

УДК 621.327

МАЗІАШВІЛІ А.Р., аспірант кафедри транспортного зв'язку (Український державний університет залізничного транспорту)

## Аналіз залізничних систем телекомунікації та зв'язку з використанням методів, алгоритмів стиснення

*Збільшення обсягів інформації, яка передається по лініях зв'язку, необхідність збереження великих масивів даних, а також розвиток цифрової техніки - все це спричиняє підвищення вимог до пропускної здатності систем зв'язку. Включення алгоритмів і методів стиснення даних в процес обробки та передачі інформації дозволяє передавати менші ресурси, згідно з пропускною спроможністю каналів. Все вищесказане і визначає актуальність завдання стиску зображень.*

**Ключові слова:** алгоритми стиснення, стиснення, методи стиснення, масив даних, лінія зв'язку, канал зв'язку.

### Постановка проблеми і аналіз літератури

Глобальна комп'ютеризація та інформатизація всіх галузей знань стимулювали розробку нових математичних моделей об'єктів, які досліджуються в різних предметних галузях. До таких об'єктів відносяться зображення, які надають велику кількість інформації про об'єкти, які зображені у наочній формі.

Графічні зображення не надто ефективно обробляються існуючими методами кодування зображень. Це обумовлюється тим, що властиві їм внутрішні кореляції надзвичайно сильно пов'язані з їх впорядкованою та організованою структурою. Звідси випливає, що відсутність обліку цієї структури зумовлює істотне зниження показників стиснення графічної інформації, а також істотне зниження продуктивності процедур кодування і декодування.

Проблема полягає в тому, як ефективно використовувати схожість послідовних кадрів при стисненні відео. У ранніх алгоритмах, таких, як Motion JPEG, цей фактор ігнорувався і кадри були автокорельовані, натомість MPEG використовує алгоритм порівняння блоків, який намагається виділити ділянки, що змінилися при зміні кадру. Блоки ж, які не змінилися, можна не зберігати. При підході, зручному для вейвлетного стиснення, час розглядається як третій вимір масиву даних, до якого застосовується алгоритм Малла.

У телевізійних моделях, які передають великий об'єм даних, необхідно використовувати методи стиснення, тому що окремо іде велика кількість інформації, пам'яті для передачі відеосупровіду, тому нам необхідно узгодити частоту звукового сигналу, відеосигналу та об'єм, а також вирішити, чи передавати інформацію частинами в кожному пакеті, тому що в нас часове розподілення каналу, чи стиснути та передати за один раз.

**Мета статті:** огляд класифікацій систем телекомунікації та зв'язку на залізничному транспорті та доцільність використання в них методів, алгоритмів стиснення.

### Основна частина

На залізничному транспорті, де основним завданням є забезпечення надійності перевезень пасажирів і транспортування вантажів, а також координація великої кількості людей в інтересах системи керування, існує необхідність передачі життєво важливої інформації в найкоротший термін. Існуючі канали передачі даних не можуть виконати вимогу щодо оперативності доставки інформації.

Час і правильність розв'язання задач керування залізничним транспортом залежить від часу обробки (сума тимчасових витрат на кодування  $T_K$  і декодування  $T_D$ ) і передачі відеоінформації по каналу зв'язку  $T_{np}$  і вірогідності її одержання  $h$ . Тому сумарний час  $T_{VAR}$  передачі відеоінформації дорівнює

$$T_{var} = T_K + T_D + T_{np} \cdot \quad (1)$$

Перш ніж вирішувати питання обробки зображення, необхідно точно знати, який метод та з якими параметрами можна застосовувати. Схема класифікації систем телекомунікацій та зв'язку зображена на рис. 1.

**Wi-Fi.** Технологія Wi-Fi використовується для організації точки бездротового доступу невеликого радіуса (радіус дії Wi-Fi варіюється від 50 до 70 м) або організується покриття території за допомогою декількох точок доступу. Наприклад, якщо ноутбук або смартфон оснащений обладнанням Wi-Fi, можливе підключення до Інтернету через наявні точки доступу. Максимальна швидкість передачі даних – 54 Мбіт/с

(802.11g). Фактична середня швидкість залежить від вибраного тарифного плану, відстані до базової станції, довжини і типу пакетів даних, наявності перешкод, від продуктивності та ефективності використовуваного обладнання.

**WiMAX**, аналогічно Wi-Fi – технологія широкосмугового доступу до Інтернету. WiMAX, на відміну від традиційних технологій радіодоступу, працює і на відбитому сигналі поза прямою видимістю базової станції. Мобільні мережі WiMAX відкривають

набагато цікавіші перспективи для користувачів, ніж фіксований WiMAX, призначений для корпоративних замовників. Інформацію можна передавати на відстані до 50 км зі швидкістю до 70 Мбіт/с. У наш час WiMAX частково задовольняє умови мереж 4G, заснованих на пакетних протоколах передачі даних. До родини 4G відносять технології, які дозволяють передавати дані в стільникових мережах зі швидкістю вище 100 Мбіт/с і підвищеною якістю голосового зв'язку.



Рис.1. Схема класифікації систем телекомунікацій та зв'язку

**Супутниковий Інтернет** – ідеальне рішення для мешканців передмість і сільської місцевості. Індустріальні перешкоди там вкрай рідкісні, що дозволяє організувати якісне приймання. Супутниковий Інтернет можна використовувати в будь-якому віддаленому від цивілізації об'єкті. Максимальна швидкість приймання даних до 52,5 Мбіт/с (реальна середня швидкість – до 3 Мбіт/с). Орбітальний супутник допоможе підключити до Інтернету територіально віддалені області двома варіантами взаємодії: симетричним і асиметричним.

При *симетричному* варіанті доступу до Інтернету приймально-передавальна супутникова антена забезпечує приймання і передачу даних. Цей спосіб підходить споживачам великого обсягу трафіка. Швидкість передачі даних – до 16 Мбіт/с.

*Асиметричний* варіант підключення здатний забезпечити достатньо високу швидкість приймання

інформації, але відправляти дані необхідно по будь-якій іншій лінії. Швидкість приймання даних – від 128 кбіт/с до 16 Мбіт/с.

**Ефірне середовище передачі інформації.** Аналогічно до доступу в Інтернет через супутник існує і стандарт для телебачення (DVB-T (Digital Video Broadcasting Terrestrial)). Це стало можливим завдяки появі цифрового телебачення. Використовуючи стандарт DVB-T, можливо здійснювати одночасне приймання телевізійних програм і даних в умовах багатопроменевого приймання. Передача сигналу йде з використанням модуляції OFDM. Крім того, забезпечується захищеність переданої інформації, а також можливість вибору швидкості приймання. Максимально вона може скласти 31 Мбіт/с для повного потоку, а реально для одного користувача встановлюється від 128 кбіт/с до 1,5 Мбіт/с, залежно від тарифу.

Технології *xDSL* (ADSL, HDSL, VDSL, SDSL) – відмінна альтернатива Dial-Up. Ці технології використовуються для організації високошвидкісного доступу в Інтернет по телефонній лінії. Технології *xDSL* дозволяють одночасно передавати по телефонній лінії біти інформації та голос абонента. Принцип дії заснований на тому, що голос і інформація передаються на різних частотах.

Найчастіше провайдери пропонують технологію ADSL (асиметрична цифрова абонентська лінія).

Асиметрична в даному випадку означає те, що швидкість отримання даних з Інтернету вище швидкості відправлення даних. Для більшості користувачів це дуже зручно, тому що вхідний трафік, як правило, перевищує вихідний [1].

Максимально можлива швидкість передачі даних – 24 Мбіт/с у бік абонента і до 3,5 Мбіт/с від абонента. Характеристики всіх перерахованих технологій доступу до Інтернету наведено у вигляді таблиці.

Таблиця

Характеристики технологій доступу до Інтернету

Вид доступу	Швидкість до абонента	Відстань	Наявність телефона/його зайнятість під час роботи з Інтернетом
xDSL(ADSL)	До 24 Мбіт/с	До 1500 м	Так/Ні
Супутниковий доступ	До 2 Мбіт/с	Необмежена	Так/Так
Ефірне середовище передачі інформації	До 1,5 Мбіт/с	До 50 км	Так/Так
Wi-Fi	До 22 Мбіт/с	100 – 1000 м	Ні/Ні
WiMAX	До 70 Мбіт/с	До 50 км	Ні/Ні

На сьогоднішній день на залізничному транспорті існує багато систем, які використовують методи (алгоритми) стиснення даних з втратами або без втрат. У наш час більш поширеними є системи Digesway, цифрові транкінгові системи [4].

Система Digesway призначена для забезпечення широкого переліку широкосмугових послуг і додатків. Застосування системи Digesway дозволяє забезпечити ефективні, захищені, інтерактивні лінії зв'язку високої якості з сотнями і навіть з десятками тисяч віддалених пунктів.

Збільшення обсягів інформації, яка передається по лініях зв'язку, необхідність збереження великих масивів даних, а також розвиток цифрової техніки – все це зумовлює підвищення вимог до пропускної спроможності систем зв'язку. Включення алгоритмів і методів стиснення даних в процес обробки та передачі інформації дозволяє передавати менші ресурси, згідно з пропускною спроможністю каналів, для передачі тієї самої інформації.

Система APCO 25 застосовується до всіх елементів наземних мобільних систем конвенційного та транкінгового радіозв'язку, які використовують організації, що забезпечують громадську безпеку [2].

Загальний радіоінтерфейс стандарту APCO 25 передбачає застосування різноманітних механізмів виявлення і корекції помилок, що забезпечують високу якість приймання сигналів. Залежно від типу переданої інформації можуть використовуватися різні алгоритми корекції помилок і різні схеми вкладення додаткових даних.

У заголовку мовного повідомлення міститься 120 біт корисної (вихідної) інформації, яка при формуванні заголовка піддається подвійному кодуванню: спочатку, за алгоритмом Ріда-Соломона, а потім – за спрощеним алгоритмом Голея. В результаті розмір полів заголовка збільшується до 648 біт. Формула для розрахунку розміру блоку даних, в якому буде передаватися один суперкадр (два логічних блоки даних), наведена нижче.

$$L = L_{\text{ГР}} + 2 \cdot L_{\text{LDU}} + L_{\text{кінц}}, \quad (2)$$

де  $L_{\text{ГР}}$  - простий маркер кінця повідомлення;  
 $L_{\text{скл}}$  - складний маркер кінця повідомлення.

Час передачі даних ( $t_{\text{пер}}$ ) розраховується за формулою

$$t_{\text{пер}} = \frac{L}{V}, \quad (3)$$

де  $L$  – довжина інформаційного блоку, біт;

$V$  – швидкість передачі даних (для APCO 25 становить 9,6 кбіт/с), біт/с.

Стандарт TETRA є одним з основних стандартів для систем професійного транкінгового радіотелефонного зв'язку. Повідомлення в стандарті передаються мультикадрами тривалістю 1,02 с. Часова структура кадру зображена на рис. 2.

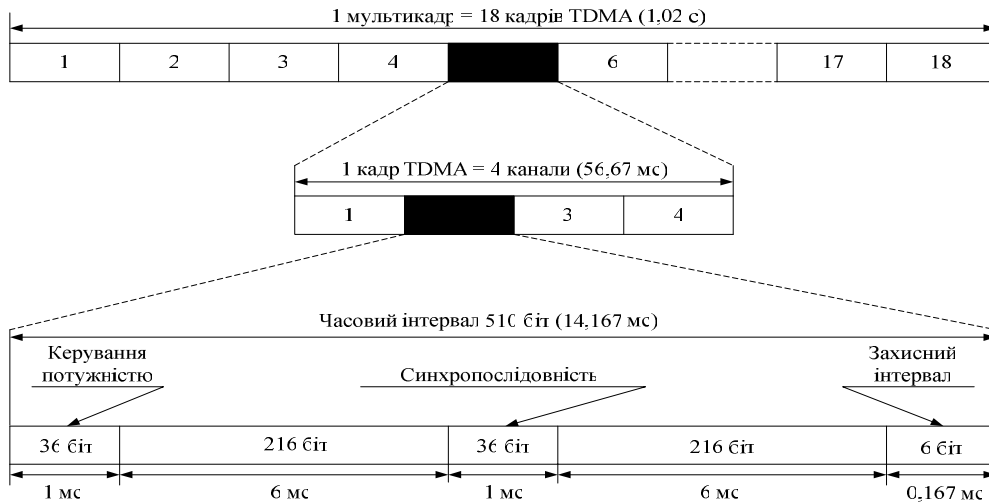


Рис. 2. Часова структура кадру

Радіоінтерфейс стандарту TETRA передбачає роботу в стандартній сітці частот, із кроком 25 кГц. На одній фізичній частоті може бути організовано чотири незалежних часових канали. Необхідний мінімальний дуплексний рознос радіоканалів – 10 МГц. Для систем стандарту TETRA можуть використовуватися діапазони частот від 385 до 921 МГц.

Мультикадр містить 18 кадрів, один із яких є контрольним. Часовий інтервал має довжину 510 біт, з яких 432 є інформаційними (два блоки по 216 біт). Інформаційний об'єм одного кадру дорівнює 2040 біт.

Нижче наведена формула, яка використовується для розрахунку розміру одного пакета даних, що передаються,  $W_{пакета}$ ,

$$W_{пакета} = W_{служба} + W_{інф} \cdot \quad (4)$$

Багато в чому стандарти TETRA та APCO 25, судячи з вхідних до складу стандартів протоколів і вимог до апаратури, досить близькі. Але при цьому є й істотні відмінності. Одним з основних є принцип стиснення частотного діапазону. У цьому відношенні стандарт TETRA істотно перевершує APCO 25. Незважаючи на деякі обмеження в абонентській апаратурі за енергетичними характеристиками, стандарт TETRA дозволяє вирішити практично всі задачі зв'язку, які мають організації і компанії. З урахуванням цього і ряду інших особливостей стандартів можна сказати, що радіосистеми стандарту APCO 25 вигідні винятково як відомчі, порівняно невеликі системи, у той час як системи стандарту TETRA більш вигідні як широко розгорнуті загальнонаціональні [3].

Але, в порівнянні з системою Digesway, використовується більш значний діапазон.

З усіх методів стиснення найбільш цікавими є методи, які використовують ущільнене хвильове мультиплексування (DWDM), тому що інформація в оптичному волокну передається одночасно великою кількістю світлових хвиль (мод). Мережі DWDM працюють за принципом комутації каналів, при цьому кожна мода являє собою окремий спектральний канал. Задача DWDM – об'єднання різних хвиль в одному світловому пучку та виділення інформації кожного спектрального каналу із загального сигналу. Концепція вейвлет може розглядатися як синтез ідей, що виникли за останні двадцять або тридцять років у техніці, фізиці і математиці. Перевагою вейвлет є досить простий математичний інструмент з великою різноманітністю можливостей для застосування. Цю перевагу успішно застосовано для аналізу сигналів і зображень.

Вейвлет-стиснення – загальна назва класу методів кодування зображень, які використовують двовимірне вейвлет-розкладання кодованого зображення або його частин. Зазвичай мається на увазі стиснення з втратою якості. Істотну роль в алгоритмах вейвлет-компресії відіграє концепція подання результатів вейвлет-розкладання у вигляді нуль-дерева (zero-tree).

Для роботи з дискретними зображеннями використовується варіант вейвлет-перетворення, відомий як алгоритм Малла. Початкове зображення розкладається на дві складові – високочастотні деталі (що складаються в основному з різких перепадів яскравості) і згладжену зменшену версію оригіналу. Це досягається застосуванням пари фільтрів, причому кожна з отриманих складових вдвічі менше вихідного зображення. Як правило, використовуються фільтри з

кінцевим імпульсним відгуком, в яких пікселі, що потрапили в невелике «вікно», множаться на заданий набір коефіцієнтів, отримані значення підсумовуються, і вікно зсувається для розрахунку наступного значення на виході.

### Отримані результати

На основі літератури був проведений огляд систем телекомунікації та зв'язку, які передають великі об'єми інформації. Якщо брати транкінгові системи ARCO25 та TETRA, у системі ARCO25 кількість розрядів корисної інформації, яка була наведена вище, менше, ніж в системі TETRA, але вони застосовуються в наземному сегменті. Якщо брати GSM-R, то там більше розрядів корисної інформації, за рахунок цього інформаційна частина пакета  $W_{\text{пакета}}$  дозволить використовувати або велику швидкість передачі, або розмежувати процес. Необхідно зауважити, що вейвлет-компресія зображень дає кращі показники в порівнянні з вищесказаними методами компресії зображень, які застосовуються на залізничному транспорті, а саме, більш високий ступінь стиснення файлу із зображенням при прийнятній для конкретного завдання втраті якості зображення. Алгоритм JPEG, на відміну від вейвлет, стискає окремо кожен блок вихідного зображення розміром 8 на 8 пікселів. В результаті при високих ступенях стиснення на відновленому зображенні може бути помітна блокова структура. При вейвлет-стисненні такої проблеми не виникає.

У підсумку можна сказати, що використання стиснення зображень (причому, його можна застосовувати не тільки до фото, а й до відео, особливо, якщо є багато кадрів, на яких яскравість змінюється незначно) за допомогою вейвлет на порядок краще відомих, але вже застарілих методів. Вейвлет можуть використовуватися в медицині, в космічних технологіях (наприклад, фотографії, які надсилає марсохід Curiosity, стискаються саме за допомогою вейвлет-перетворення або робототехніки), по суті, в будь-якій галузі, де потрібна цифрова обробка зображень і їх зберігання. Причому, де важлива не кожна деталь, а загальна картина, тільки тоді використання вейвлет буде максимально виправдано. Недоліком вейвлет-перетворень, мабуть, є лише їх відносна складність.

### Висновки

В даній статті було доведено, що для своєчасного і правильного розв'язання задач керування залізничним транспортом потрібно використовувати методи і засоби стиснення відеоданих, а також додаткові перетворення з метою збільшення швидкості передачі. Оскільки відеодані є цифровими масивами, то зменшення сумарного часу можливо за рахунок

використання методів стиснення. Також, згідно з класифікацією цих систем та детальним визначенням інформаційного об'єму, який передають ці системи, було доведено, що в залізничних системах потрібно застосовувати алгоритми або методи стиснення.

### Література

1. Самойлик, В.П. Сучасні технології абонентського доступу до глобальної мережі інтернет [Текст] / В.П. Самойлик, К.А. Трубочанінова // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – Вип. 135. – С. 203–210.
2. Овчинников, А.М. Открытые стандарты цифровой транкинговой радиосвязи [Текст] / А.М. Овчинников, С.В. Воробьев, С.И. Сергеев – М.: Связь и бизнес, 2000. – 166 с.
3. Поміський, Є.В. Дослідження систем передачі при використанні методів стиску [Текст] / Є.В. Поміський // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2013. – № 5. – С. 75-79.
4. Уолренд, Дж. Телекоммуникационные и компьютерные сети [Текст] / Дж. Уолренд. – М.: Постмаркет, 2001. – 480 с.
5. International Journal of Communications, Network and System Sciences <http://www.scirp.org/journal/ijcns>.

**Мазіашвілі А.Р. Аналіз залізничних систем телекомунікації та зв'язу з використанням методів, алгоритмів стиснення.** Увеличение объемов информации, которая передаётся по линиям связи, необходимость хранения больших массивов данных, а также развитие цифровой техники - все это выдвигает повышение требований к пропускной способности систем связи. Включение алгоритмов и методов сжатия данных в процесс обработки и передачи информации позволяет передавать меньшими ресурсами, согласно пропускной способности каналов для передачи той же самой информации.

**Ключевые слова:** сжатие, видеоданные, пропускная способность, методы сжатия, линия связи.

**Maziashvili A.R. Analysis of railway system of telecommunication and communication with use of methods, algorithms of compression.** Graphics (maps, charts, plans, drawings, etc.), which are characterized by their apriori structuring, forming a significant subclass of all variety of images, not too effectively treated by existing methods of image coding. This is due to the fact that their intrinsic correlation very much related to their orderly and organized structure. It follows that the lack of consideration of this structure results in a very significant reduction in the compression set of graphical information

defining the effective bandwidth of communication channels of telecommunication systems as well as a significant reduction in performance encoding and decoding procedures, or to increase their resource-intensive.

Global computerization and informatization of all branches of knowledge, stimulated the development of new mathematical models of the objects of study in different subject areas. These objects include images that provide a lot of information about the objects that appear in visible form. At the same time the possibility of extracting useful information from the images defined by their spatial structure.

The increase in volumes transmitted over communication lines, the need to store large amounts of data, as well as the development of digital technology - all this puts increasing demands for bandwidth communications systems.

**Key words:** compression, video data, trunking system, image, video, telecommunication system.

Рецензент д.т.н., професор Альошин Г.В. (УкрДУЗТ)

*Надійшла 18.05.2016 р.*

*Мазіашвілі Артур Рамазійович, аспірант кафедри транспортно зв'язку, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна.*

*Maziashvili A.R., postgraduate student, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine.*