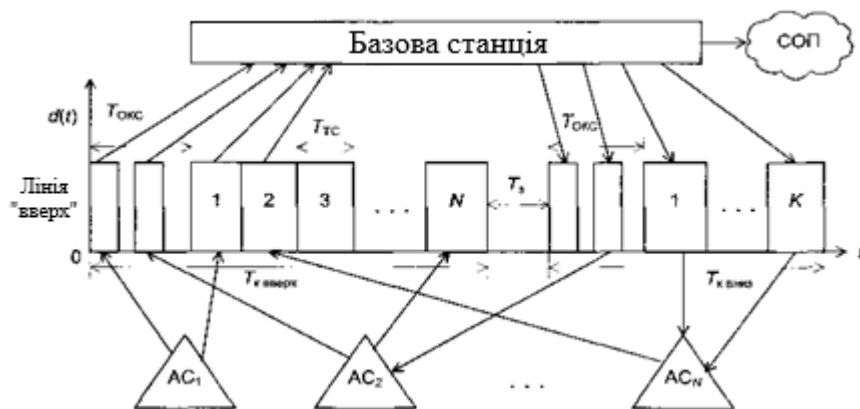


Рис. 2.8. Виділення каналу за потреби (DAMA)

2.7 Застосування шумоподібних сигналів

Для систем багатоканального обміну даними на основі застосування ортогональних сигналів потрібно забезпечити синхронізацію в плані повного збігання спектра сигналу та смуги пропускання при ЧРК або такого ж збігання часових інтервалів передачі сигналів окремих каналів у випадку ЧсРК тощо. Часто це зробити або складно або неможливо, зокрема у випадку рухомих об'єктів. При цьому вирішити цю проблему дозволяє застосування технологій асинхронного багатоканального зв'язку. В цьому випадку одночасно і в тій же самій частотній смузі відбувається передача сигналів від усіх джерел, при цьому не дотримуються часової синхронізації каналів. В цьому випадку говорять про системами з вільним доступом до лінії зв'язку. Тут абоненту відповідає окрема форма сигналу, що буде його адресою. При

цьому мають забезпечуватися умови ортогональності та лінійної незалежності за довільних зсувів сигналів за часом. Тобто, для довільної пари сигналів $s_i(t)$ і $s_k(t)$ повинно виконуватись наступне:

$$\overline{s_i(t)s_k(t-\tau)} = \int_t^{t+T} s_i(t)s_k(t-\tau)dt \equiv 0 \quad (2.1)$$

при $0 \leq \tau \leq T$, де T - тривалість сигналу.

Остання умова справедлива лише для сигналів $s_k(t)$, які є білим шумом. У випадку реальних сигналів це обмеження не виконується і досягти його неможливо. Але можна означити та згенерувати такі сигнали. Що будуть задовольняти останній умові наближено, тобто

$$\overline{s_i(t)s_k(t-\tau)} = \int_t^{t+T} s_i(t)s_k(t-\tau)dt \ll \int_t^{t+T} s_i^2(t)dt \quad (2.2)$$

при $0 \leq \tau \leq T$, тобто коли сигнальні скалярні добутки за довільних часових зсувів будуть значно меншими за енергію сигналу. Ці сигнали будуть означені як майже ортогональними та будуть наближатися до білого шуму по властивостям і саме тому їх називають нестационарними шумоподібними. Ці сигнали належать до групи сигналів, база яких $B = 2FT \gg 1$, і є сигналами що різняться за формою. Способом технічної реалізації ортогональних шумоподібних сигналів є формування псевдовипадкових послідовностей дискретних замкнутих двійкових радіоімпульсів. База сигналу визначається кількістю імпульсів у послідовності. Для окремого каналу виділяється з множини можливих лише одна ортогональна двійкова послідовність, що буде адресою самого каналу, а система називатиметься Асинхронною адресною системою зв'язку.

2.8 Висновки до розділу 2

Проаналізовано поширені структури мереж безпроводного доступу та протоколи обміну даними та власне організації таких мереж, зокрема для технологій Bluetooth та мобільних стільникових мереж.

Встановлено, що в цих технологіях для кодування передаваних даних, підвищення завадо захищеності та прихованості повідомлень застосовуються методи кодового розділення каналів із застосуванням псевдовипадкових послідовностей, які являють собою частковий випадок нестационарних шумоподібних сигналів, задача ущільнення яких розглядається в роботі.

РОЗДІЛ 3

НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1 Обґрунтування способу ущільнення

Запропоновано спосіб ущільнення шумоподібних, зокрема неортогональних сигналів, при якому відбувається максимально можливе подавлення взаємних завад, а сам процес ущільнення є простим через меншу кількість використовуваних перетворень. Основою методу є використання паралельного ітераційного алгоритму.

Нехай в передавачі з використанням асинхронної адресної системи при відсутності спотворень в каналі зв'язку виконується стиснення l активних джерел сигналу (повідомлень). При цьому формуються послідовності імпульсів з амплітудами C_i ($i = \overline{1, l}$) та тривалістю імпульсів T . Тут же, ЛН сигнали S_i ($i = \overline{1, l}$) з тою ж тривалістю і будь якими коефіцієнтами кореляції

$r_{ij} = (1/E) \int_0^T S_i(t) S_j(t) dt$ та енергією $E = E_j = \int_0^T S_i^2(t) dt$, використовуються для загальної синхронізації. В приймачі розділення каналів виконується за законом:

$$U_j = \int_0^T x_{\text{вх}}(t) S_j(t) dt \quad (j = \overline{1, l}) \quad (3.1)$$

де $x_{\text{вх}}(t) = x_{\text{зп}}(t) + n(t)$ - вхідний сигнал; $x_{\text{зп}}(t)$ - переданий по мережі сигнал; $n(t)$ - завада.

Суть методу полягає в передбаченні значень взаємних завад в окремо взятому каналі опрацювання кореляційного приймача каналу в спосіб

моделювання алгоритму його функціонування в передавачі на основі апріорної інформації щодо координат вектора переданих в конкретний момент часу повідомлень, та, в залежності від впливу взаємних завад, наступного збільшення чи зменшення амплітудного рівня передаваних повідомлень для підлаштування мережі. При цьому дискретний сигнал формується наступним чином:

$$x_{zp_q}(t) = \sum_{i=1}^l C_{qi} S_i(t) dt \quad (q = \overline{1, Q}), \quad (3.2)$$

де

$$C_{qi} = C_{q-1,j} - (U_{q-1,j} - C_j); \quad (3.3)$$

$$U_{q-1,j} = (1/E) \int_0^T x_{zp_{q-1}}(t) S_j(t) dt ;$$

$C_{0j} = C_j$, коли $x_{zp_q}(t)$ - реалізація мережі на q -му етапі корекції; C_{qj} , C_{q-1} - підлаштовані значення переданого повідомлення C_j , при $(q-1)$ -й та q -й ітераціях алгоритму; Q - потрібне число ітерацій для обрахунку коефіцієнтів C_{qi} , коли взаємні завади знижуються до потрібного значення.

Збільшуючи q з використанням такого алгоритму можливим стає зменшення значень взаємних завад практично до нуля, оскільки, беручи до уваги факт не лінійності процедури розділення каналів, відлік $U_{q-1,j}$ можна перевести до форми:

$$U_{q-1,j} = (1/E) \int_0^T x_{zp_{q-1}}(t) S_j(t) dt = (1/E) \sum_{i=1}^l C_{q-1,i} \int_0^T S_i(t) S_j(t) dt = \sum_{i=1}^l C_{q-1,i} r_{ij} . \quad (3.4)$$

Після підстановки останнього виразу у вираз (3.2) і беручи до уваги те, що $r_{jj} = 1 (j = \overline{1, l})$, виходить вираз корекції j -го повідомлення:

$$C_{qj} = C_{q-1,j} - \left(\sum_{i=1}^l C_{q-1,i} r_{ij} - C_j \right) = C_j - \sum_{i=1, i \neq j}^l C_{q-1,i} r_{ij}, \quad (3.5)$$

який еквівалентний процедурі корекції амплітуд повідомлень.

Останній вираз при $j = \overline{1, l}$ аналогічний поданню ітераційного алгоритму Якобі вирішення системи лінійних рівнянь алгебри $R\vec{\alpha} = \vec{C}$ за умови $\vec{C}_0 = \vec{C}$, де $\vec{\alpha}$ - вектор дійсних коефіцієнтів, до якого прагне вектор \vec{C}_q при величині q . Для збіжності останнього алгоритму норма матриці $R' = I - R$, в якій I - одинична матриця, була менше одиниці. При цьому, для меншої кількості ітерацій і досягнення потрібного ступеня подавлення взаємних завад, треба щоб ця умова виконувалась якомога краще. Аналізуючи виразу (3.3) можна побачити, що складність визначення C_{qi} є лінійною функцією кількості шумоподібних сигналів, які підлягають ущільненню, і при великій кількості таких сигналів це робить сам алгоритм простішим.

3.2 Структура пропонованої системи

На рис. 3.1-3.2 зображені структурні схеми передавача та приймача на основі CDMA та шумоподібних сигналів. В цій системі використано метод зміни форми псевдовипадкових послідовностей для покращення показника захищеності системи.

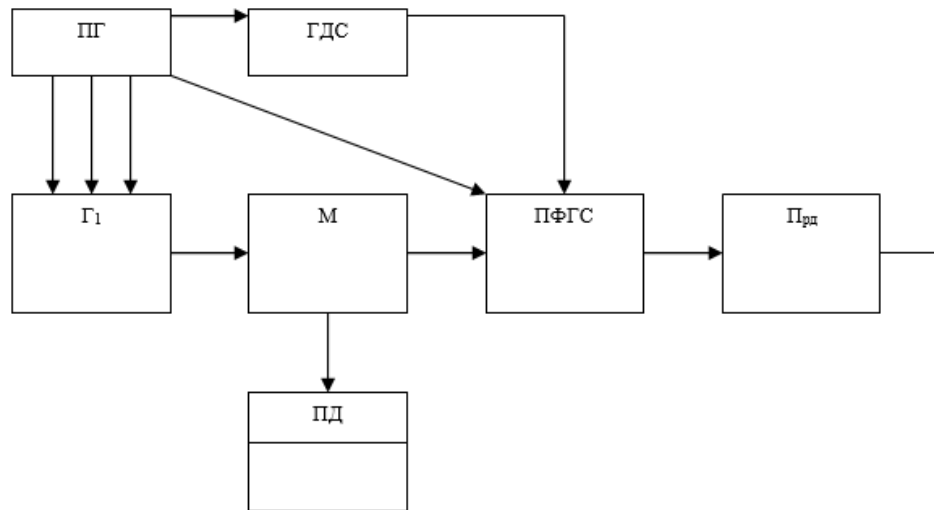


Рис. 3.1. Структура передавача на основі використання CDMA та шумоподібних сигналів

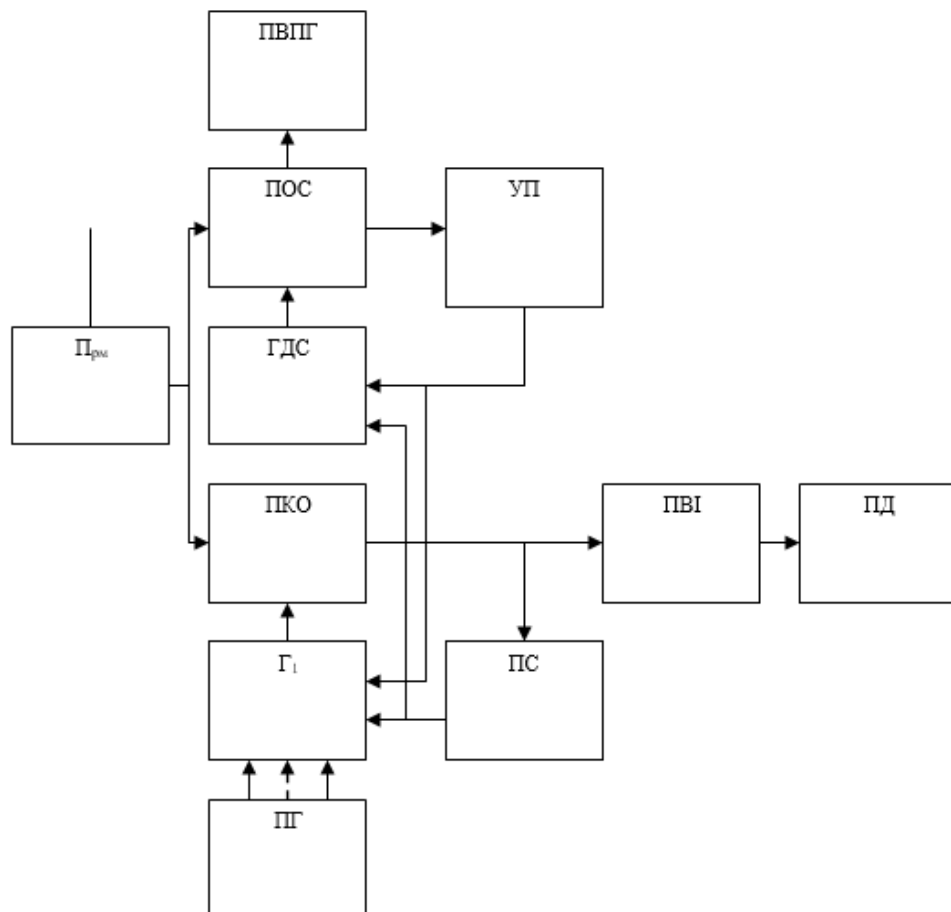


Рис. 3.2. Структура приймача на основі використання CDMA та шумоподібних сигналів

На рис. 3.1 і рис. 3.2 аббревіатури означають наступне:

Г1 - генератор шумоподібних, змінних сигналів;

ДП - джерело повідомлення;

М – модулятор, за допомогою якого здійснюється накладення інформації на шумоподібний сигнал;

ПГ – програмний генератор для встановлення способу зміни форми шумоподібного сигналу;

ГДС - генератор допоміжного шумоподібного сигналу (синхро-шумоподібного сигналу);

ПФГС – пристрій формування групового шумоподібного сигналу;

Прд – передавач;

Прм – високочастотна частина приймача;

ПОСС - пристрій обробки синхро-шумоподібного сигналу;

ПП - пристрій пошуку синхро- шумоподібного сигналу за наперед заданим алгоритмом;

ПВПГ - пристрій виділення інформації про фазу програмного генератора передавальної частини системи для синхронізації програмного генератора у приймачі;

ПКО – пристрій оптимальної кореляційної обробки шумоподібного сигналу як переносника інформації;

ПС - пристрій стеження за сигналом;

ПВІ – пристрій виділення інформації;

СІ – споживач інформації.

Проведемо аналіз роботи запропонованої системи при пакетній передачі даних. На початку передачі програмний генератор підєднує до пристрою формування групового шумоподібного сигналу генератор допоміжного шумоподібного сигналу, здійснюючи при цьому модуляцію сигналу ГДС інформацією про початкову фазу програми переключення генератор шумоподібних, змінних сигналів. Сигнал генератора допоміжного

шумоподібного сигналу забезпечує початкову синхронізацію в часі і по частоті генератора шумоподібних, змінних сигналів в приймачі. Після передачі сигналу генератора допоміжного шумоподібного сигналу програмний генератор підключає до ПФГС сигнал генератора шумоподібних, змінних сигналів, форма якого змінюється за командами від програмного генератора.

Цей сигнал модулюється інформаційним потоком символів, що надходять від джерела повідомлень. Обидва генератори генерують ансамблі псевдовипадкових послідовностей. Двійковий сигнал з виходу пристрою формування групового шумоподібного сигналу модулює по фазі несучу частоту передавача, формуючи шумоподібний сигнал, який після підсилення випромінюється в радіоканалі.

В приймачі сигналу генератор допоміжного шумоподібного сигналу за допомогою пристрою обробки синхро-шумоподібного сигналу і пристрою пошуку синхро- шумоподібного сигналу синхронізується генератор допоміжного шумоподібного сигналу і генератор шумоподібних, змінних сигналів, а потім за виділеною пристроєм виділення інформації про фазу програмного генератора передавальної частини системи для синхронізації програмного генератора у приймачі, інформацією про початковий стан програми синхронізується програмний генератор, який керує зміною форм сигналу генератора шумоподібних, змінних сигналів. На основі цього сигналу проводиться кореляційна обробка прийнятого шумоподібного сигналу, що дає можливість шляхом використання пристрою виділення інформації виділити інформаційний потік, для споживача.

Отже пропонується система на основі розробленого способу ущільнення шумоподібних сигналів є захищеною в плані передачі інформації через значну структурну складність псевдовипадкових послідовностей, використаних при формуванні шумоподібних сигналів, так і через зміну їхньої форми при передачі даних.

3.3 Реалізованість пропонованого алгоритму

На рис. 3.3 наведено структурну схему пристрою ущільнення, який працює на основі пропонованого способу ущільнення з ітераційною корекцією амплітуд передаваних повідомлень. Пристрій включає в себе блок корекції повідомлень, який обраховує вектор \vec{C}_q , блоку лінійного кодового ущільнення та генератора опорних каналних сигналів. Для синхронізації пристрою керування залежно від швидкості передавання повідомлень використовується генератор тактових імпульсів. Для забезпечення співпадання в часі імпульсів поправлених повідомлень з імпульсами загального каналу синхронізації залежно від тривалості корекції використовується вузол затримки.

На основі двох форм подання алгоритму ущільнення, розрахунок координат вектора \vec{C}_q можливе або на рівні коефіцієнтів кореляції, або на рівні каналних сигналів. В обох випадках можлива багатоланкова послідовна або одноланкова рекурентна схеми реалізації блоку обчислення координат вектора \vec{C}_q .

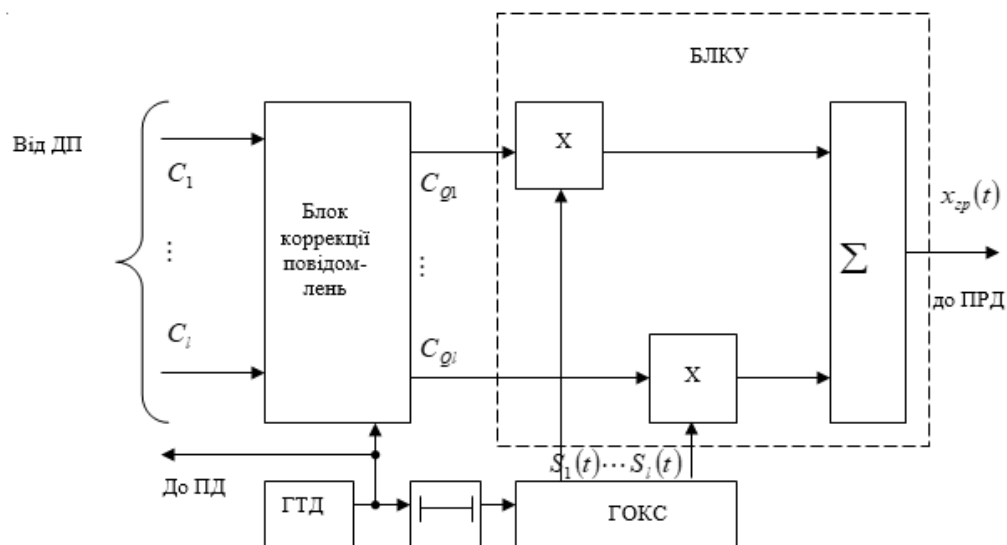


Рис. 3.3. Структурна схема пристрою ущільнення, який працює на основі пропонованого способу ущільнення з ітераційною корекцією амплітуд передаваних повідомлень

Проаналізуємо одноланкову рекурентну схему блоку обчислення коефіцієнтів c_{qi} . Схема блока корекції помилок, який розраховує поправлені повідомлення складається з $2l$ (l вхідних l вихідних) комутаторів, l блоків обчислення значень поправленого повідомлення. Кожен з цих блоків включає $l-1$ помножувачів, суматор і схему порівняння (на рис.3.4 зображено канал обчислення коефіцієнтів c_{qi}).

Розглянемо принцип роботи схеми. Ущільнені повідомлення, поступають з допомогою комутаторів у блоки обчислення значень поправленого повідомлення, де проходить розрахунок координат вектора скоригованих повідомлень $C_{q,i}$ на q -й ітерації алгоритму. З виходів цих блоків повідомлення через вихідні комутатори при $q = Q$ поступає на відповідні входи блоку лінійного кодового ущільнення, а при $q = \overline{1, Q-1}$ на відповідні входи блоків. Причому в цей момент, при $Q = 0$ на входи блоків розрахунку дійсних значень зкорегованого повідомлення за допомогою l вхідних комутаторів поступають значення вектора повідомлень, які піддаються ущільненню. Керування роботою блока корекції помилок проводиться блоком керування.

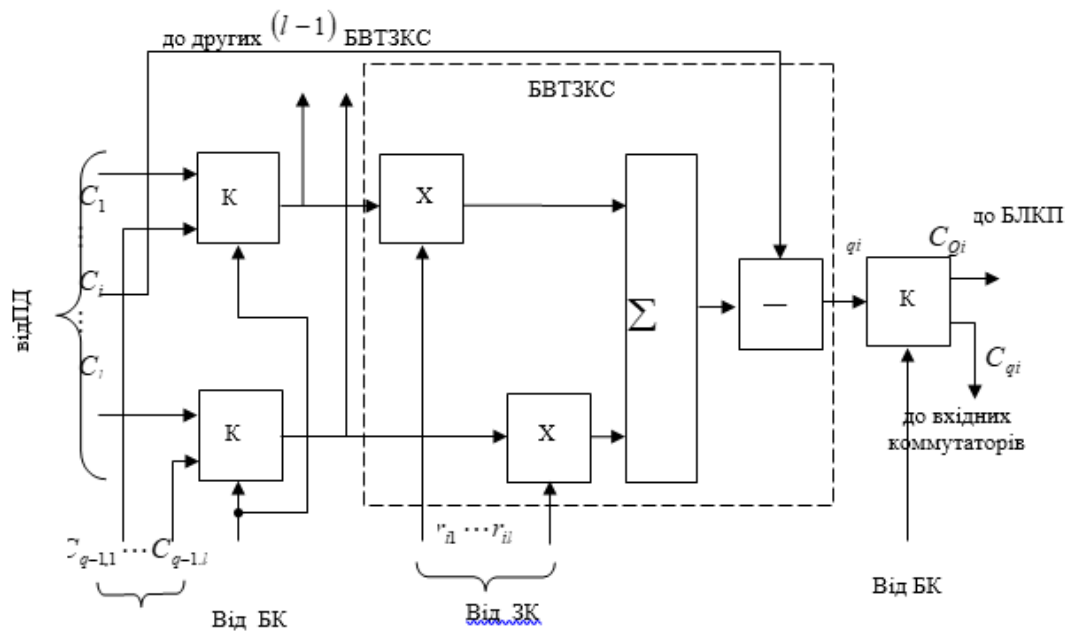


Рис. 3.4. Схема розрахунку зкорегованих повідомлень

Оскільки складність даної схеми практично не залежить від числа ітерацій для визначення координат вектора C_o , а також затримка при утворенні коефіцієнтів c_{oi} , ($i = \overline{1, l}$) є незначною, некритичні вимоги до швидкодії вузлів схеми, то це все є практичною перевагою цієї схеми

Недоліками її є квадратична залежність від кількості одночасно активних абонентів, та необхідність вузлів зберігання коефіцієнтів кореляції всіх можливих пар опорних каналних сигналів, необхідний обсяг пам'яті яких збільшується по квадратичній залежності від кількості джерел інформації.

3.4 Визначення ефективності способу

Для оцінювання ефективності запропонованого способу ущільнення шумоподібних сигналів використано показники завадостійкості та енергозатрат при подавленні взаємних завад.

Завадостійкість можна оцінити по значенню імовірності помилкового когерентного приймання оберненого двійкового повідомлення $C_i \in (-1, 1)$,

яка є усереднена за каналами ущільнення для усіх реалізацій сигналу, що є функцією від кількості ітерацій за наперед відомого співвідношення сигнал-шум h_0^2 та значеннях елементів матриці кореляції R .

Цю ймовірність можна оцінити за виразом

$$P_{ош}^{cp}(q) = (1/N) \sum_{k=1}^N \left(1/l \sum_{i=1}^l P_{ош_{ki}}(q) \right), \quad (3.6)$$

де $P_{ош_{ki}}(q)$ - імовірність помилкового приймання двійкового повідомлення під час q -ї ітерації в j -му каналі при обробці k -ї реалізації; N - кількість реалізацій.

Якщо адитивний шум $n(t)$ є гаусівським з однаковою спектральною густиною потужності, розподіл відліків на виході пристрою поділу каналів (ППК), нормованих щодо E , також буде гаусівським з матсподіванням $U_{ki}(q) = C_i + U_{ен_{ki}}(q)$ та дисперсією $\delta_{\xi}^2 = 1/(\sqrt{2}h_0^2)$, де $U_{ki}(q)$ - відлік на виході ППК за відсутності шуму приймача, $U_{ен_{ki}}(q)$ - відлік на виході пристрою поділу каналів. Тоді ймовірність помилки знайдемо з виразу:

$$P_{ош_{ki}}(q) = 1 - F(\sqrt{2}U'_{ki}(q)h_0), \quad (3.7)$$

$$F(x) = 1/(2\pi) \int_{-\infty}^x e^{-t^2/2} dt$$

де - інтеграл ймовірності;

$$U'_{ki}(q) = U_{ki}(q)C_i = \begin{cases} |U_{ki}(q)|, & \text{sign} U_{ki}(q) = \text{sign} C_i; \\ -|U_{ki}(q)|, & \text{sign} U_{ki}(q) \neq \text{sign} C_i; \end{cases}$$

$\text{sign}(y)$ - знак аргумента y .

Енергозатрати пропонованого способу ущільнення неортогональних шумоподібних сигналів визначимо за допомогою:

$$\gamma_k(q) = E'_{zp}(q) / E_{zp}, \quad (3.8)$$

де
$$E'_{zp}(q) = (1/N) \sum_{k=1}^N E'_{zpk}(q) \quad ; \quad E_{zp} = (1/N) \sum_{k=1}^N E_{zpk}$$
 - усереднені енергії

реалізації під час q-ї ітерації алгоритму;
$$E'_{zpk}(q) = \int_0^T x'^2_{zpkq}(t) dt$$
 ;

$$E_{zpk} = \int_0^T x^2_{zpk}(t) dt$$
 - енергії k-х реалізацій під час q-ої ітерації алгоритму та у

випадку звичайного лінійного кодового ущільнення, коли
$$x_{zp}(t) = \sum_{i=1}^l C_i S_i(t)$$
 .

Оскільки відомо, що
$$\left(\sum_{i=1}^l \alpha_i \right)^2 = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^l \alpha_i \alpha_j$$
 , то після відповідних

підстановок вийде
$$E'_{zpk}(q) = E \left(\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^l C_{kqi} C_{kqj} r_{ij} \right) ; \quad E_{zpk} = E \left(\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^l C_{ki} C_{kj} r_{ij} \right)$$
 .

В такий спосіб можна оцінити ефективність та енергозатрати пропонованого алгоритму.

3.5 Результати імітації алгоритму ущільнення

Шляхом імітаційного моделювання було побудовано графічні залежності енергозатрат при усуненні взаємних завад, і імовірності помилки від числа ітерацій алгоритму ущільнення. При цьому кількість каналів ущільнення приймалась рівною десяти. Коефіцієнт взаємної кореляції становив 0,1. Співвідношення сигнал-шум по потужності рівне 9. В цьому

випадку співвідношення сигнал-шум від впливу взаємних завад зменшується в два рази.

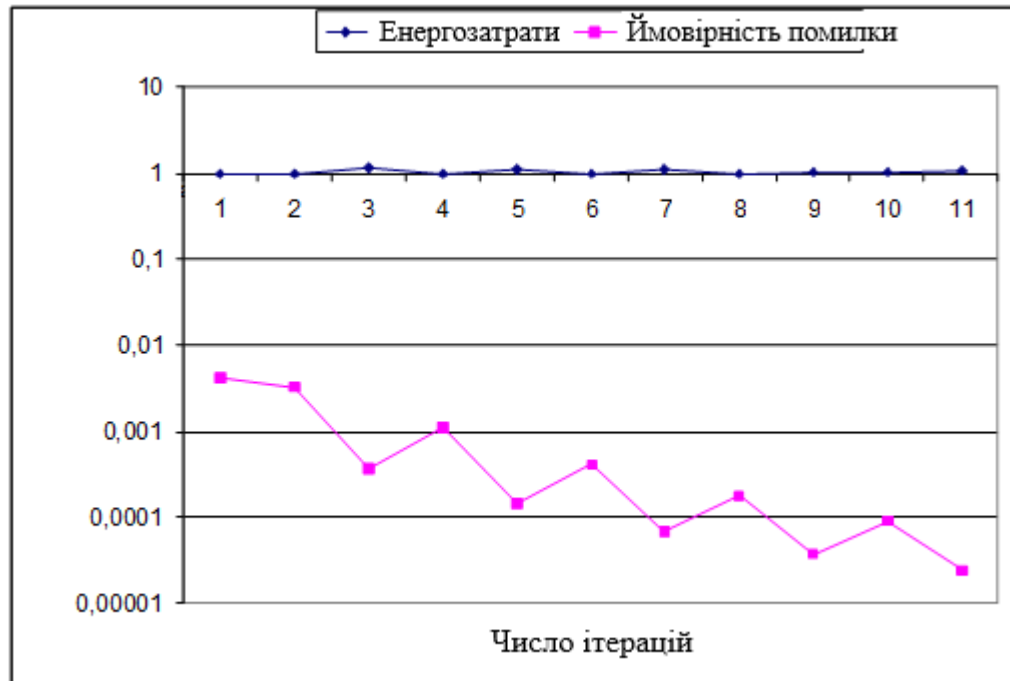


Рис. 3.5. Залежність енергетичних витрат та ймовірності помилки від числа ітерацій

Таким чином, ймовірність помилки зменшуватиметься з кількістю ітерацій і наблизатиметься до ймовірності помилки тільки від шуму приймача, тобто до повного видалення взаємних перешкод.

Енергозатрати знижуються з кількістю ітерацій на фактично не чинитимуть впливу на ймовірності помилки при обмеженій потужності передавача.

Кількість ітерацій може бути збільшена за більшого значення взаємних перешкод, але це може позначитись на складності технічної реалізації кінцевої системи.

3.6 Висновки до розділу 3

Запропоновано спосіб ущільнення шумоподібних, зокрема неортогональних сигналів, при якому відбувається максимально можливе подавлення взаємних завад, а сам процес ущільнення є простим через меншу кількість використовуваних перетворень. Основою методу є використання паралельного ітераційного алгоритму.

Запропоновано структуру системи безпроводного доступу на основі запропонованого способу ущільнення, а також оцінено реалізованість такої системи на прикладі аналізу роботи запропонованого пристрою ущільнення.

Проведено оцінювання ефективності запропонованого способу ущільнення шумоподібних сигналів за показниками завадостійкості та енергозатрат при подавленні взаємних завад.

Проведено імітаційне моделювання методу. Результати показали можливість усунення взаємних перешкод а також значну прихованість і захищеність каналу зв'язку.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

Основні вимоги до побудови і функціонування системи управління охороною праці (СУОП). Забезпечення функціонування та побудова СУОП в організації. Положення про СУОП, структура та зміст його розділів.

В Україні функціонує багаторівнева СУОП, функціональними ланками якої є відповідні структури державної законодавчої і виконавчої влади різних рівнів, управлінські структури підприємств і організацій, трудових колективів.

Залежно від спрямування вирішуваних завдань всі ланки СУОП можна розділити на дві групи:

- ланки, що забезпечують вирішення законодавчо-нормативних, науково-технічних, соціально-економічних та інших загальних питань охорони праці;
- ланки, до функціональних обов'язків яких входить забезпечення безпеки праці в умовах конкретних організацій, підприємств.

До першої групи належать органи державної законодавчої ініціативи та органи державного управління охороною праці:

- Верховна Рада України;
- Кабінет Міністрів України;
- Державна служба гірничого нагляду та промислової безпеки України (Держгірпромнагляд України);
- міністерства та інші центральні органи державної виконавчої влади;
- Фонд соціального страхування від нещасних випадків і профзахворювань;
- місцева державна адміністрація, органи місцевого самоврядування.

Верховна Рада України зі своєї ініціативи у взаємодії з відповідними структурами державної виконавчої влади визначає державну політику в сфері охорони праці, вирішує питання щодо удосконалення і розвитку законодавчої бази охорони праці, соціальні питання, пов'язані зі станом умов і охорони праці.

Кабінет Міністрів України забезпечує реалізацію державної політики в сфері охорони праці, виходячи із стану охорони праці в державі, організує розробку загальнодержавних програм відповідно до поліпшення цього стану, затверджує ці програми і контролює їх виконання, визначає функції органів виконавчої влади щодо вирішення питань охорони праці і нагляду за охороною праці.

Для вирішення цих питань при Кабінеті Міністрів України функціонує Національна рада з питань безпечної життєдіяльності населення, яку очолює віце-прем'єр-міністр України.

Держгірпромнагляд України здійснює комплексне управління охороною праці на державному рівні, реалізує державну політику в цій сфері, розробляє за участі відповідних органів державної програми в сфері охорони праці, координує роботу державних органів і об'єднань підприємств із питань безпеки праці, розробляє і переглядає разом з компетентними органами систему показників і обліку умов і безпеки праці, здійснює міжнародне співробітництво з питань охорони праці і нагляд за охороною праці в державі тощо.

Рішення Держгірпромнагляду України, що відносяться до її компетенції, обов'язкові для виконання всіма міністерствами, іншими центральними органами державної виконавчої влади, місцевими державними адміністраціями, місцевими радами народних депутатів і підприємствами.

Фонд соціального страхування від нещасних випадків здійснює профілактику нещасних випадків і профзахворювань, а також координацію всієї страхової діяльності, пов'язаної з охороною праці.

Міністерство праці і соціальної політики України здійснює також державну експертизу умов праці, визначає порядок і здійснює контроль за якістю проведення атестації робочих місць згідно з їх відповідністю нормативним актам про охорону праці, бере участь у розробці нормативних документів про охорону праці.

Інші міністерства і центральні органи державної виконавчої влади як ланки системи управління охороною праці визначають науково-технічну політику галузі з питань охорони праці, розробляють і реалізують комплексні заходи щодо поліпшення безпеки праці, здійснюють методичне керівництво діяльністю підприємств галузі з охорони праці, співробітничать з галузевими профспілками щодо вирішення питань безпеки праці, організують у встановленому порядку навчання і перевірку знань правил і норм охорони праці керівниками і фахівцями галузі, створюють, у разі необхідності, професійні воєнізовані аварійно-рятувальні формування, здійснюють внутрішній контроль за станом охорони праці.

Для забезпечення виконання перелічених функцій в апаратах міністерств і інших центральних органів державної виконавчої влади створюються служби охорони праці.

Місцеві державні адміністрації й органи місцевого самоврядування в межах підвідомчої їм території забезпечують реалізацію державної політики в сфері охорони праці, формують за участі профспілок місцеві програми заходів щодо поліпшення безпеки, гігієни праці і виробничого середовища, здійснюють контроль за дотриманням нормативних актів про охорону праці. Для забезпечення виконання названих функцій при місцевих органах державної виконавчої влади створюються відповідні структурні підрозділи.

Управлінські структури підприємств забезпечують в умовах конкретних виробництв реалізацію вимог законодавчих і нормативних актів про охорону праці з метою створення безпечних і нешкідливих умов праці, попередження виробничого травматизму і професійних захворювань, вирішують весь комплекс питань з охорони праці, пов'язаних з даним

виробництвом. У своїй діяльності стосовно охорони праці управлінські структури підприємств взаємодіють з комісією з питань охорони праці підприємства (за наявності такої), з профспілками підприємства та уповноваженими трудових колективів.

СУОП в умовах конкретної організації, на конкретному об'єкті завжди є багаторівневою системою управління, у якій верхнім рівнем є державне управління, а нижнім - управління охороною праці на конкретному об'єкті. Як проміжні рівні управління можуть виступати відомче, регіональне управління, а також управління в об'єднанні, тресті тощо.

Слід зазначити, що вихідні параметри СУОП визначаються, виходячи з вимог норм, правил, проектної документації, аналізу фактичного стану виробничої ситуації і ряду факторів виробничого середовища, тому СУОП варто віднести до категорії звичайних, багатоконтурних систем, які піддаються програмуванню. Багатоконтурність систем управління в даному випадку пояснюється складністю об'єкта управління, його великою інерційністю, складністю і інерційністю реалізації управлінських впливів.

Правовою основою СУОП є: Конституція України, Кодекс законів про працю України, Закони України «Про охорону праці» і «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві і професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності», накази і розпорядження Президента України, розпорядження і постанови Кабінету Міністрів, Держгірпромнагляд, Міністерства охорони здоров'я, Міністерства праці і соціальної політики, а також інших директивних органів України з питань охорони праці (органи Державного управління охороною праці).

Позитивна дія впровадження систем управління охороною праці (СУОП) на рівні організації як на зниження небезпек і ризиків, так і на продуктивність, нині визнана урядами, роботодавцями і працівниками.

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Надзвичайні екологічні ситуації та екологічний ризик

Особливу роль у житті людини відіграють надзвичайні ситуації, що виникають під час стихійних лих або техногенних катастроф. Разом із соціальними та економічними збитками надзвичайні ситуації завдають також екологічної шкоди, що відображається в руйнуванні й деградації природних систем, забрудненні повітря, водойм і ґрунтів. У результаті виникають надзвичайні екологічні ситуації. Надзвичайні екологічні ситуації — ті ситуації, що виникають унаслідок раптових природних лих або техногенних аварій і супроводжуються великими збитками. Характерними особливостями цих ситуацій є велика гострота прояву, значні відхилення показників навколишнього середовища від норми (перевищення граничнодопустимих концентрацій (ГДК) забруднювальних речовин у сотні, тисячі й навіть десятки тисяч разів); ураганні швидкості вітру; затоплення селітебних територій (населених пунктів); виникнення катастрофічних селевих потоків та ін.

Звичайно, такі відхилення тривають недовго — години, дні, десятки днів, іноді більше. Потім ступінь гостроти екологічного стану зменшується, хоча може залишатися досить високим. Отже, поняття надзвичайна екологічна ситуація та катастрофічна екологічна ситуація розрізняються тим, що перша триває порівняно недовго, але настає раптово та характеризується виключно високими відхиленнями стану навколишнього середовища від норми, а друга — досить тривала (як правило, роки), але має меншу гостроту прояву.

Надзвичайна ситуація за певних обставин може перетворитися на катастрофічну. Наприклад, ситуація у Чорнобильській зоні. Протягом майже місяця радіаційна обстановка в Чорнобилі була надзвичайною. Після спорудження саркофага викиди радіоактивних елементів різко зменшилися,

але забруднення до того часу охопило великі території. Таке високе радіаційне забруднення продовжується вже понад два десятиріччя. За оцінкою спеціалістів, екологічна ситуація в Чорнобильській зоні є катастрофічною.

Таким чином, надзвичайні екологічні ситуації відображаються у порушенні нормального функціонування природних і природно-антропогенних систем, пов'язаних із раптовими природними або техногенними впливами (стихійні лиха, катастрофи, аварії), що супроводжуються соціальними, економічними та екологічними збитками і потребують для ліквідації особливих управлінських рішень (рис. 1.2). Збитки виявляються у загибелі та пораненні людей, погіршенні їх здоров'я, руйнуванні матеріальних об'єктів, структури природних і природно-антропогенних систем, втраті їх природно-ресурсного і екологічного потенціалу. Довготривала надзвичайна ситуація зумовлює формування зони екологічної катастрофи або екологічного лиха.

Надзвичайні екологічні ситуації виникають унаслідок дії трьох основних груп факторів:

- свідомого руйнування природного середовища, походження техніки, погіршення становища економічних об'єктів під час війн і диверсійних актів;
- руйнівних катастроф, які виникають у зв'язку з некомпетентними та помилковими технічними рішеннями (наприклад, Чорнобильська аварія);
- природних стихійних явищ. Той факт, що різко збільшилися їх частота та інтенсивність в останні десятиріччя, спеціалісти пов'язують з антропогенною стимуляцією, що спричинює посилення відхилень природних процесів від нормального рівня коливань.

Економічні збитки, завдані у зв'язку з несприятливими і небезпечними природними процесами та явищами, значно збільшилися. За деякими оцінками, вони зростають швидше, ніж показники світового валового продукту, тобто може бути досягнута межа просторового і технологічного розвитку виробництва за його здатністю компенсувати збитки, які

збільшуються, від несприятливих і небезпечних явищ. Первинні процеси, що виникають у природному середовищі внаслідок цих факторів, посилюватимуться або послаблюватимуться залежно від природної обстановки (стійкість ландшафтів, погодні умови, фаза коливань екосистеми тощо) і соціально-економічних умов (психологічна готовність і неготовність населення до ліквідації наслідків надзвичайної ситуації, технічна оснащеність спеціальних служб, економічні можливості та ін.). Таким чином, надзвичайні екологічні ситуації в більшості випадків мають комплексну природу.

Заходи щодо запобігання надзвичайним екологічним ситуаціям або подолання їх наслідків можна згрупувати у три класи:

- організаційні, серед яких розрізняють планувальні та оперативні;
- інженерно-технічні;
- технологічні.

Отже, заходи, спрямовані на запобігання надзвичайним екологічним ситуаціям та подолання, їх можна поділити на два типи: заходи, спрямовані на зниження піддатливості об'єктів небезпечним впливам, і заходи, спрямовані на зниження чутливості об'єктів до небезпечних впливів. У першому випадку здійснюють заходи з метою зовнішнього захисту об'єктів, виключення тих чи інших територій з використання у виробничих цілях тощо. Зниження чутливості об'єктів до небезпечних впливів досягається, насамперед, за рахунок досконаліших технологій, шляхом регулювання технологічних режимів у зв'язку з природними циклами, створення системи дублювання об'єктів, інформаційних систем і систем швидкого реагування.

Основні функції щодо запобігання надзвичайним екологічним ситуаціям та подолання їх на державному рівні виконують міністерства з надзвичайних ситуацій.

Ризик — це об'єктивне поняття, він пов'язаний практично з будь-якою діяльністю людини. Уміння усвідомлювати ступінь ризику дає змогу людині оцінити власні можливості й вибрати напрями поведінки при цьому. Під

сутністю терміна ризик розуміють імовірність, по-перше, будь-якої небезпечної події; по-друге, негативних наслідків від неї та обсягу очікуваних збитків. Одні ризики конкретні, інші — не мають такого визначення. Існують професійні ризики (наприклад, безпека професійних захворювань) і такі, яких зазнає все населення (екологічний, економічний, геологічний, політичний ризики).

Предметом нашого дослідження є екологічний ризик, чіткого визначення якого досі немає. М.Ф. Реймерс вважає, що це ймовірність наслідків будь-яких (специфічних або випадкових, поступових або катастрофічних) антропогенних змін природних об'єктів і факторів^{*22}. З екологічним ризиком пов'язані поняття екологічної безпеки і небезпеки. Ці альтернативні категорії стосуються населення як реципієнта дії навколишнього середовища за його відповідно несприятливого чи сприятливого статусу.

Екологічний ризик пов'язаний із такими групами факторів: 1) техногенними; 2) природними; 3) військовими; 4) соціально-економічними; 5) політичними; 6) тероризмом.

Техногенний екологічний ризик виникає у зв'язку з аваріями на ЛЕС, аваріями танкерів, на небезпечних хімічних виробництвах, під час руйнування гребель водосховищ тощо. Причинами аварій є інтенсивність технологічних процесів та зв'язків, висока концентрація виробництва, ресурсомісткість і багатовідходність технологій, погана оснащеність очисними й утилізаційними пристроями.

Природний екологічний ризик пов'язаний із ймовірністю вияву багатьох несприятливих природних явищ, таких як землетруси, вулканізм, селі, повені, цунамі та ін. Потрібно враховувати особливості геологічної будови (властивості гірських порід, наявність або відсутність розламів тощо), рельєфу (наприклад, посилення ризику забруднення в улоговинах), ландшафтів (ступінь їх стійкості до техногенних навантажень). Варто також зважати на сусідство цінних та унікальних природних об'єктів, територій

особливого режиму охорони. Екологічний ризик збільшується за високої густоти населення, а також залежить від характеру сприйняття населенням подій, що відбуваються. Відомо, що катастрофічні наслідки аварій і стихійних природних явищ різко зростають у результаті психологічної неготовності населення до таких подій.

Особливу групу факторів виникнення екологічного ризику становлять воєнні дії, які зумовлюють різноманітні зміни навколишнього середовища та безпосередньо впливають на людину й інші суб'єкти. Екологічний ризик пов'язаний також із соціально-економічними факторами. Йдеться про ймовірність виникнення несприятливих екологічних ситуацій у разі прийняття рішень про будівництво тих чи інших небезпечних об'єктів у зв'язку з соціальною й економічною потребами такого будівництва. До цієї категорії належить будівництво багатьох АЕС, створення небезпечних хімічних виробництв, транспортних систем. У деяких випадках аналогічні рішення пов'язані з політичними факторами.

Нині є та розробляється велика кількість науково обґрунтованих постанов, нормативів, правил, державних стандартів, за якими регламентується господарська діяльність, встановлюються граничнодопустимі концентрації шкідливих і токсичних компонентів у ґрунтах, підземних і поверхневих водах тощо. На основі цих документів та екологічного законодавства в Україні розроблено систему заходів на державному, відомчих та об'єктних рівнях, що регламентують ведення екологічно безпечної господарської діяльності, будівництво різних споруд, межі забруднення природного середовища в рамках не лише окремих локальних систем, а й великих регіонів, держави в цілому. Такі заходи можна об'єднати у три основні групи — соціально-організаційні, оцінювально-прогнозні та технічні. Усі види заходів взаємопов'язані і є основою для організації безпечної життєдіяльності. Якщо їх правильно дотримуватися, можна не тільки зберегти стан навколишнього середовища, а й поліпшити

його, уникнути екологічно небезпечних явищ і катастроф, зумовлених антропогенно-техногенною діяльністю.

4.3 Висновки до розділу

В розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» описано основні вимоги до побудови і функціонування системи управління охороною праці, а також надзвичайні екологічні ситуації та екологічний ризик.

ВИСНОВКИ

Проведено аналіз та дано загальну характеристику безпроводних мереж, їх класифікацію, зокрема для випадку цифрового подання сигналів та повідомлень. Проаналізовано методи доступу до середовища передачі у бездротових мережах, зокрема множинного доступу. Розглянуто множинний доступ із просторовим поділом, множинний доступ з частотним поділом, множинний доступ із часовим поділом, методи часового та частотного ущільнення, мультиплексування з кодовим поділом на основі застосування нестационарних шумоподібних сигналів.

Встановлено, що для ефективного функціонування систем безпроводного доступу необхідним є застосування шумоподібних сигналів, а для нарощення кількості каналів обміну даними необхідним є розроблення ефективних методів ущільнення таких сигналів.

Проаналізовано поширені структури мереж безпроводного доступу та протоколи обміну даними та власне організації таких мереж, зокрема для технологій Bluetooth та мобільних стільникових мереж. Встановлено, що в цих технологіях для кодування передаваних даних, підвищення завадо захищеності та прихованості повідомлень застосовуються методи кодового розділення каналів із застосуванням псевдовипадкових послідовностей, які являють собою частковий випадок нестационарних шумоподібних сигналів, задача ущільнення яких розглядається в роботі.

Запропоновано спосіб ущільнення шумоподібних, зокрема неортогональних сигналів, при якому відбувається максимально можливе подавлення взаємних завад, а сам процес ущільнення є простим через меншу кількість використовуваних перетворень. Основою методу є використання паралельного ітераційного алгоритму.

Запропоновано структуру системи безпроводного доступу на основі запропонованого способу ущільнення, а також оцінено реалізованість такої системи.

Проведено оцінювання ефективності пропонованого способу ущільнення шумоподібних сигналів за показниками завадостійкості та енергозатрат при подавленні взаємних завад.

Проведено імітаційне моделювання методу. Результати показали можливість усунення взаємних перешкод а також значну прихованість і захищеність каналу зв'язку.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Брагін А.С., Вульпе О.А. "Передавальні та приймальні пристрої систем радіозв'язку". Навчальний посібник. - ІВЦ "Політехніка" 2009, -130с.
2. Навчальний посібник «Математичні основи побудови інформаційно-телекомунікаційних систем» для студентів спеціальності 8.092401 «Телекомунікаційні системи та мережі» / Сост.: Л.С.Глоба. - К.: НТУУ «КПІ», 2006. - с. 356.
3. Цифрова техніка Лебедєв О.М., Ладик О.І. – К.: Політехніка, 2004. – 320 с
4. Чумаков В. І., Таранчук А. А., Харченко О. І. Моделювання пристроїв радіоавтоматики в системі MathCAD : навч. посібник / В. І. Чумаков, А. А. Таранчук, О. І. Харченко. -Хмельницький : ХНУ, 2011. - 151 с.
5. Теорія радіолокаційних систем : підручник / Б. Ф. Бондаренко, В. В. Вишнівський, В. П. Долгушин та ін.; за заг. ред. С. В. Ленкова. - К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2008. - 359 с.
6. Vyacheslav Nykytyuk, Vasyl Dozorskyi, Oksana Dozorska. Detection of biomedical signals disruption using a sliding window. Scientific journal of the Ternopil National Technical University. 2018. Vol. 91. № 3. P. 125–133.
7. Хвостівська Л.В., Осухівська Г.М., Хвостівський М.О., Шадріна Г.М., Дедів І.Ю. Розвиток методів та алгоритмів обчислення періоду стохастичних біомедичних сигналів для медичних комп'ютерно-діагностичних систем. Вісник НТУУ "КПІ". Серія Радіотехніка, Радіоапаратобудування, (79). 2019. С. 78-84.
8. Драган, Я. Метод опрацювання фрикативних звуків для діагностики захворювань органів голосового апарату на ранніх стадіях / Я. Драган, В. Дозорський, М. Хвостівський, І. Дедів // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – Львів : НУЛП, 2011. – № 694. – С. 376–382.

ДОДАТКИ

УДК 627.722.6

С.Р. Пискальний, Б.В. Сарняк, І.Ю. Дедів, к.т.н., доцент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ЗАДАЧА УЩІЛЬНЕННЯ НЕСТАЦІОНАРНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ

S.R. Pyskalnyi, B.V. Sarniak, I.Yu. Dediv, Ph.D., Assoc. Prof.

THE PROBLEM OF COMPRESSING NON-STATIONARY SIGNALS TO INCREASE THE EFFICIENCY OF TELECOMMUNICATION SYSTEMS

В останні роки поряд з інтенсивним розвитком усіх засобів передачі інформації спостерігається стрімке зростання мереж бездротового зв'язку. У системах радіодоступу, як і в усіх системах радіозв'язку, гостро стоїть питання ефективного використання доступних ресурсів, зокрема виділеної смуги частот ΔF , пропускної спроможності мережі, енергетичних, матеріальних та фінансових ресурсів. Всі ці ресурси взаємозалежні і визначаються технічними характеристиками обладнання систем радіодоступу. Найважливішу роль забезпечення ефективності доступних радіоресурсів грають методи їх розподілу між усіма абонентськими станціями, які входять у систему.

Основними способами розподілу радіоресурсу є частотний поділ, часовий поділ, кодовий поділ, просторовий поділ, поляризаційний поділ та поділ, що використовує їх комбінації. Ефективність методів поділу каналів оцінюють кількістю одночасно діючих абонентів та ступенем використання пропускної спроможності. Найпростішими вважаються одноканальні системи, однак більш поширеними є багатоканальні системи, в яких для організації великої кількості підканалів обміну даними застосовуються різні методи стиснення даних, від ефективності роботи яких в значній степені залежить ефективність функціонування усєї системи та її вартість. При цьому виконується стиснення або ущільнення даних від джерел інформації. Оптимальними вважаються алгоритми адаптивного часового та кодового ущільнення. Саме ці методи використовуються в системах безпроводного зв'язку.

Система багатоканальної передачі з ортогональними і лінійно-незалежними сигналами потребують для нормальної роботи тієї чи іншої синхронізації: точного збігу спектра сигналу зі смугою пропускання при частотному розділенні каналів, точного збігу часових інтервалів передачі сигналів окремих каналів при часовому розділенні каналів тощо. За своїми властивостями майже ортогональні сигнали наближаються до білого шуму, тому часто називають шумоподібними: їх кореляційні функції і спектральні щільності потужності близькі до аналогічних характеристик квазібілого шуму. Найбільш поширеним прикладом технічної реалізації майже ортогональних шумоподібних сигналів можуть бути певним чином сформовані псевдовипадкові послідовності дискретних, зокрема, двійкових радіоімпульсів.

В дослідженні розглядається задача аналізу принципів технічної реалізації та ефективності часового ущільнення нестационарних джерел, принципів технічної реалізації та ефективності кодового ущільнення нестационарних джерел а також аналіз ефективності кодового ущільнення нестационарних джерел.

Література

1. Григорьев В.А., Лагутенко О.И., Распаев Ю.А. Сети и системы радиодоступа. - Х.: Эко-Трендз, 2005. -384 с.

2. Варакин Л.Е., Шинаков Ю.С. CDMA: прошлое, настоящее, будущее. - Международная академия связи, 2003. — 601 с.