

## ВДОСКОНАЛЕННЯ КОРПОРАТИВНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

<sup>1</sup> Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

Здійснено наукове обґрунтування та дослідження алгоритмів, що забезпечують високу надійність обміну даними у внутрішньо-об'єктових мережах на базі когнітивних методів реалізації перестановочного декодування.

**Ключові слова:** адитивний білий гаусовий шум, відношення сигнал / шум, телекомунікаційна система, коефіцієнт бітових помилок, квадратурна фазова маніпуляція, двійкова фазова маніпуляція, величина вектора помилки.

### *Abstract*

*The scientific substantiation and research of the algorithms providing high reliability of data exchange in intra-object networks on the basis of cognitive methods of realization of permutation decoding is carried out.*

**Keywords:** additive white Gaussian noise, signal-to-noise ratio, telecommunication system, bit error coefficient, quadrature phase manipulation, binary phase manipulation, error vector value.

### **Вступ**

Виконання планів нацпроектів «Цифрова економіка» і «Цифрова трансформація» вимагає переходу на якісно новий рівень використання інформаційно-телекомунікаційних технологій у всіх сферах соціально-економічної діяльності, що об'єктивно призводить до стабільного і інтенсивного збільшення кількості абонентів, до значного зростання трафіку в мережах зв'язку, які є матеріальним базисом цієї програми. Велику роль в цьому процесі набувають адаптивні і когнітивні технологічні рішення, «великі» дані, хмарні технології, методи машинного навчання і штучного інтелекту, методи віртуальної і додаткової реальності. На цій основі активно розвиваються різноманітні системи контролю, вимірювальні та керуючі системи об'єктів, що багатократно збільшує навантаження на об'єктові мережі, яскравим представником яких є центри обробки даних (ЦОД). У нових умовах внутрішньо-мережевий трафік ЦОД за сучасними уявленнями складає 85% від загального споживаного трафіку, що неминуче вимагає високих швидкостей обміну даними всередині об'єктової мережі і коректної, надійної обробки даних. Зазначена специфіка об'єктових мереж призводить до великої різноманітності використовуваних в них засобів каналотворення, починаючи від систем радіозв'язку, застосування мідножилєних кабелів і завершуючи використанням оптичних волокон (ОВ) у вигляді одномодових ОВ (ОМ ОВ) або багатомодових ОВ (БМ ОВ) [1, 2]. З урахуванням вказаних перспектив найбільш раціональне рішення задачі передачі великих обсягів даних лежить саме в площині застосування ОВ з використанням складних видів модуляції. Це викликає необхідність прямої корекції помилок в форматі засобів завадостійкого кодування, що зумовлює необхідність вирішення завдання узгодження швидкостей в різноманітних каналах зв'язку з об'єктивно обмеженими можливостями процесорів приймачів для обробки надлишкових кодів. Зазначені особливості об'єктових мереж через необхідність використання коротких надлишкових кодів не дозволяють реалізувати можливості ітеративних перетворень в процедурах декодування таких кодів в повній мірі, що характерні для ефективних систем турбо кодування або систем з кодами малої щільності перевірки на парність. Застосування методу перестановочного декодування (ПД) в його класичній реалізації також наштовхується на ряд складних в обчислювальному відношенні перетворень даних, що не дозволяє підтримувати високу швидкість отримання кінцевого результату. Однак саме цей метод дозволяє априорі отримати ряд проміжних результатів в готовому вигляді для перестановок символів кодових векторів, які можуть зберігатися в когнітивній карті декодера (ККД).

Це істотно знижує складність застосування методу в об'єктових мережах, що безсумнівно сприяє підвищенню надійності обробки даних в таких системах. При цьому багато питань організації пам'яті ККД на цей момент залишаються не вирішеними [3].

Метою роботи є: наукове обґрунтування алгоритмів, що забезпечують високу надійність обміну даними у всередині об'єктових мереж на базі когнітивних методів реалізації перестановочного декодування.

### Результати дослідження

Вся область застосування індустріальних систем також потребує більш потужного комунікаційного з'єднання, оскільки все більше і більше раніше автономних машин і систем об'єднуються в мережу. Все це підвищує попит на високошвидкісні інтерфейси у вбудованих системах для реалізації високопродуктивних інтернет-рішень в реальному часі. Крім того, все більше і більше робочих навантажень повинні бути об'єднані в єдину систему [4].

Крім попередньої обробки даних в системах візуального контролю і глибокого навчання, сюди також входять брандмауери і системи виявлення вторгнень, які повинні обробляти практично ідентичні навантаження паралельно із запущеними додатками. Це подвоює вимоги і вимагає використання технологій гіпервізора для віртуальних машин з підтримкою реального часу [5].

Інші області застосування включають в себе захоплення даних для автомобільних тестових систем та вимірювальних технологій для мереж 5G, а також промислові системи зберігання даних з швидкою пам'яттю NVMe, підключених через PCIe. У цих умовах об'єктивно зростає роль внутрішньо-об'єктових мережевих структур. При цьому під об'єктом в широкому сенсі розуміється комплекс будівель, споруд та систем, призначених для реалізації цільової функції. Принципово без додаткових пояснень, виходячи з контексту, синонімом визначення «об'єктові мережі» можуть бути поняття «Внутрішньо-об'єктові мережі» або «бортові мережі». На рисунку 1 представлений принцип суміщення в рамках одного об'єкта мереж різних технологічних рішень.



Рис. 1. Принцип поєднання об'єктових мереж різного призначення

Телекомунікаційна система об'єкта становить основу для підключення до неї інших технологічних систем, задіяних в рамках цільової функції об'єкта. Транспортна система в цьому випадку грає роль сполучної ланки з іншими зовнішніми об'єктами для вирішення завдань логічної взаємодії з ними при реалізації розширеної цільової функції. З метою забезпечення високої надійності, оброблюваних в об'єктовій ТКС даних на різних етапах, можуть використовуватися різні надлишкові коди. Так в транспортній системі доцільно використовувати коди, процедура декодування яких близька до границі К. Шеннона [5]. Це можуть бути класичні каскадні коди [1], коди з малою щільністю перевірок на парність [2], системи багатопорогового декодування ортогональних кодів [3], системи послідовного турбокодування [4]. У системах контролю та керування немає необхідності у використанні довгих кодів, але потрібна висока достовірність даних, яка може бути забезпечена за рахунок застосування ефективних алгоритмів обробки коротких надлишкових кодів з відносно малою метрикою Хеммінга.

З технологічної точки зору структурну схему об'єкта можна представити схемою, показаною на

рисунку 2.

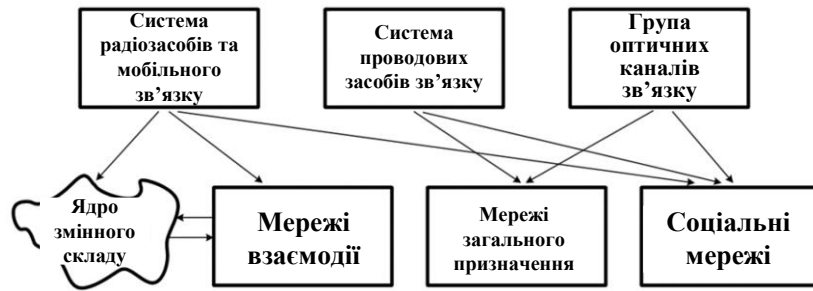


Рис. 2. Принцип поєднання мереж об'єкта за цільовим призначенням

З рисунку 2. в явній формі проступає неоднорідний характер концепції об'єктового зв'язку. У цій схемі ядро змінного складу символізує користувачів об'єкта, які вирішують свої приватні завдання. Це можуть бути пасажери транспортних систем, відвідувачі супермаркетів, суб'єкти видовищних заходів, менеджери різних компаній і т. п. Очевидно багато питань для такого роду відвідувачів вирішуються через мережі взаємодії в форматі мобільних систем зв'язку, банкоматів і розрахунково-касових систем. Велике значення для таких клієнтів має можливість отримати доступ до мобільного зв'язку саме через свого оператора такого зв'язку. Ядро змінного складу в даній роботі не розглядається, але можливе застосування радіо-засобів різних діапазонів частот як елемента об'єктового зв'язку. При цьому враховується, що об'єкт, в якому передбачається використання радіоканалів, може мати компактну форму, яку можна апроксимувати окружністю або мати топологічно протяжну форму, наприклад, в системі контролю параметрів трубопроводів у важкодоступних районах. У переважній більшості випадків телекомунікаційну платформу сучасних об'єктів складають кабельні лінії, переваги і недоліки яких добре вивчені. Разом з цим, виходячи з положень цифрової трансформації в таких каналах передбачається передача великих обсягів даних фінансового характеру, що вимагають високої достовірності. Це передбачає застосування спеціальних засобів захисту даних у форматі завадостійких кодів. Іншими словами, зміна пріоритетів для телефонного та документального зв'язку передбачає використання в об'єктових кабельних лініях зв'язку методів підвищення достовірності. Ця концепція істотно посилюється при обробці актуальної інформації на об'єктах атомної промисловості: атомних електростанціях, підприємств зі збагачення та переробки ядерних матеріалів і відходів хімічної промисловості та в системах контролю навколишнього середовища і т.п. Таким чином, нові вимоги щодо забезпечення достовірності даних в системі мідних об'єктових кабелів, особливо в умовах високих швидкостей передачі даних, підвищують статус систем випереджувальної корекції помилок (FEC).

З кожним роком зростає потреба в збільшенні пропускну здатності об'єктових комп'ютерних мереж і ЦОД, веб-сервісів і хмарних обчислень, що стимулює збільшення швидкості передачі з 1-10 Гбіт / с до 40, 100, 400 Гбіт / с [4]. Стало ясно, що високі вимоги до швидкості передачі інформації можуть бути реалізовані тільки на основі волоконно-оптичних ліній, які можуть бути ОМ або БМ, з різним способом поширення в них випромінювання [5].

Загальновідомим фактом є передача ЦОД даних хмарним сховищам. Підприємства можуть, як мігрувати до гігантських хмарних сховищ корпорацій, наприклад, Google, Microsoft та інші, так і створювати власні хмарні сховища або використовувати обидва підходи. За прогнозом Cisco найближчим часом все більше підприємств будуть йти від традиційних корпоративних ЦОДів, вдаючись до послуг, відкритих гігантських міжнародних сховищ або створення і розвитку власної корпоративної хмари. Буде скорочуватися частка ЦОДів підприємств і дедалі більшими темпами будуть рости хмарні рішення загального доступу. Необхідно відзначити, що БМ ОВ знаходять все більш широке застосування в різних локальних об'єктах, що вимагають передачі і обробки великих обсягів різномірних даних, що належать до сфери інформаційної безпеки, наприклад, в сфері транспорту [3], захисту важливих енергетичних об'єктів і комплексів, включаючи ядерні [4], у сфері обробки відеоінформації, забезпечення безперебійної роботи охоронних комплексів [5]. Причинами такого явища вважаються: - високі темпи зростання парку персональних обчислювальних засобів, що застосовуються в різних сферах діяльності співробітників підприємств, що мають легальне право виходу в обчислювальні мережі і доступ до інформаційних ресурсів за межами підприємства

(об'єкта); - стрімке поширення мережевих технологій зі створенням єдиного телекомунікаційного простору для ефективного й послідовного вирішення питань керування технологічними та виробничими процесами; - широке використання в різних виробничих процесах відеоінформації з високими вимогами щодо якості оброблюваних епізодів в масштабі реального часу; - практична реалізація принципу діалогового керування роботами, що володіють полімодальною сенсорною системою і базою знань, здатними самостійно орієнтуватися в навколишньому середовищі і приймати рішення про подальші дії, що істотно відрізняється від традиційних завдань управління; - розвиток методів машинного навчання на базі моделювання нечітких класифікаторів та впровадження в складні системи інтелектуальних агентів.

## Висновки

Об'єктові мережі за технічними та економічними показниками доцільно описувати в рамках конкретного об'єкта як складні системи із заданими цільовими функціями, які вимагають для свого досягнення забезпечення відомих режимів роботи системи, заданих алгоритмів і інших процесів в умовах впливу деструктивних факторів зовнішнього середовища.

У складній системі важко передбачити варіанти її функціонування в умовах зміни складу множини розглянутих в технічному рішенні елементів і множини умов функціонування цих елементів, що викликає необхідність впровадження в такі системи елементів з когнітивними функціями для реалізації методів машинного навчання, які сприяють досягненню цільової функції в умовах невизначеності.

Процеси синхронізації даних, які обробляються в об'єктових мережах набувають важливого значення з точки зору вибору класу надлишкового коду і вимагають спеціального дослідження з точки зору оцінки ступеня свободи при виборі параметрів коду.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аджемов А. С., Санников В. Г. Общая теория связи. Учебник для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2018. – 624 с.
2. Борисов В. В., Круглов В. В., Федулов А. С. Нечеткие модели и сети. – М. : Горячая линия – Телеком, 2017. – 284 с.
3. Николаев Д.Б., Мартынов А.П., Фомченко В.Н. Технические средства и методы обеспечения безопасности информации : Учебное пособие. Саров ФГУП «РФЯЦ – ВНИИЭФ», 2015. – 394 с.
4. Давыдов А.В., Мальцев А. А. Введение в теорию помехоустойчивого кодирования. - Нижний Новгород: ННГУ, 2014. - 123 с.
5. Гладких А. А., Климов Р. В., Чилихин Н. Ю. Методы эффективного декодирования избыточных кодов и их современные приложения. – Ульяновск : УЛГТУ, 2016. – 258 с.

**Варгатюк Ганна Леонідівна** — аспірант групи АС-20, кафедра ТКСТБ, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: annaantonuik@gmail.com

**Нікітович Діана Вікторівна** — аспірант, спеціальності 172-Телекомунікації та радіотехніка, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: diananikitovych@gmail.com

**Засць Віталій Ігорович** — студент групи ТКС – 20 м, Вінницький національний технічний університет

Науковий керівник: **Васильківський Микола Володимирович** — канд. техн. наук, доцент кафедри ТКСТБ, заступник декана факультету ІРЕН, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [mvasylkivskyi@gmail.com](mailto:mvasylkivskyi@gmail.com)

**Vargatyuk Hanna L.** — Department of Telecommunication systems and television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : annaantonuik@gmail.com

**Nikitovich Diana V.** - graduate student, majoring in 172-telecommunication and radio engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, diananikitovych@gmail.com

**Zayets Vitaly I.** — student of TKS group - 20 m, Vinnytsia National Technical University

Supervisor: **Vasykivskyi Mykola V.** — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Telecommunication systems and television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [mvasylkivskyi@gmail.com](mailto:mvasylkivskyi@gmail.com)