

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет комп'ютерних наук,
управління та адміністрування
Кафедра інформаційних технологій

Кваліфікаційна робота бакалавра

на тему: Розробка програмного модуля для виділення
синхросигналів із аудіопотоку

Виконав студент групи КН-20
спеціальності 122 Комп'ютерні науки
Лук'янченко Олександр
Геннадійович

Керівник Перелигін Б.В.,
канд.тех.наук., доцент

Консультант _____

Рецензент Ткач Т. Б.,
канд фіз.-мат. наук

Одеса 2023

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Представлення звукових сигналів в комп'ютері	6
1.1 Аналогові звукові сигнали	6
1.2 Перетворення звукових сигналів в комп'ютері.....	9
2 Формування сканерного зображення поверхні землі в форматі АРТ	19
2.1 Склад апаратури для сканування поверхні Землі.....	19
2.2 Формування зображення на супутнику і передавання його на наземну приймальну станцію	24
3 Інформація одержувана наземною станцією з супутника	40
3.1 Структура Одержуваних з супутника сигналів формату АРТ	40
3.2 Будова системи прийому даних з супутника	43
4 Розробка програмного модуля для виділення сигналів з супутникового аудіопотоку	51
4.1 Способи виділення сигналів синхронізації розгортки зображення.....	51
4.2 Опис розробленого програмного модуля для виділення синхросигналів	54
Висновки	63
Перелік джерел посилання	64
Додаток А.....	66

ВСТУП

В сучасному світі, де цифрові дані переповнюють наші щоденні життя і мають значний вплив на багато сфер діяльності, обробка аудіосигналів стала надзвичайно важливим завданням. Аналіз і обробка звукових даних відіграють ключову роль у таких галузях, як телекомунікації, аудіозапис, музика, звукове мистецтво та інші. Одним з викликів у роботі з аудіоданими є виділення синхросигналів. Синхросигнали представляють собою референсні сигнали, які використовуються для синхронізації аудіоданих, визначення точних моментів початку та закінчення подій або для інших цілей, пов'язаних з часовою синхронізацією. У цьому контексті розробка програмного модуля для виділення синхросигналів із аудіопотоку має велике значення. Такий модуль дозволяє автоматизувати процес виділення синхросигналів, забезпечуючи швидке та точне визначення моментів синхронізації. Мета розробки такого програмного модуля полягає у створенні ефективного інструменту для обробки аудіоданих, який забезпечує високу якість виділення синхросигналів навіть у випадку наявності шумів та спотворень.

Модуль базується на різноманітних алгоритмах і методах обробки сигналів, які забезпечують оптимальну точність і швидкість обробки. У даному дослідженні пропонується опис розробленого програмного модуля для виділення синхросигналів із аудіопотоку. Модуль має потенціал застосування в різних галузях, де точність синхронізації є критичним фактором. Детальний аналіз функціональних можливостей та результатів використання модуля допоможе зрозуміти його користь і ефективність у реальних умовах. Таким чином, розробка програмного модуля для виділення синхросигналів із аудіопотоку відкриває перспективи для поліпшення обробки аудіоданих та забезпечення більш точної синхронізації.

1 ПРЕДСТАВЛЕННЯ ЗВУКОВИХ СИГНАЛІВ В КОМП'ЮТЕРІ

1.1 Аналогові звукові сигнали

Звукова система настільного комп'ютера складається з комплексу апаратного та програмного забезпечення, призначеного для запису, відтворення та обробки звукових сигналів. Основними елементами системи є звукова карта та акустична система. Звукова карта може бути вбудована в слот шини ПК або вбудована в чіпсет материнської плати. Перша звукова карта була випущена в 1989 році. Акустична система включає динаміки, навушники та інші пристрої, які перетворюють електричні звукові сигнали в акустичні звуки.

Аудіосистема має роз'єми на задній панелі системного блоку. Лінійний вхід призначений для підключення зовнішніх джерел звуку, таких як мікрофон або магнітофон, а лінійний вихід можна підключити до аудіоприймача. Звукова система виконує такі основні функції:

1) Запис із зовнішніх джерел в аналоговій формі, перетворення їх у цифровий формат і зберігання на жорсткому диску комп'ютера.

2) Відтворення аудіосигналів з накопичувача в цифровому вигляді, перетворення в аналоговий формат і відтворення за допомогою акустичної системи. Під час виробництва тип перекладу виробничої суміші перевіряється на тип суміші.

3) Сучасні звукові карти дозволяють одночасно записувати і відтворювати сигнали.

4) Відтворення аудіо компакт-дисків, підключених до внутрішніх гнізд звукової карти.

5) Обробка аудіо, наприклад одиночне, перемикання аудіо, фільтрація та інші операції, включаючи обробку об'ємного звуку.

6) Створення звуків музичних інструментів за допомогою синтезатора.

7) Синусоїдальної форми сигнал — це аналоговий сигнал, який має синус за допомогою чого утворюють звук.

Крокові відмінності в обчислювальних пристроях дуже високі. Під час роботи звукової системи постійно необхідно перетворювати сигнали з аналогового в цифровий і навпаки. Для цього використовуються аналого-цифрові перетворювачі (АЦП) для перетворення сигналів з аналогового в цифровий, а цифро-аналогові перетворювачі (ЦАП) використовуються для перетворення сигналів з цифрового в аналоговий. Ці конвертери часто об'єднують у пристрій, який називається кодеком.

При перетворенні сигналів з однієї форми в іншу мікрофон використовується для створення електричних сигналів в аналоговій формі звукових хвиль. Зміни тиску звукових хвиль перетворюються на зміни в електричному процесі, який несе інформацію про звук. Щоб отримати цифровий аудіосигнал, амплітуда звукових хвиль періодично записується на високій частоті та присвоюється їй відповідне двійкове значення. Частота запису амплітуди звукових сигналів називається дискретизацією частоти або квантуванням частоти. Високочастотна дискретизація забезпечує більш точне відображення звукових хвиль.

Точність перетворення амплітуди сигналу залежить не тільки від частоти дискретизації, але і від кількості дворядкових поділок у кодовому слові. Кожен біт кодового слова відповідає динамічному діапазону приблизно 6 дБ. Наприклад, з 16-смуговим амплітудним представленням можна досягти динамічного діапазону до 96 дБ, що відповідає якості відтворення CD. Під час перетворення сигналу в цифрову форму можуть з'явитися перешкоди і небажані високочастотні складові. Кількість днів програми, цифри та дані проходять через фільтри, відсікаючи обрив нерухомості.

Цифро-аналогове перетворення сигналів в аналогову форму передбачає створення сигналів шляхом високочастотної дискретизації для обчислення сигналу та подальшого відтворення. Створюється безперервний сигнал за

допомогою методу інтерполяції або згладжування. Для збереження аудіосигналів у цифровій формі потрібен великий обсяг пам'яті. Наприклад, для зберігання 1-хвилинного аудіосигналу з частотою дискретизації 40 кГц і 16-бітним квантуванням потрібно 5 МБ пам'яті ($40\,000 \times 60 \times 2$ байти = 4 800 000 байтів). Для того, щоб зменшити обсяг пам'яті, використовується компресія або стиснення аудіоданих спеціальними програмами. Це дозволяє зменшити обсяг пам'яті в 10-12 разів. Однак ця продуктивність зводиться до перегляду простих частин аудіо.

1.2 Перетворення звукових сигналів в комп'ютері

Оцифровка сигналу означає, що неперервна функція параметрів перетворюється у скінчений набір вибірок. Дискретний сигнал визначається обмеженою кількістю параметрів, які вимірюються в різні моменти часу. Ці вимірювання, відомі як вибірки, здійснюються через регулярні проміжки часу (рис.1.1).

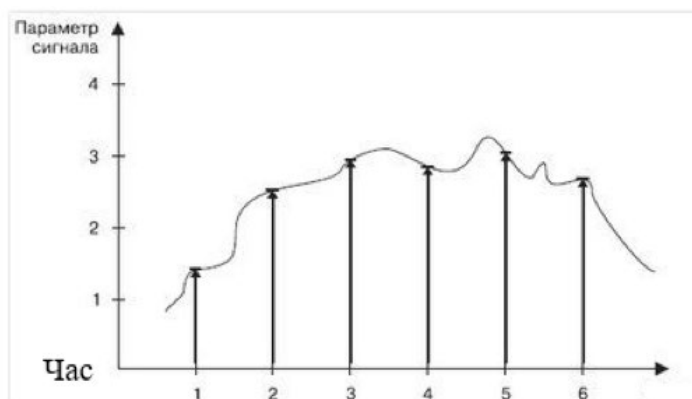


Рисунок 1.1 – Оцифровка аналогового сигналу

На (рис.1.1) видно, що всі точки кривої, що знаходяться між вибірками (наприклад, між вибірками 5 і 6), не враховуються у цифровій версії сигналу.

Це свідчить про те, що більша кількість вибірок призводить до більш точного (якісного) оцифрування сигналу.

Кількість вибірок, здійснених за одиницю часу, відома як частота дискретизації, і вимірюється у кілогерцах.

Аналого-цифровий перетворювач (АЦП) використовується для перетворення аналогових сигналів у цифровий формат. Це означає, що АЦП приймає вхідний аналоговий сигнал і перетворює його в цифровий код, який може бути оброблений і збережений цифровими пристроями.

Зворотно до АЦП, цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП) виконує перетворення цифрового сигналу на аналоговий. Це означає, що ЦАП бере цифровий код і перетворює його на аналоговий сигнал, який може бути відтворений на звуковому пристрої або іншому аналоговому пристрої.

Таким чином, АЦП та ЦАП використовуються у звуковій технології та інших областях, де необхідно перетворити сигнали між аналоговим та цифровим форматами.

Фактори, що визначають якість оцифрованого звуку, якість оцифрованого звуку визначається кількома факторами та наступними параметрами. Перш за все, одним з головних факторів є частота дискретизації, яка пов'язана з теоремою Котельниковим. Згідно з цією теоремою, щоб досягти належної якості оцифрованого звуку, частота дискретизації має принаймні вдвічі перевищувати найвищу частоту звукового сигналу, який потрібно зберегти.

У випадку високих частот, які сприймає людське вухо (наприклад, близько 20 кГц), рекомендована частота дискретизації 44 кГц для досягнення гарної якості звуку. Це означає, що аналоговий аудіосигнал перетворюється на цифровий код 44 000 разів на секунду.

Високочастотна дискретизація забезпечує точне відтворення звукових деталей, особливо на високих частотах. Якщо частота дискретизації недостатньо висока, артефакти та якість звуку можуть бути погіршені,

особливо на високих частотах. Тому правильний вибір частоти дискретизації є важливим фактором забезпечення якості оцифрованого звуку.

У звуковому сигналі найнижча частота, що міститься, називається основним тоном, тоді як вищі частоти називаються обертонами.

Структура типової системи цифрової обробки сигналу (ЦОС) представлена на (рис.1.2) Зазвичай, перед процесом аналого-цифрового перетворення аналоговий сигнал проходить через ланцюги нормалізації. Ці ланцюги займаються функціями, такими як підсилення, ослаблення (аттенюація) і фільтрація. Для приглушення небажаних сигналів за межами смуги пропускання і запобігання аліасингу (накладення спектрів) застосовується низькочастотний або смуговий фільтр. Розробка систем цифрової обробки сигналу вимагає великої експертизи в області сигнальної обробки, математичного моделювання, програмування та апаратного забезпечення. Такі системи є потужними інструментами для аналізу та обробки сигналів різного типу, що сприяє вдосконаленню технологій і поліпшенню якості комунікацій, діагностики, контролю та інших процесів. У результаті, системи цифрової обробки сигналу відіграють важливу роль у сучасному технологічному прогресі, сприяючи розвитку нових додатків, покращенню ефективності та надійності систем, а також розширенню можливостей обробки інформації з високою швидкістю та точністю.

В цій системі аналого-цифровий перетворювач (АЦП) безперервно дискретизує сигнал з частотою дискретизації f_s і передає новий семпл цифровому сигнальному процесору (ЦОС) з такою ж частотою. Для забезпечення роботи в реальному часі ЦОС (DSP) повинен завершити всі обчислення протягом інтервалу дискретизації $1/f_s$ і передати вихідний сигнал на цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП) до отримання наступного семпла від АЦП. Один з прикладів типових функцій ЦОС – цифровий фільтр.

У випадку використання алгоритму БПФ (багаточастотного преобразовання Фур'є), блок даних завантажується в пам'ять ЦОС. Протягом

роботи алгоритму БПФ, новий блок даних завантажується в пам'ять, щоб забезпечити роботу в реальному часі.

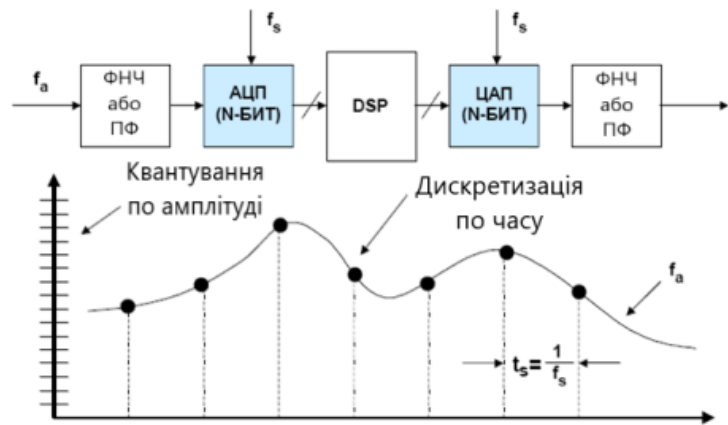


Рисунок 1.2 – Побудова дискретної системи сигналів

Цифро-аналоговий перетворювач (DAC) необхідний для перетворення даних в аналоговий сигнал, особливо коли потрібно відтворити звук (наприклад, в аудіо або звукових додатках). Розуміння цих аспектів є важливим фактором при оцінці процесорів цифрових сигналів.

Поняття часової дискретизації та амплітудного квантування аналогового сигналу описані на (рис1.2) Безперервні аналогові дані дискретизуються з інтервалом дискретизації $t_s = 1/f_s$, який необхідно ретельно вибирати, щоб точно представити вихідний аналоговий сигнал. Очевидно, що чим більше показань (вища частота дискретизації), тим точнішим буде цифрове представлення сигналу, тоді як при невеликій кількості показань (нижча частота дискретизації) воно може бути є критичним значенням частоти дискретизації, при якій втрачається інформація сигналу. Це впливає із сформульованого нижче відомого критерію Найквіста. За цим критерієм:

- частота дискретизації f_s сигналу з пропускнуою здатністю f_a повинна відповідати умові $f_s > 2f_a$, інакше інформація про сигнал буде втрачена;

- спектри перекриваються, якщо $f_s < 2f_a$;
- ефект перекриття спектр перетворення частотних сигналів у цифровий формат.

Критерій Найквіста встановлює вимогу, що частота дискретизації повинна бути щонайменше удвічі більшою за ширину смуги сигналу. Це необхідно для того, щоб уникнути втрати інформації про сигнал при його оцифруванні. Якщо частота дискретизації менша за подвоєну ширину смуги аналогового сигналу, виникає явище, відоме як накладення спектрів.

Накладення спектрів виникає тоді, коли сигнали з різними частотами перекриваються і стає неможливим розрізнення окремих складових сигналів.

Це призводить до втрати інформації та спотворення оцифрованого сигналу. Тому, з метою коректного представлення сигналу у цифровій формі, важливо дотримуватись вимог критерію Найквіста та використовувати достатньо високу частоту дискретизації, щоб уникнути накладення спектрів та зберегти якість сигналу при його подальшому аналізі та відтворенні.

Розглянемо випадок, коли ми уявляємо розподіл синусоїдального тонального сигналу в тональній області, як показано на (рис.1.3) У цьому прикладі частота дискретизації f_s трохи вища за частоту дерев'яного аналогового вхідного сигналу, який не відповідає критеріям Найквіста.

Вибір – це сигнал, частота якого дорівнює різниці між частотою дискретизації та частотою вихідного сигналу $f_s - f_a$. Відповідна перша ланка прикладу в загальній зоні на (рис.1.3).

Далі розглянемо випадок дискретизації одночастотного синусоїдального сигналу з частотою f ідеальним імпульсним дискретизатором з частотою f_s (рис.1.4, А). Знову припустимо, що $f_s > 2f_a$. Частотний спектр показує гармоніки (псевдоніми або зображення) вихідного сигналу на виході дискретизатора, які повторюються з періодом f_s , тобто $|\pm Kf_s \pm f_a|$, де $K = 1, 2, 3, 4$.

Якщо частота f_a трохи менша за f_s , то аналоговий сигнал із частотою f_a , дискретизований ідеальним аналого-цифровим перетворювачем (АЦП), має компоненти з частотою $f_s |\pm k f_s \pm f_a|$, де $k = 1, 2, 3$.

Смуга частот Найквіста визначається як частоти в спектрі від 0 до половини частоти дискретизації ($f_s/2$). Цей діапазон ділить частотний спектр на багато зон Найквіста, кожна з яких має ширину $0,5f_s$. На практиці ідеальний семплер імпульсів часто замінюють аналого-цифровим перетворювачем (АЦП), який використовується в поєднанні з процесором ШПФ (багатополярне перетворення Фур'є). Процесор БПФ виводить тільки ті компоненти сигналу, частота яких потрапляє в першу зону Найквіста, тобто між 0 і $f_s/2$.



Рисунок 1.3 – Ефект накладення спектрів у тональній області.

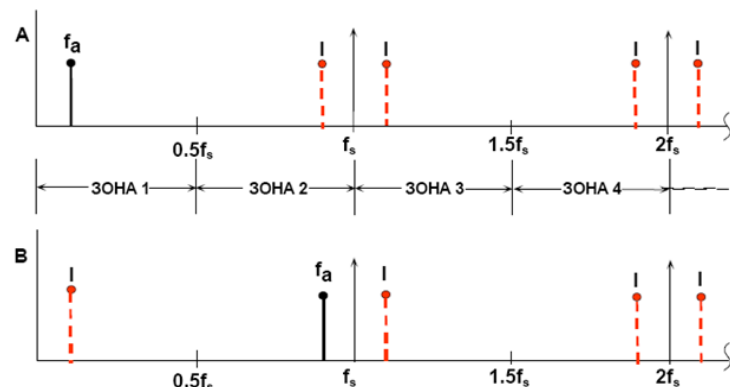


Рисунок 1.4 – Зони Найквіста

У цьому випадку необхідно враховувати ситуацію, коли частота сигналу перевищує першу зону Найквіста (зона, що охоплює діапазон від 0 до $f_s/2$) (рис.1.4) показує такий сценарій. Частота сигналу трохи нижча за частоту дискретизації, але не відповідає умові $f_s > 2f_a$, яка зображена на (рис.1.3.) у розрізі звукового діапазону. Тим не менш, компонента $f_s - f_a$ сигналу в цьому випадку також потрапляють в першу зону. На (рис.1.4) А. Було пояснено, якщо небажаний сигнал з'являється на будь-якій гармоніці частоти дерева, він також з'являтиметься на самій частоті дерева, викликаючи появу паразитної складової в першій зоні Найквіста.

Професійні звукові карти, що використовуються в комп'ютерах, дозволяють виконувати складну обробку звуку, підтримують стереозвук і мають вбудовані програми обробки звуку (SSP), які містять звукові набори для різних інструментів. Аудіофайли зазвичай мають великий розмір. Наприклад, аудіофайл, що містить три хвилини стереозвуку, може займати приблизно 30 Мб пам'яті. Ось чому звукові карти, такі як Sound Blaster, також забезпечують автоматичне стиснення файлів. Використання звукових карт включає в себе комп'ютерні ігри (які часто мають спеціальні роз'єми Game-port для підключення ігрових пристроїв), навчальні програми, комерційні презентації, системи голосової пошти для обміну голосом повідомлення між комп'ютерами, що озвучують різні процеси, що відбуваються в комп'ютерній техніці. Однак основною і найбільш використовуваною здатністю сучасної звукової карти є відтворення аудіо - та відеофайлів, що зберігаються на комп'ютері.

Звук – це коливання або хвилі, які поширюються в усіх напрямках від джерела вібрації в повітрі чи іншому середовищі. Коли ці хвилі досягають нашого вуха, чутливі елементи вуха вловлюють цю вібрацію, і ми сприймаємо звук. Усі звуки характеризуються частотою та гучністю або інтенсивністю. Частота вимірюється в герцах (Гц) і являє собою кількість звукових коливань, які відбуваються за одну секунду. Людське вухо може сприймати лише

обмежений діапазон частот, як правило, від 16 Гц до 20 000 Гц. Найнижча висота звуку фортепіано має частоту 27 Гц, а найвища – трохи більше 4000 Гц. FM-радіостанції можуть транслювати звук частотою до 15 кГц. Гучність визначається амплітудою коливань, яка залежить від джерела звуку. Наприклад, якщо злегка торкнутися клавіші піаніно, струна видає тихий звук, оскільки має невелику амплітуду коливань.

Для оцінки якості аудіоадаптера використовуються три параметри: частотний діапазон, коефіцієнт нелінійних спотворень і відношення сигнал/шум.

Частотний діапазон визначає ширину частотного діапазону, в якому звуковий адаптер може записувати та відтворювати амплітуди звукових коливань. Частота більшості звукових карт становить від 30 Гц до 20 кГц.

Коефіцієнт нелінійних спотворень вказує на рівень нелінійності звукової карти, що впливає на чіткість відтворення звуку. Будь-який нелінійний елемент плати може спотворювати звук. Чим менший коефіцієнт нелінійних спотворень, тим краща якість звуку. Якість звуку також може відрізнитися між аудіоадаптерами з однаковими мікросхемами, оскільки це залежить від якості компонентів. Дешеві моделі часто мають більш значні спотворення, що негативно позначається на якості звуку.

Наприклад, аудіоадаптер Sound Blaster Audigy має відношення сигнал/шум 100 дБ, а старіші моделі мають співвідношення сигнал/шум до 90 дБ. Цей параметр важливий для всіх застосувань аудіоадаптерів, включаючи відтворення файлів WAV і розпізнавання мови.

Дискретизація – це процес перетворення аналогового звукового сигналу в цифрову форму, у якій він зберігається для подальшого відтворення. Під час дискретизації миттєві значення звукового сигналу записуються в певні моменти часу, які називаються вибірками. Чим частіше семпли збираються, тим точніше цифрова копія звуку відповідає оригіналу.

Карти розширення звуку вставляються в гніздо PCI і зазвичай забезпечують кращу якість звуку, ніж вбудовані опції. Однак їх можливості можуть бути обмежені для професійного використання.

Зовнішні аудіодиски були створені для вирішення проблеми надійного екранування звукових сигналів від зовнішніх перешкод. Зокрема, професійні звукові карти мають багато роз'ємів, призначених для підключення професійного студійного обладнання. Зовнішні звукові карти зазвичай підключаються до комп'ютера через інтерфейс USB або FireWire, тоді як FireWire має більшу пропускну здатність.

Типова звукова карта містить аудіочіп, який містить цифро-аналоговий перетворювач. Цей конвертер перетворює записане або створене цифрове аудіо в аналоговий формат. Потім вихідний сигнал можна підключити до підсилювача, навушників або зовнішнього пристрою за допомогою стандартних роз'ємів, як правило, роз'ємів TRS або RCA. Якщо кількість або розмір розеток завеликі для задньої панелі комп'ютера, їх можна носити окремо.

Блок цифрового запису/відтворення, також відомий як цифровий канал або картка-стрічка, перетворює аналоговий сигнал у цифровий і навпаки в режимі передачі програми або прямого доступу до пам'яті (DMA). Цей блок складається з блоку, який безпосередньо виконує аналого-цифрове та цифро-аналогове перетворення, так званого АЦП/ЦАП (кодер/декодер, кодек) і блоку керування. A/D/DAC може бути вбудований у онлайн-завантаження за допомогою чіпа візитної картки з чіпом продукту (напр. AD1848, CS4231, ST1703). Якість використовуваного АЦП/ЦАП у багатьох випадках впливає на якість оцифровки та відтворення звуку, а також важливі підсилювачі входу та виходу. Аналого-цифровий перетворювач вимірює амплітуду аналогового сигналу від мікрофона або магнітофона і кодує його в послідовність бітів, що представляє співвідношення коливань.

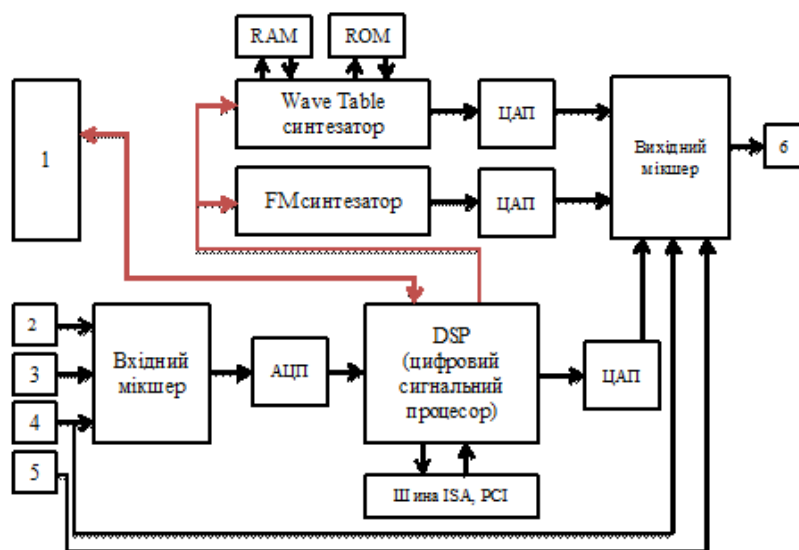


Рисунок 1.5 – Блок-схема типової звукової карти

2 ФОРМУВАННЯ СКАНЕРНОГО ЗОБРАЖЕННЯ ПОВЕРХНІ ЗЕМЛІ В ФОРМАТІ АРТ

2.1 Склад апаратури для сканування поверхні Землі

Для прийому та обробки інформації супутнику використовується апаратно-програмний комплекс "Ліана". Основною функцією станції «Ліана» є прийом знімків Землі, які передаються з полярних орбітальних супутників серії NOAA у форматі АРТ (Automatic Picture Transmission) в діапазоні 137 МГц. За певних обставин також можливий прийом інших супутникових систем з різними форматами, таких як Метеор-3 або Ресурс-01. Апаратно-програмне забезпечення комплексу зберігання «Ліана» спрямоване на оптимальний прийом, декодування та обробку цих зображень для подальшого використання.

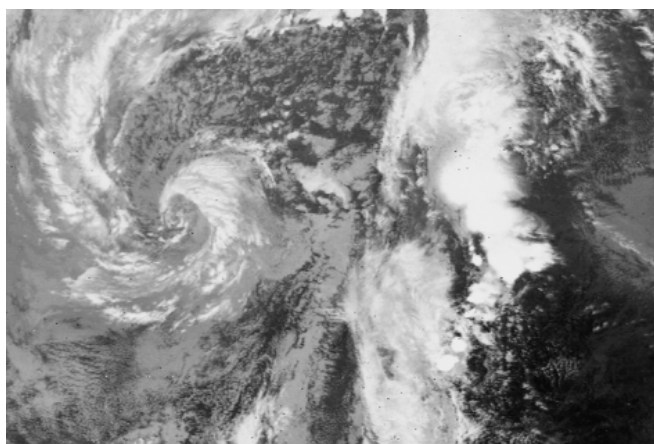


Рисунок 2.6 – Візуалізація зображення у ScanViewer

Станція «Ліана» отримує більшу частину інформації з спектральних каналів, що працюють в ближньому інфрачервоному (ІЧ) і тепловому інфрачервоному діапазонах. Ця інформація була перекладена скануючим радіометром AVHRR.

Система має роздільну здатність 3,3 км на широті 3000 км, і ця система зазвичай використовується для метеорологічних цілей. Станція приймає зображення місцевості 8-12 разів на добу. Обсяг інформації, що надається під час однієї передачі, може становити близько 3-3,5 МБ. Ця передача відбувається, коли супутник знаходиться в станції видимості зони. До складу системи «Ліана» входять антена, малошумливий радіопідсилювач (МАП), кабельний редуктор, модулятор сигналу, комп'ютерний інтерфейс, ПК і ПО.

Антена, яка встановлена на станції "Ліана", є спіральним, ненаправленим і не дуже сумним апаратом. Він легкий і компактний і може бути встановлен на будинку.

Максимальна довжина кабелю 50 метрів (на цю відстань можна від'єднати антену від комп'ютера). МШУ регулюється в залежності від антени. Шумова температура ЛШ 250 кельвінів, коефіцієнт підсилення не менше 36 дБ, пропускання 136-138 МГц.

Станція ScanEx використовується для прийому та запису інформації, що передається в діапазоні 1,7 ГГц від полярних орбітальних супутників серії NOAA у форматі HRPT (High Resolution Picture Transmission). Інформацію отримують у радіометра AVHRR

Радіометр AVHRR формує зображення поверхні в спектру – від видимого до теплового інфрачервоного та роздільною здатністю 1,1 км в середині діапазону. Станція приймає зображення місцевості 8-12 разів на добу. Зв'язок отримують, поки супутник знаходиться в зоні видимості станції, обсяг прийнятої інформації може досягати 80 Мб.

Демодулятор і комунікаційний інтерфейс станції «СканЕкс» конструктивно реалізовані на одній платі, яка вставляється в слот розширення ПК по шині ISA. Використовується звичайний ПК з процесором Intel 486 або Pentium.

Станція складається з декількох компонентів, які виконують різні функції.

Основні складові станції включають наступне:

- 1) Антенна система: це обладнання, що складається з антенних елементів і забезпечує прийом та передачу сигналів.
- 2) Лабораторний настільний блок: це пристрій, розташований на робочому столі, який виконує різноманітні функції, пов'язані з обробкою та аналізом сигналів.
- 3) Інтерфейс зв'язку з комп'ютером: це з'єднання, яке дозволяє обмінюватися даними між станцією і комп'ютером. Воно може бути провідним або бездротовим залежно від конкретної системи.
- 4) Персональний комп'ютер: це основний пристрій для керування та управління станцією. Він забезпечує обробку даних, відображення результатів та керування роботою станції.
- 5) Програмне забезпечення: це спеціальні програми, які встановлюються на комп'ютері і дозволяють керувати функціями станції, обробляти дані та забезпечувати зручний інтерфейс для користувача.

Разом ці компоненти створюють повноцінну станцію, яка може приймати, передавати, аналізувати та керувати сигналами залежно від своїх функцій та призначення.

Станція Scanex використовує дзеркальну антенну систему з поворотним пристроєм антени (APU). Стандартний діаметр антени становить 1,2 метра, а загальна вага антенної системи не перевищує 50 кілограм. За випромінювачем на антені знаходиться малoshумливий підсилювач (LSA) і перетворювач частоти. Станція отримує інформацію безкоштовно на основі концепції «відкритого неба».

Серія полярних супутників NOAA знаходиться на сонячно-синхронній орбіті, що означає, що супутники пролітають над будь-якою територією приблизно в один і той же місцевий час щодня. Висота траси становить близько 830 або 870 кілометрів. Орбіти розташовані поблизу полюсів Землі, а завдяки широкому полю зору (3000 кілометрів) з кожного супутника

записуються всі ділянки поверхні не менше 6 разів на добу. Зараз працюють супутники NOAA-12, 14, 15, 16.

Станція Scanex приймає інформацію в цифровому форматі HRPT в діапазоні 1670-1710 МГц з роздільною здатністю 1,1 кілометра. Натомість станція «Ліана» отримує інформацію в аналоговому форматі ART в діапазоні 137 МГц і з роздільною здатністю близько 3 кілометрів.

Запис супутникових звуків і передача інформації відбувається безперервно. Для проекту інформація не потребує дозволу та участі в коментарях. Комплекс Scanex працює на стандартному IBM-сумісному персональному комп'ютері та повністю програмно керований. Оператор потрібен лише для налаштування таймера, контролю вільного місця на диску, оновлення даних треку та розрахунку розкладу.

Метеорологічні супутники NOAA США оснащені багатодіапазонним оптичним та інфрачервоним обладнанням, особливо радіометром високої роздільної здатності AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer). Ці супутники розташовані на полярних орбітах, приблизно в 700 кілометрах над поверхнею Землі, під кутом 98,89 градусів. Радіометр високої роздільної здатності охоплює поверхню Землі в п'яти діапазонах спектру: 580-680 нм, 725-1100 нм, 3550-3930 нм, 10300-11300 нм і 11400-12400 нм. Зйомка ведеться з просторовою роздільною здатністю 1100 метрів і забезпечує чітку лінію видимості на ширині 2700 кілометрів.

На орбіті багато супутників. Один - NOAA-14 - має циліндричний скануючий AVHRR сканер. Він має оптику діаметром 8 дюймів (20 см) і дзеркала при 6 обертах за секунду. Кут сканування статті становить $\pm 55^\circ$, а дальність ослаблення становить близько 3000 кілометрів. Через кривизну Землі зона випромінювання транспондера охоплює приблизно ± 3400 кілометрів, що означає, що супутник може приймати інформацію з поверхні землі на відстані приблизно 3000-7000 кілометрів.

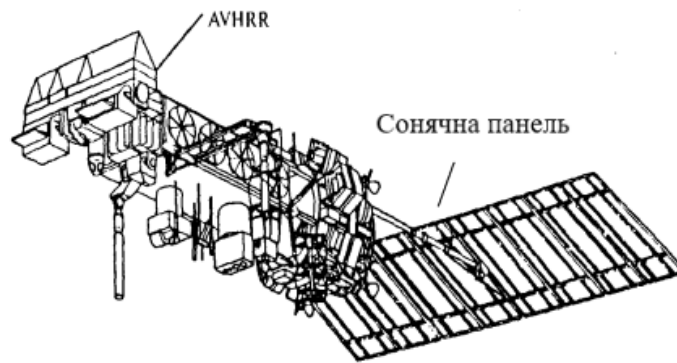


Рисунок 2.7 – Супутник NOAA-14

Спектральні канали сканера вибрані так, що потрапляють в ок на прозорості атмосфери (мкм):

1-й – 0,58-0,68 (червона ділянка спектру);

2-й – 0,725-1,0 (ближній ІЧ);

3-й – 3,55-3,93 (ділянка ІЧ діапазону, оптимальний для вимірювання випромінювання від лісових та інших пожеж);

4-й – 10,3-11,3 (канал для температури поверхні суші, води та хмар);

5-й – 11,4-12,4 (канал для температури поверхні суші, води та хмар).

На супутнику NOAA-15 встановлено додатковий канал, який працює на хвилі довжиною близько 1,6 мкм для розпізнавання снігу та льоду.

У 1-му та 2-му каналах як детектори випромінювання застосовуються кремнієві фотодіоди. У 4-му і 5-му каналах встановлені фоторезистори, що охолоджуються до 105 К, в 3-му каналі — фоторезистор, що охолоджується. На супутнику NOAA, як і на інших супутниках, передбачено бортове калібрування датчиків.

Сигнали кожного каналу квантуються на 1024 рівня (10-бітове квантування). Передавач супутника має потужність 5,5 Вт, частота -1700 МГц. Швидкість передачі цифрової інформації зі сканера AVHRR складає 665,4 Кбіт/с.

Супутник оснащений приладом NIRS, який використовується для вимірювання температури тропосфери на різних висотах. Він здатний сканувати вертикальні профілі, розміщені на смузі знесення шириною 2240 кілометрів. Для цього використовується автоматичний скануючий спектрофотометр ІЧ-діапазону, який виявляє властивість вуглекислого газу змінювати положення і ширину ліній поглинання на довжині хвилі близько 14-15 мікрометрів в залежності від тиску. Такий самий прозорий і майже повний озон на космічній карті в межах теплового простору Землі та Amposters довжиною вола 9,59 мікрометра.

2.2 Формування зображення на супутнику і передавання його на наземну приймальну станцію

Формування зображення на супутнику відбувається за допомогою спеціальної апаратури, яка складається з оптичних, електронних та програмних компонентів. Оптична система збирає світло від зображення Землі та фокусує його на електронному приймачі. Після цього електронний приймач перетворює світловий сигнал в електричний, який оброблюється спеціальними програмами.

В процесі обробки, сигнал піддається комп'ютерній обробці, яка включає в себе фільтрацію шуму, корекцію кольору та інші важливі кроки, щоб отримати якісне зображення.

Отримане зображення зберігається на борту супутника у вигляді цифрових даних та передається на наземну приймальну станцію. Для передачі сигналу використовуються різні типи радіо - та супутникових зв'язків, залежно від типу супутника та його орбіти.

На наземній приймальній станції зображення отримують за допомогою антени та спеціального обладнання для прийому сигналів від супутника. Далі,

цифрові дані зображення обробляються та відображаються на екрані монітора або зберігаються для подальшого використання.

Першочерговою метою функціонування наземного комплексу прийому, обробки та розповсюдження супутникової інформації (НКПОР) є забезпечення державних органів управління, організацій федеральних міністерств та відомств всією доступною інформацією, отриманою за допомогою зарубіжних оперативних супутникових систем, необхідною для вирішення державних завдань (гідрометеорологічне забезпечення, моніторинг надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, моніторинг стану навколишнього середовища). Основні функції НКПОР: планування роботи бортових вимірювальних комплексів, прийом, обробка, архівація та розповсюдження супутникових даних.

До складу наземного комплексу прийому, обробки, архівації та поширення супутникової інформації входять малі станції прийому супутникових даних (відомчі, територіальні та комерційні). Найбільш розвиненою структурою НКПОР. На земний комплекс здійснює прийом, обробку та розповсюдження даних, одержуваних з усіх космічних апаратів, зарубіжних типу NOAA, Метеосат, GMS. Є технічна можливість прийому даних французького КА SPOT.

Основу НКПОР складає система трьох великих центрів прийому – науково-дослідний центр космічної гідрометеорології (з пунктами прийому у, м. Київ). В склад НКПОР входить також мережа автономних пунктів прийому інформації - АППІ 60 пунктів прийому, що функціонують під науково-методичним керівництвом та оперативним управлінням в діапазоні 137МГц. Такі АППІ встановлені на всіх великих аеродромах, в обласних бюро погоди та в підрозділах оборони, що дозволяє оперативно отримувати дані ДЗЗ та використовувати у синоптичній оцінці метеообстановки.

Супутникові дані передаються в діапазоні частот 1,7 ГГц в цифровому форматі HRPT (High Resolution Image Transmission) з роздільною здатністю 1,1

км/піксель. Ці дані включають файли зображень та інформаційні файли, які можуть мати один або два байти. Для отримання цих даних потрібне спеціальне обладнання, включаючи високоспрямовану антену, координатний або навігаційний пристрій, перетворювач (трансформатор), що знижує частоту сигналу, і програмне забезпечення для керування антеною та обробки сигналу. Однобайтний формат файлу цих супутників NOAA зазвичай має розширення `"*.pr1"`.

Також формат цього супутникового AVHRR сканера NOAA у форматі ART (автоматична передача зображення), який є аналоговим. Дані HRPT генеруються та передаються на Землю за допомогою радіоканалу з частотою 1,7 ГГц і швидкістю передачі даних 665,4 Кбіт/с. Цей формат містить файли зображень та інформаційні файли, розміром яких може бути один або два байти. Деякі з цих файлів містять фотографію в перших 512 байтах. Дані у форматі ART створюються на певному веб-сайті у форматі HRPT.. Упакування даних: Цифрові значення інтенсивності сигналів упаковуються у відповідному форматі даних, який забезпечує збереження та передачу цих даних. У форматі AVHRR зазвичай використовується формат HDF (Hierarchical Data Format) або його модифікації. Для зменшення обсягу даних AVHRR використовується метод компресії даних. Це дозволяє зберігати та передавати дані більш ефективно без суттєвого втрати інформації.

У форматі ART для передачі використовуються два спектральних канали. Зазвичай канали 2 (VIS - видиме світло) і 4 (ІЧ - інфрачервоне випромінювання) передаються, коли супутник знаходиться над сонячною стороною Землі, а також канал 3 (mIR - середнє інфрачервоне випромінювання) і канал 4 (ІЧ - інфрачервоне випромінювання)) транслуються, коли супутник знаходиться на вечірній і нічній стороні Землі.

Передані зображення повинні мати зменшену роздільну здатність від 1,1 км/піксель до 4 км/піксель (рис.2.9). Крім того, дані лінеаризуються вздовж

сканування, щоб забезпечити однакову роздільну здатність по всій області зображення.

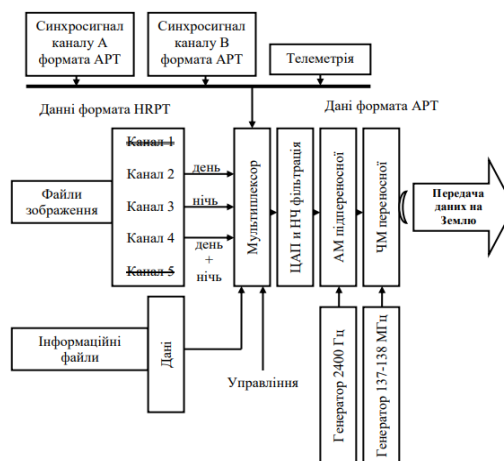


Рисунок 2.8 – Дані супутникового сканера AVHRR NOAA у формат HRPT і АРТ

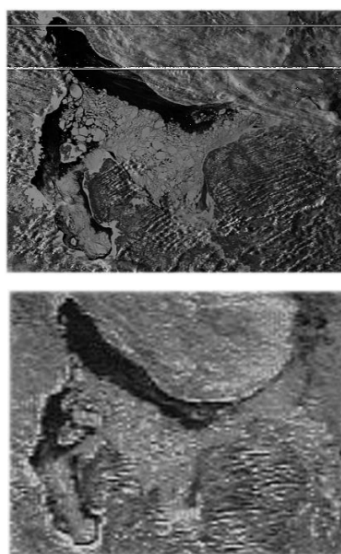


Рисунок 2.9 – Різні формати (верхня у форматі HRPT, внизу у форматі АРТ)

Отже, перетворення даних сканера AVHRR з формату HRPT у формат АРТ включає в себе ряд обробних кроків. Це може включати виявлення кадрів у форматі HRPT, декодування та витягування зображень з цих кадрів, а також перетворення цих зображень у формат АРТ. Для цього можуть використовуватися спеціалізовані алгоритми обробки сигналів та програмні

інструменти. Перетворення даних сканера AVHRR з формату HRPT у формат ART дозволяє операторам швидше та зручніше отримувати готові зображення з супутників NOAA. Це важливий крок у процесі отримання та аналізу супутникових зображень для різних дослідницьких, моніторингових та прогностичних цілей.

Після цифрової обробки дані мультиплекуються з даними калібрування та телеметрії та передаються по черзі по каналах А і В у форматі ART. Ці мультиплексовані дані потім перетворюються в аналоговий сигнал процесором за допомогою цифро-аналогового перетворювача (DAC). Цей сигнал піддається фільтрації низьких частот (НЧ) і амплітудній модуляції (АМ) з частотою 2400 Гц і коефіцієнтом модуляції від 10,6% до 87,0%.

Для фільтрації перед амплітудним модулятором від фільтра низьких частот Баттерворта-Томсона з частотою зрізу 2,4 кГц. Потім генеруються дані формату ART, які вже мають амплітудно-частотну модуляцію (FM) на несучій частоті передавача 137-138 МГц з частотою девіації ± 17 кГц. Вихідна потужність передавача становить 5 Вт, а поляризація - кругове обертання за годинниковою стрілкою.

Дані у форматі ART мають певну структуру. Зображення передається двома напіврядами з різним вмістом, представляє окрему спектральну область. Мають власні сигнали синхронізації. Швидкість передачі 120 рядків/хв, що означає передачу двох піврядків за чверть секунди.

Перед цифро-аналоговим перетворенням сигналу супутника вміст пікселя передається у вигляді 8-бітного слова, а після амплітудної модуляції використовується відповідне слово напруга. Рядок містить 2080 пікселів (слів), які передаються протягом 0,5 секунди. Таким чином, швидкість серійної зйомки становить 4160 пікселів/с, а період передачі – 1/4160 секунди.



Рисунок 2.10 – Створення формату рядка АРТ (одноразове сканування)

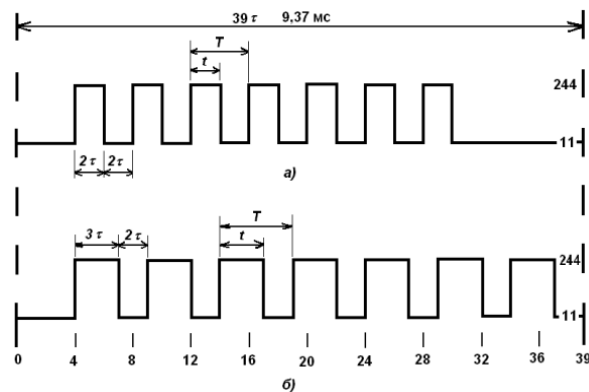


Рисунок 2.11 – Структура сигналів синхронізації каналу

а) – Канал А: 7 імпульсів з 2 частотами і частотою 1040 Гц

б) – Канал В: 7 імпульсів з частотами 1,67 і 832 Гц

Формат АРТ складається з одного повного даних (кадру), що містить 128 рядків (сканів) і триває 64 секунди. Каркас має певну конструкцію, яка показана на (рис.2.11) На (рис.2.12) показано вигляд кількох повних фрагментів даних формату АРТ (кадрів).

Перелітаючи по сторінці, ви можете згадати десятки повних фрагментів АРТ (кадрів), які утворюють зображення на відстані. На (рис.2.13) показано приклад зображення, отриманого від супутника, що рухається ввечері з півдня на південь, де є лінії.

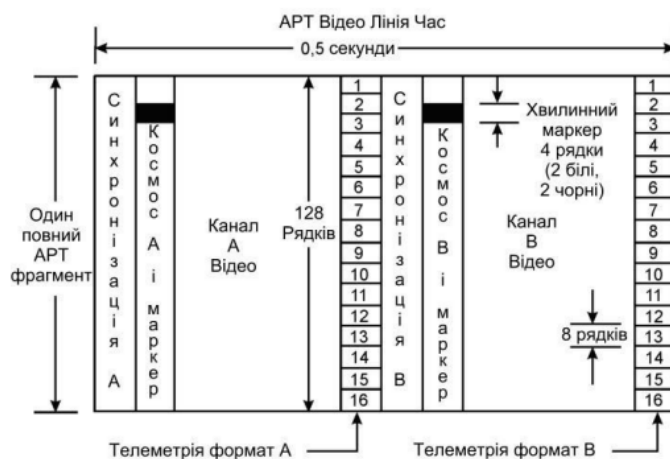


Рисунок 2.12 – Структура повного фрагмента даних (фрейму) у форматі АРТ

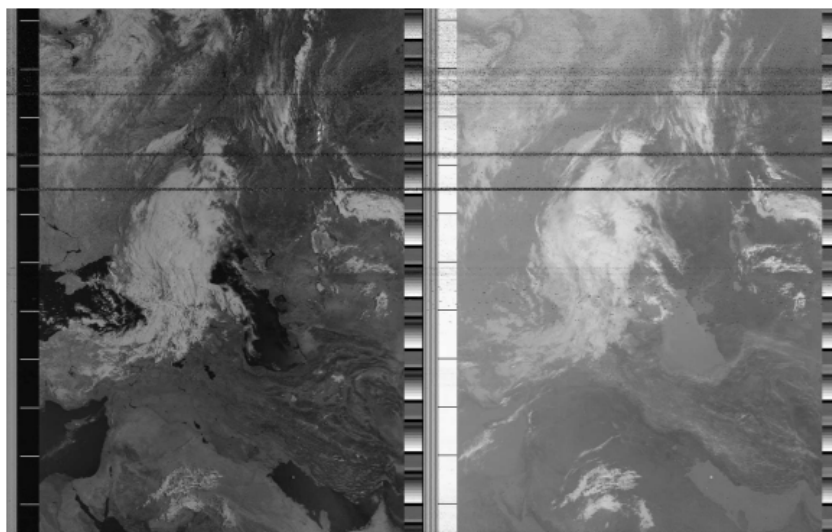
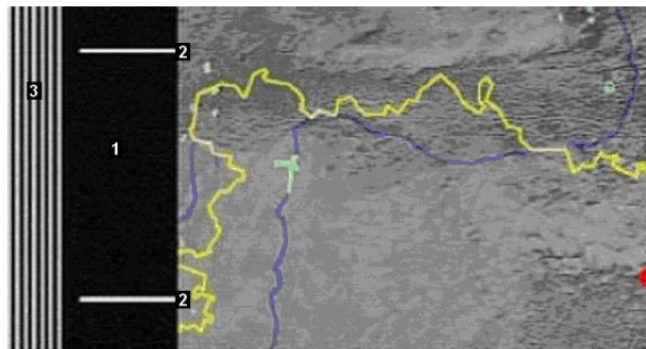


Рисунок 2.13 – Кілька повних даних зображень у форматі АРТ

Мітка 11,3 мс, що представляє випромінювання вільного простору (просторові дані) вибраного спектрального діапазону (рис.2.14). Формат HRPT використовується для передачі високороздільних зображень з супутників NOAA. Цей формат має великий обсяг даних та вимагає складних процедур обробки для отримання повноцінного зображення. Зазвичай дані у форматі HRPT містять рівні яскравості пікселів, координати та іншу інформацію, але ще не є готовими для відображення. Отримання декількох повних фрагментів

даних зображень з формату АРТ є важливим кроком у процесі аналізу та використання цих зображень для різних цілей, таких як дослідження клімату, моніторинг природних ресурсів, прогнозування погоди та інші додатки. Це дозволяє дослідникам та операторам швидко та ефективно працювати з великим обсягом супутникових даних та отримувати цінну інформацію з них.

Рисунок 2.14 – Мітки (1) з хвилинними мітками (2), сигнал синхронізації (3)



Після синхронізації мітка може мати два режими: темний для видимих каналів або світлий для інфрачервоних каналів (рис. 2.14). Рівень сигналу цих даних відповідає значенню, вимірюваному радіометром AVHRR при спостереженні дальнього космосу і використовується в роботі, оскільки випромінювання дальнього космосу враховується в межах каналу інфрачервоного спектру. Для температурної класифікації це значення вважається нульовим для всіх теплових каналів AVHRR. Його можна використовувати для встановлення точки на кривій градієнта температури каналного радіометра. Позначки утворюють колонку, яка преривається хвилинними позначками, починаючи з двох рядків. (рис.2.15). Телеметрична інформація використовується для вимірювання температури поверхні за допомогою теплового інфрачервоного зображення. з сигналом без перешкод $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

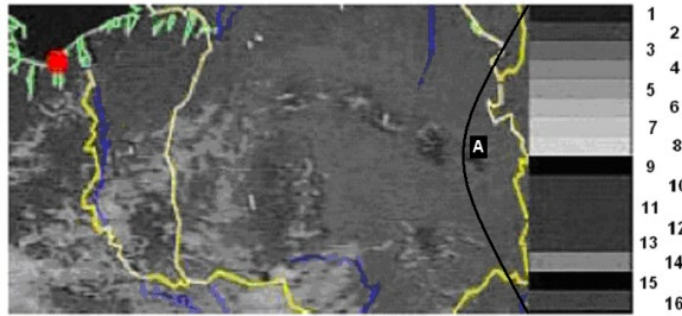


Рисунок 2.15 – Клін телеметрії (А)

Телеметричний цикл складається з 16 окремих клинів, кожен з яких містить вісім послідовних ліній (рис.2.15, та 2.16). Ці цикли безперервно повторюються протягом орбіти супутника, гарантуючи, що велика кількість повних циклів телеметрії доступна приймальним наземним станціям під час одного проходу супутника. Тривалість фрагмента даних формату АРТ становить 64 секунди. Перші 14 каналів однакові в обох зображеннях у форматі АРТ, і тільки канали 15 і 16 відрізняються в каналах А і В.

- коефіцієнт модуля (КМ) 10,6% (висока температура);
 - коефіцієнт модуля 21,5%;
 - коефіцієнт модуля 32,4%;
 - коефіцієнт модуля 43,4%;
 - коефіцієнт модуля 54,2%;
 - коефіцієнт модуля 65,2%;
 - коефіцієнт модуля 76,0%;
 - коефіцієнт модуля 87,0% (низька температура);
 - коефіцієнт модуля 0% (нульова ділянка, найменша амплітуда);
- 0; – температура по датчику;
- 1; – температура по датчику;
- 2; – температура по датчику;
- 3; – температура по датчику;
- 4; – температура "коректора";

4; – зворотне сканування; – клин ідентифікації каналу (1-5 канал AVHRR).

Після отримання даних з кадрів можна відобразити повні фрагменти зображень. Це можна зробити, складаючи пікселі разом у відповіднім порядку. Залежно від розміру та формату зображень можуть застосовуватися різні методи відображення, включаючи використання графічних бібліотек або спеціалізованих програмних інструментів.

АРТ	аналогова напруга	Цифрове значення
1	0,757 В КМ-10,6%	31
2	1,538 В КМ-21,5%	63
3	2,319 В КМ-32,4%	95
4	3,101 В КМ-43,4%	127
5	3,881 В КМ-54,2%	159
6	4,663 В КМ-65,2%	191
7	5,444 В КМ-76,0%	223
8	6,225 В КМ-87,0%	255
9	Нульова модуляція	0
10	Теплові температури PRT#1	
11	Теплові температури PRT#2	
12	Теплові температури PRT#3	
13	Теплові температури PRT#4	
14	Температура коректора	
15	Сканування назад	
16	Ідентифікація каналу	

Рисунок 2.16 – Цикли телеметрії має (16 клинів) у форматі ART (КМ – коефіцієнт модуляції, PRT – датчики температури)

Таким чином, у першій половині телеметричного циклу (8 клинів) зображення складається з восьми рівнів яскравості, що відповідають конкретним температурам. Чим світліша область, тим холодніше (наприклад, хмари, сніг, лід). Клини 1-8 отримані з частотною модуляцією 2400 Гц із заданим коефіцієнтом модуляції. Модульований клин (рис.2.16) є

зображенням «цифрового центру». Наземна станція отримує аналоговий сигнал, який представляє це «цифрове значення» як коефіцієнт модуляції (КМ) в аналоговій області, представлений рівнем напруги кожного клина. Наземна станція, яка використовує чорно-білий режим, передає ці клини як фотографіметричну шкалу від темного до майже білого (перегляд КМ 10,6% і 87,0%). На графіку (рис.2.16) показано співвідношення між рівнями сірого та первинними даними AVHRR для 8 діапазонів. Ця лінійна залежність використовується для створення стандартного виходу АРТ, з яким можна порівняти телеметрію, що використовується в інших клінах.

Клин 9 – це клин з нульовою модуляцією, без концепції модуляції сигналу, з основним сигналом на лівій стороні. У системах чорно-білого відображення цей клин чорний колір, повітря дорівнює 0, а продуктивний 8-біт дорівнює 0.

10 -13 кліни означає температуру 1-4. Супутник має радіатор опалення близько 20°C і служить еталонним значенням для вимірювання теплового випромінювання чорного тіла. Чотири платинові термометри встановлені на радіаторі, і їх вихід використовується для модуляції клинів 10-13. Температура радіатора може дещо змінюватися через різницю температур супутника, тому найкращу оцінку абсолютної температури поверхні.

Клин 15 – представляє зворотне сканування, яке виконується за допомогою телеметрії, коли приймач AVHRR розміщено від випромінювача абсолютно чорного тіла. Це значення змінюється для кожного теплового каналу (канали AVHRR 3, 4, 5) з відносно невеликими коливаннями абсолютної температури тіла.

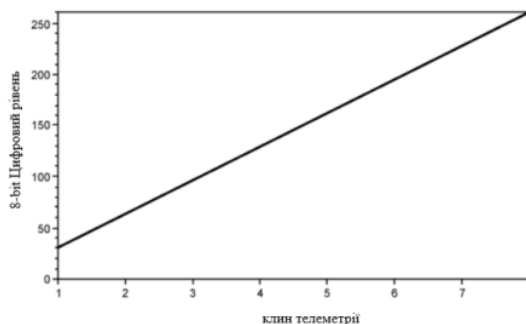


Рисунок 2.17 – Аналогово-цифрова клинова телеметрія

Клин 16 – це справжній каналний клин, який містить інформацію, яка дозволяє визначити, який із 5 каналів радіометра AVHRR використовується для збору даних. Загальну інформацію про формат можна знайти в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Узагальнені дані формату АРТ

Свойство	Значення параметра
Кадри (один формат)	1 кадр за 64 секунди 128 рис. 2.16
рядок (розгортка) частота рядка кількість слів у рядку кількість каналів кількість форматних слів у каналі	2 рядки за секунду 2080 2 909 рис.2.15
Слово (піксель – для аналогової частини) ЦАП-АЦП Точність частоти Швидкість передачі даних Роздільна здатність Лінійна синхронізація	4160 слів на секунду 8 основних поділок з точністю 10 AVHRR 120 рядків на хвилину 4 км 7 імпульсів на 1040 Гц 2 частоти для каналу А, 7 імпульсів на 832 Гц 1,67 частоти каналу В

На (рис.2.18) видно, що вигляд одного і того ж сигналу, отриманого комп'ютером звукової карти, може змінюватися в залежності від масштабу дисплея.

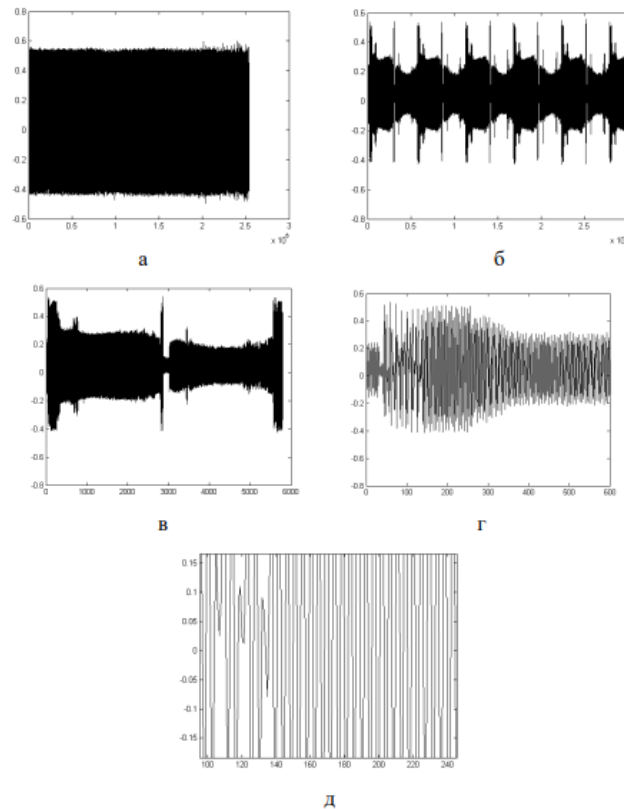


Рисунок 2.18 – Масштаби відображення супутникового сигналу, що надходить до ЕОМ

- а) повний прийнятий звуковий файл, який містить близько 2,5 мільйона відліків. б) п'ять повних сканів в звуковому файлі. в) один повний скан в звуковому файлі. г) фрагмент звукового файла, який включає синхронізуючий сигнал, космічні дані і початок зображення. д) великомасштабне відображення фрагмента звукового файла.

На Землі для прийому інформації використовується простий радіоприймач з частотним детектором і випромінювальною антеною. Це можна побачити на (рис.2.19, 2.20. та 2.21.) Цей ресивер дозволяє приймати сигнали супутників і перетворювати їх в корисну інформацію для подальшого аналізу та використання.



Рисунок 2.19 – Зовнішній вигляд супутникового ресивера в форматі ART



Рисунок 2.20 –Зберігання наземного обладнання для прийому супутникових сигналів у форматі ART

Загальний алгоритм створення зображення формату ART із супутникового сигналу можна подати так (рис.2.22).

Представлений алгоритм потребує уточнення та деталізації на кожному етапі. Перший етап – прийом сигналу, який включає радіоприйом супутникового сигналу, частотну демодуляцію і перетворення отриманого сигналу в цифрову форму. Ці операції виконуються на радіоприймачах і звукових картах комп'ютера. Амплітуда для диктування, попередній напівперіодичний режим звітування, звіт про прості переваги підрахунку сигналів. Метод Фур'є-фільтрації низьких частот використовується для

завершення огинаючої сигналу. Потім виявлення та видалення сигналу синхронізації, потім формування зображення.



Рисунок 2.21 – Зовнішній вигляд антени для прийому супутникового сигналу формату АРТ (ліворуч – квадрофіляр, праворуч – вібратор)

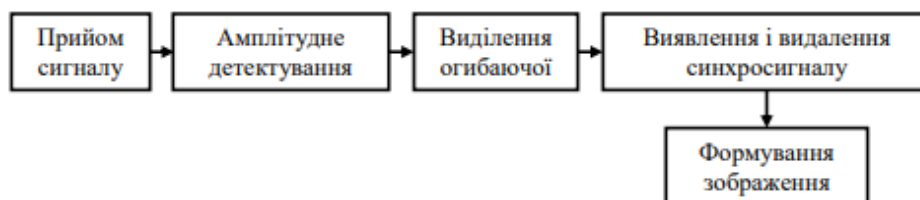


Рисунок 2.22 – Узагальнений алгоритм візуалізації

Існує кілька методів виявлення сигналів синхронізації в отриманому сигналі, таких як метод фільтра Фур'є, метод кореляції, метод вейвлет-аналізу та використання штучних нейронних мереж. Окремий сигнал синхронізації виконується шляхом створення списку індексів у масиві отриманого сигналу, виявлення першого стабільного сигналу синхронізації (sync) і виявлення паразитних імпульсів синхронізації. Візуалізація передбачає з'єднання першого елемента кожного рядка сканованого зображення з відповідним синхронізуючим імпульсом, формування вмісту сканів уздовж ліній

сформованого зображення та заміну пошкоджених сканів вмістом попередніх непошкоджених сканів. Останній алгоритм створення з урахуванням вище заданого (рис.2.23) спектри, детектування, синхронізації, виконання кореляційним методом.

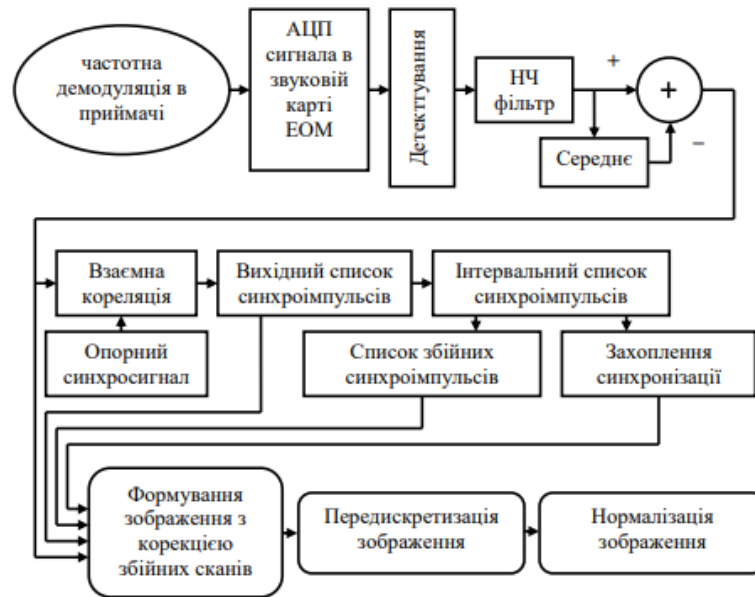


Рис.2.23 – Алгоритм формування зображення з супутникових даних ART формату

3 ІНФОРМАЦІЯ ОДЕРЖУВАНА НАЗЕМНОЮ СТАНЦІЄЮ З СУПУТНИКА

3.1 Структура одержуваних з супутника сигналів формату АРТ

Формат АРТ (Automated Picture Transmission) є одним з методів передачі зображень з метеорологічних супутників на Землю. Сигнали формату АРТ містять інформацію про зображення в рядковому форматі, який кодується за допомогою аналогових сигналів на радіочастотах.

Структура сигналів формату АРТ може відрізнятися в залежності від конкретного метеорологічного супутника, який передає інформацію. Однак, загальна структура може бути наступною:

- 1) Початок зображення: Перший сигнал, який передається, є синхронізаційним сигналом і позначає початок зображення.
- 2) Інформація про зображення: Далі передається інформація про зображення, така як ширина та висота зображення, кількість кольорів та інші параметри.
- 3) Дані зображення: Останнім етапом є передача даних зображення в рядковому форматі. Дані передаються рядок за рядком, зверху вниз, зліва направо. Кожен рядок може містити від 256 до 2048 пікселів.
- 4) Кінець зображення: Після передачі даних зображення, передається сигнал, який позначає кінець зображення.

Щоб отримати повністю зображення з сигналів формату АРТ, необхідно проаналізувати кожен рядок та зібрати його у відповідному порядку, щоб отримати цілісне зображення.

На Землі інформація приймається за допомогою радіоприймача з частотним детектором, функціональна і принципова схеми якого приведені, відповідно, на рис.2.22 і на рис.2.23.

Для повного отримання зображення з сигналів формату АРТ необхідно виконати ряд обробних кроків, таких як синхронізація, демодуляція,

декодування та реконструкція. Кожен з цих кроків вимагає детального аналізу сигналу та застосування відповідних алгоритмів обробки сигналів.

Антений сигнал спочатку посилюється малошумлячим антенним підсилювачем A_0 , а потім надходить на вхід приймача. У приймачі використовується супергетеродинна схема з подвійним перетворенням частоти. Це забезпечує кращу компресію дзеркального каналу. Перша

частота передачі (IF) встановлена на 10,7 МГц. Перший гетеродин складається з генератора G_1 , який має синтезатор частоти з кварцовою стабілізацією на 10 МГц. Цей генератор виробляє коливання в діапазоні частот від 126,3 МГц до 127,3 МГц.

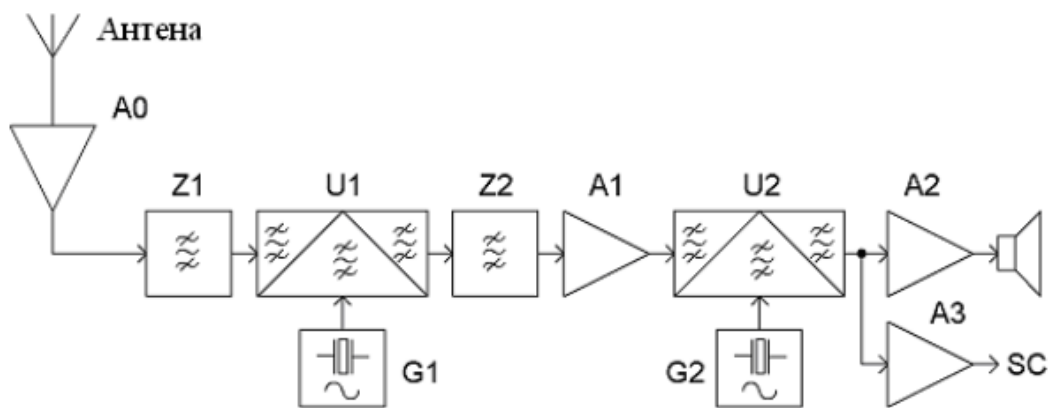


Рисунок 3.24 – Функціональна схема приймача супутникових даних

Генератор G_1 створює коливання в діапазоні 126,3 - 127,3 МГц, які подаються на змішувач U_1 . У тій же області через вхідний фільтр Z_1 від світла потрапляє в місця частоти 137,0 - 138,0 МГц. Змішувач U_1 перетворює ці сигнали на проміжні частоти близько 10,7 МГц. Ширина темного пропускання першої проміжної частоти визначається фільтром Z_2 і підсилювачем A_1 . Фільтр Z_2 , який є керамічним фільтром, має вузьку смугу 40 кГц і розташований між першим змішувачем U_1 і другим змішувачем U_2 .

Другий G2 використовує кристалічний резонатор з частотою 10,245 МГц, що відповідає другій проміжній частоті 455 кГц. змішувача U2, посилюється.

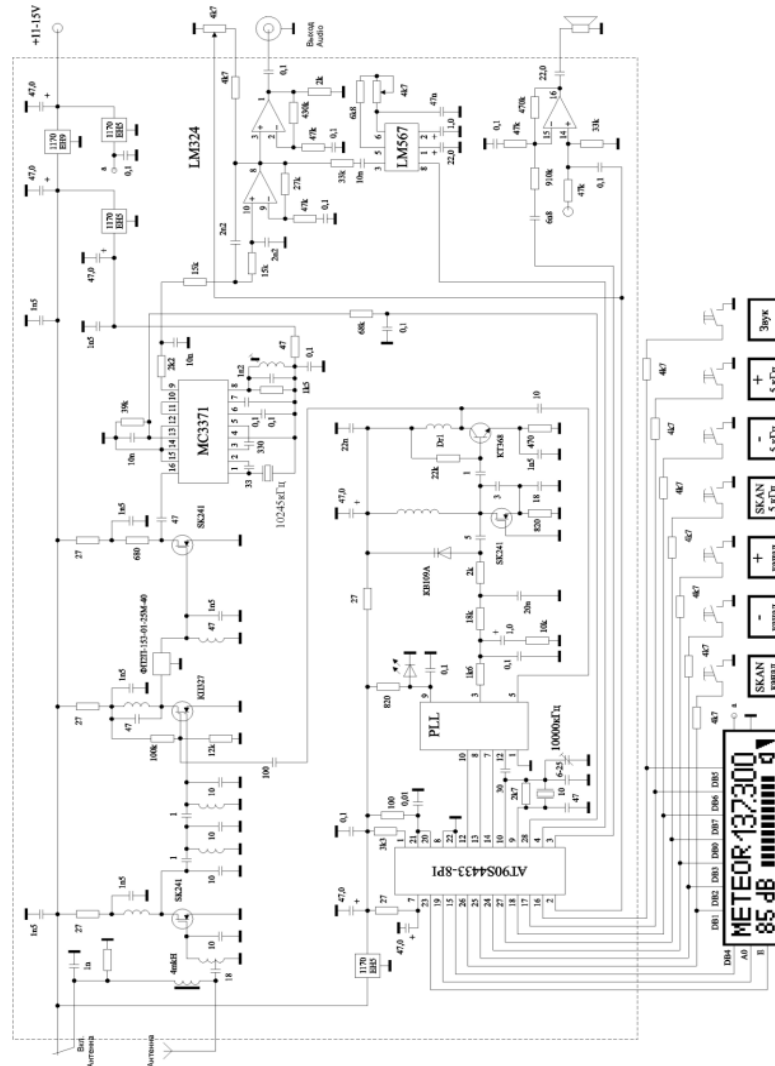


Рисунок 3.25 – Принципова схема приймача супутникових даних

Крім того, сигнал проходить через підсилювач А3 і далі надходить на вхід звукової карти комп'ютера СК для подальшої обробки. На виході приймача, після частотного детектування і під час вступу на звукову карту, цим сигналом є модульований по амплітуді У тексті описуються характеристики звукового сигналу з частотою 2400 Гц. Комп'ютер зберігає сигнал у форматі *.wav з частотою дискретизації 11025 Гц, що задовольняє вимоги теореми Котельникова, при цьому частота дискретизації не може бути

нижчою подвоєної максимальної частоти сигналу. Максимальна спектральна частота цього сигналу становить 4160 Гц, для зберігання кожної вибірки сигналу, включаючи службову інформацію та значення амплітуди, використовується 16 біт (2 байти), що забезпечує динамічний діапазон 96 дБ амплітуди сигналу. Весь сигнал, може отримати максимум (10-12) зображень у форматі *.wav. Залежно від, на (рис.3.25) зображена схема того приймача, що надходить на звукову карту комп'ютера.

3.2 Будова системи прийому даних з супутника

Система прийому даних з метеорологічного супутника складається з наступних компонентів:

- 1) Антена: Для отримання сигналів з супутника використовується антена, яка може мати різні розміри в залежності від частоти сигналу та вимог до точності прийому.
- 2) Радіоприймач: Прийняті сигнали з антени надходять до радіоприймача, який підключений до комп'ютера або спеціальної електронної системи для декодування та обробки інформації.
- 3) Демодулятор: Для отримання сигналів використовуються різні методи модуляції, тому для декодування сигналу потрібен демодулятор, який може розпізнати та відновити сигнали з даними.
- 4) Комп'ютер або спеціальна електронна система: При допомозі комп'ютера або електронної системи, яка здатна декодувати та обробляти дані з радіоприймача, інформація передається на монітор для відображення зображення з супутника.
- 5) ПЗ для декодування та обробки даних: Для декодування та обробки даних використовуються різні програмні засоби, які дозволяють декодувати сигнали, обробляти зображення та зберігати інформацію.

- б) Наземна станція зв'язку: Інформація, отримана з супутника, може передаватися на наземну станцію зв'язку для подальшого розповсюдження та використання.

Ці компоненти працюють разом для прийому, декодування та обробки даних з метеорологічного супутника, щоб отримати зображення та інші параметри стану атмосфери на певній території.

Незважаючи на значне поширення цифрових методів передач, досить широко поширені й аналогові методи. При цьому в багатьох випадках перехід на "цифру" не виробляється з принципових міркувань. У зв'язку з цим аналогові методи не втрачають своєї актуальності і на сьогоднішній момент, а тому їх розгляд включено до цієї книги.

При розгляді аналогових і цифрових методів передачі використовується єдиний підхід, мета якого полягає у визначенні основних особливостей багатоканальних телеметричних радіоліній (систем) та показників їх якості.

Основні характеристики телеметричних систем – точність, достовірність та швидкість передачі даних, багато в чому визначаються якістю каналів зв'язку, які залежать від рівня шумів і смуги частот, що займаються. Для порівняння телеметричних радіоліній з різними швидкостями передачі бажано використовувати питомі показники витрати енергії та смуги частот, які залежать від абсолютних значень швидкостей передачі.

Найбільш зручною характеристикою питомої витрати енергії в телеметричній радіолінії є середня енергія E_t сигналу на вході приймача, що витрачається на передачу одиничного обсягу інформації і забезпечує необхідну вірність у заданій перешкодовій обстановці.

При передачі аналогових телеметричних повідомлень як одиничного обсягу інформації розглядають обсяг, що переноситься однією вибіркою.

Швидкість передачі в таких радіолініях визначається кількістю вибірок, переданих в одиницю часу:

$$R_U = \frac{1}{T_K} \quad (3.1)$$

де: $T_K = \frac{T_U}{N}$ – тривалість каналного інтервалу; T_0 – період опитування окремого каналу ІТС; N – загальна кількість каналів.

Коли енергетичну ефективність аналогової радіолінії оцінюють за показником:

$$\beta_u^2 = \frac{E_U}{N_0} = P_C \frac{T_K}{N_0} \quad (3.2)$$

питомої витрати енергії E_U , що витрачається на передачу одного виміру (однієї вибірки) при фіксованих значеннях показників вірності P_A , де:

N_0 – одностороння спектральна щільність потужності шуму на вході приймача;

P_R – середня потужність сигналу на вході приймача;

γ_1 – середньоквадратична похибка вимірювання, наведена до ефективного значення сигналу;

P_A – ймовірність появи аномальної помилки.

Визначимо фізичний зміст показника β_u . З цією метою перетворимо співвідношення $\beta_u^2 = \frac{P_C}{N_0} \frac{P_C}{N_0} N$ в виду:

$$\beta_u^2 = \frac{P_C}{N} 2F_M \frac{P_C}{N} \frac{2T_0}{N_0} F_\varepsilon \quad (3.3)$$

у якому враховано граничне значення для $T_0 = 1/2F_M$ (відповідно до теореми Котельникова); $F_\varepsilon = NF_M$ – сумарна смуга частот, займана N каналами.

Таким чином, при смузі радіоканалу $F = 2F_M$ показник $\beta_u^2 = \frac{P_C}{N_0} \frac{P_C}{N} F_\varepsilon$ є відношенням сигнал-шум на вході приймача, які мають загальноприйняте умовне позначення $(P_C/P_N) = h^2$, тобто $\beta_u^2 = h^2$.

Ефективність використання смуги частот у радіоканалі оцінюють показником питомої витрати смуги частот:

$$a_{ju} = \frac{f}{r_u} = fT2_k \quad (3.4)$$

витрачається на передачу одного результату вимірювання (однієї вибірки) при фіксованих значеннях показників вірності Υ і P_a .

У деяких випадках, наприклад, при порівнюванні систем з двоступеневою модуляцією, цікавий показник витрати смуги частоти у вигляді відношення має вигляд:

$$\eta = \Delta f / \Delta f_\varepsilon \quad (3.5)$$

Радіолінія АІМ-ЧМ є дискретно-аналоговою і використовується для передачі як мінливих, так і мінуючих параметрів.

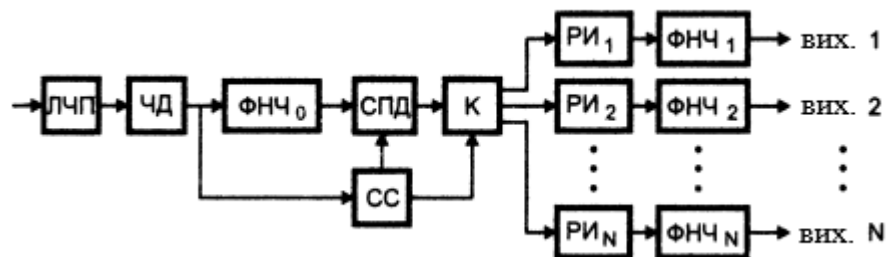


Рисунок 3.26 – Структурна схема приймальної частини

У цій схемі:

- ЛЧП - лінійна частина приймача;
- ЧД – частотний детектор;
- СПД – селективний піковий детектор;
- РІ – розширювачі імпульсів;

- СС – схема синхронізації;
- К – комутатор.

Селективний піковий детектор (СПД) за частотними властивостями еквівалентен ідеальному ФНЧ із частотою зрізу $F = 1/2T$.

Включення фільтра нижніх частот (ФНЧО) сприяє підвищенню відношення сигнал-шум на виході приймача та перетворенню (спільно з частотним детектором) сигналу АІМ-ЧМ сигнал АІМ-АМ.

Для аналізу перешкодостійкості системи будемо вважати, що вхідний вплив представлений гармонічним сигналом з амплітудою AU п, а перешкода в радіолінії має вигляд білого шуму зі спектральною щільністю N_G на вході приймача.

За аналогією з радіолінією ЧС-ЧМ амплітудний спектр шумів на вихід частотного детектора має вигляд:

$$\sigma_{ш.вих}(F) = \sqrt{N_{0вих}(F)} = K_d \sqrt{\frac{N_0}{P_c}} F \quad (3.6)$$

лінійно залежить від частоти F в смузі пропускання ФНЧО. Тут P_c – потужність сигналу на вході приймача; K_d - коефіцієнт передачі (крутість) частотного детектора. Якщо частота зрізу ФНЧО обмежена верхньою частотою групового відеосигналу, тобто $F_{cp} = FB$, то ефективна напруга шумів на виході ФНЧО дорівнює:

$$U_{ш.вих} = \left[K_d^2 \int_0^{F_{cp}} \frac{N_0}{P_c} F^2 2F \right]^{1/2} = K_d \sqrt{\frac{N_0}{P_c} \frac{F_{cp}^3}{3}} \quad (3.7)$$

З іншого боку, ефективна напруга сигналу на виході того ж фільтра при 100% модуляції дорівнює:

$$(U_{с.вих})_{эф} = K_d \Delta f_m / \sqrt{2}, \quad (3.8)$$

де Δf_m – девіація частоти передавача.

Тоді середньоквадратичне значення шумової похибки дорівнює:

$$\gamma_{\text{AIM-ЧМ}} = \frac{\sqrt{2}}{\Delta f_m} \sqrt{\frac{N_0 F_s^3}{P_c \cdot 3}} = \frac{F_s}{\Delta f_m} \sqrt{\frac{2N_0 F_s}{P_c \cdot 3}} = \frac{1}{\sqrt{3}m_f} \gamma_{\text{AIM-АМ}}, \quad (3.9)$$

Розглянемо докладніше внесок окремого каналу для цього виду сигналу (АІМ-ЧМ) на виході ФНЧО (рис.3.27)

$$P_c = (U_{\text{с вих}})_{\text{эф}}^2 = (\Delta U_m)^2 / 2 = (mU_0)^2 / 2 \quad (3.10)$$

при $m = 1$ має сенс потужності змодульованих імпульсів несучої частоти (на вході приймача); m – глибина АІМ; U_0 – амплітуда змодульованих імпульсів.

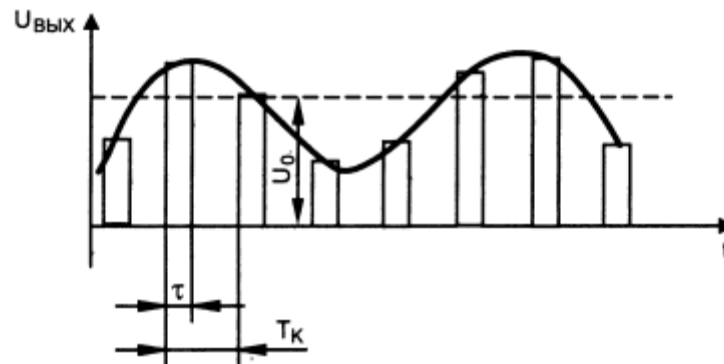


Рисунок 3.27 – Сигнал з амплітудно-імпульсною модуляцією (АІМ)

Якщо $\alpha_k = T_K / \tau$ – шпаруватість амплітудно-модульованих (інформаційних) імпульсів, то середня потужність сигналу P_c , що витрачається на передачу повідомлення по одному каналу, буде дорівнює:

$$\bar{P}_c = P_c / \alpha_k, \quad (3.11)$$

верхня частота групового відеосигналу:

$$F_a = 1/2\tau = \alpha_x/2T_x = \alpha_x N/2T_\sigma \quad (3.12)$$

За умови, що період опитування $T_0 = 1/2Z_0F_m$, де Z_0 – показник перевищення реального значення частоти опитування F_0 над мінімальним (за котельником), частота $F = a \cdot Z_0 N F_m = a Z_0 F_m$, де $A F_r = N F_m$ – сумарна смуга частот, зайнята N каналами.

$$\gamma_{\text{АИМ-АМ}} = \sqrt{\frac{2N_0 F_B}{P_c}} = \sqrt{Z_0} \sqrt{\frac{2N_0 \alpha_k \Delta F_\Sigma}{\alpha_k \bar{P}_c}} = \sqrt{Z_0} \sqrt{\frac{2N_0 \Delta F_\Sigma}{\bar{P}_c}} \quad (3.13)$$

Якщо прийняти $\alpha_k = Z_0 = 2$, $\gamma_e = 0,01$, то при $m_f = 5$ відношення сигнал-шум становитиме $h = 16,2$. Оцінимо витрату смуги частот, що відводиться передачі сигналів АИМ-ЧМ. Як було раніше показано, у розділі 2.3 ширина спектра ЧС коливань на несучій частоті дорівнює:

$$\Delta f = 2\beta \Delta f_m = 2\beta m_f F_a = 2\beta m_f \alpha_x Z_0 \Delta f_\Sigma \quad (3.14)$$

Радіолінія ВІМ-АМ набула широкого поширення серед аналогових ІТС з ВРК. Вона має високу енергетичну ефективність, ефективності цифрових радіоліній, що не поступається. При використанні багатоступінчастої комутації каналів ІТС з модуляцією ВІМ-АМ набуває високої інформаційної гнучкості щодо зміни частоти опитування та числа каналів. Для системи ВІМ-АМ характерні також висока точність та простота технічної реалізації.

Радіолінія ВІМ-АМ належить до широкосмугових систем. Її груп повний відеосигнал містить опорні імпульси СХ і вимірювальні імпульси (рис.3.28).

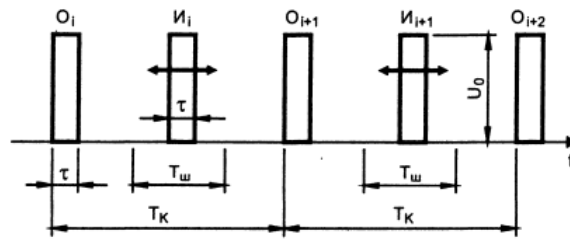


Рисунок 3.28 – Сигнал із час-імпульсною модуляцією

Тривалість опорних і вимірювальних імпульсів зазвичай приймається рівною і становить кілька мікросекунд. Опорні імпульси позначають межі каналних інтервалів T_K , тобто каналними синхро сигналами (синхроімпульсами), що мають частоту повторення $FK = 1/T_K$.

Після опорних імпульсів СУ в шкалі T розміщуються вимірювальні імпульси причому відстань між ними пропорційно величині корисного сигналу, що передається в i -му каналі.

4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ВИДІЛЕННЯ СИГНАЛІВ З СУПУТНИКОВОГО АУДИОПОТОКУ

4.1 Способи виділення сигналів синхронізації розгортки зображення

Кореляційна функція.

Сенс кореляційного аналізу полягає у визначенні кількісної міри схожості різних сигналів. Для цього застосовують кореляційні функції.

Кореляційна функція (КФ) визначає міру подібності між сигналом $S(t)$ та його копією, що має довільну затримку на час t_1 .

Чим більша величина (площа) перекриття сигналу $S(t)$ з його копією, тим більша величина $B_S(t_1)$.

$$B_S(t_1) = \int_{-\infty}^{\infty} S(t) S(t-t_1) dt \quad (4.1)$$

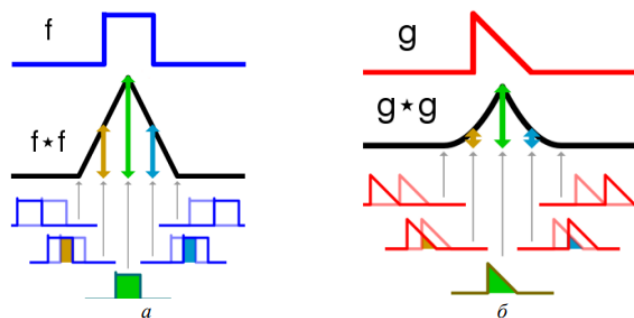


Рисунок 4.29 – Ілюстрація отримання КФ (а – для прямокутного імпульсу, б – для трикутного імпульсу)

Типи кореляційної функції:

1) При $t_1=0$ значення КФ дорівнює енергії сигналу:

$$B_S(0) = \int_{-\infty}^{\infty} S(t) S(t) dt = E \quad (4.2)$$

2) Розмірність такої функції буде В якщо $S(t)$ має

$$B_S(0) = \int_{-\infty}^{\infty} S^2(t) dt = E \quad (4.3)$$

3) Значення КФ при $t_1=0$ є максимально можливим.

4) Зі збільшенням аргументу $|t_1|$ значення КФ зменшується:

$$B_S T_1(t) = 0 \quad (4.4)$$

5) Якщо $S(t)$ не має розривів, то $B_S(t_1)$ є безперервною. Приклад: КФ прямокутного імпульсу:

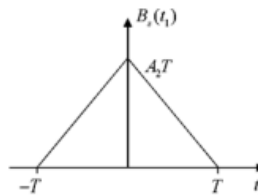


Рисунок 4.30 – Прямокутник імпульсів

Для періодичного сигналу, коли його енергія не обмежена, потрібно розглянути значення КФ при зрушенні копії сигналу лише в межах одного періоду T вихідного сигналу:

$$B_S(t_1) = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} S(t) S(t - t_1) dt. \quad (4.5)$$

Тому властивості КФ дещо змінюються, а саме, значення $B_S(0)$ визначає середню потужність сигналу:

$$B_S(0) = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} S^2(t) dt = P_{cp} [B^2]. \quad (4.6)$$

Перетворення Фур'є є одним з найважливіших ортогональних перетворень, що використовуються у цифровій обробці сигналів. Справді, цілком фізично зрозумілий сенс переходу від тимчасового опису вихідного сигналу для його частотного опису. Крім того, двовимірне перетворення Фур'є описує не що інше, як дифракцію електромагнітних та пружних хвиль у дальній зоні (дифракцію Фраунгофера) – тобто. на великому (порівняно з розмірами джерела та довжиною хвилі) відстані від джерела. Періодичні сигнали можуть бути описані у вигляді суми (або суперпозиції) гармонійних складових або гармонік, кожна з яких має певну частоту, амплітуду та початкову фазу. Конкретний набір таких складових визначатиметься видом сигналу $S(t)$. Для того, щоб таке уявлення можна було б здійснити, фрагмент сигналу на періоді T повинен задовольняти умови Диріхле:

- 1) не повинно бути розривів II роду;
- 2) число розривів 1-го роду (або стрибків) має бути кінцевим;
- 3) число екстремумів має бути кінцевим.

За дотримання цих вимог ряду Фур'є:

$$S(t) = \frac{A_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos(k\omega_1 t) + b_k \sin(k\omega_1 t), \quad (4.7)$$

де $\omega_1 = 2\pi/T$ – кругова частота чи період повторення сигналу.

Таке розкладання можна записати в тригонометричній формі:

$$S(t) = \frac{A_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} A_k \cos(k\omega_1 t + \varphi_k) \quad (4.8)$$

де $A_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2}$ – амплітуда k -ї гармоніки, $\varphi_k = \arctg(b_k/a_k)$ початкова фаза.

У цьому якщо $S(t)$ – парна, то $\varphi_k \in [0; \pi]$ і якщо $S(t)$ – непарна, то $\varphi_k \in [\pm\pi/2]$.

- 1) має виконуватися умова Діріхле,
- 2) може бути абсолютно інтегрованим, тобто. $\int_{-\infty}^{\infty} |f(t)| dt < \infty$

Пряме перетворення Фур'є має вигляд:

$$\begin{aligned}
 S(\omega) &= \int_{-\infty}^{\infty} S(t) e^{-j\omega t} dt = \\
 &= \int_{-\infty}^{\infty} S(t) e^{-j2\pi f t} dt = \int_{-\infty}^{\infty} S(t) \cos(2\pi f t) dt - j \int_{-\infty}^{\infty} S(t) \sin(2\pi f t) dt.
 \end{aligned}
 \tag{4.9}$$

де $S(\omega)$ – спектральна функція чи спектральна щільність сигналу.

Іноді в завданнях обробки сигналів її називають фур'є-образом або фур'є-спектром сигналу. У цьому виразі для його перетворення використана формула Ейлера для запису комплексного числа тригонометричній формі: $e^{jx} = \cos x + j \sin x$.

4.2 Опис розробленого програмного модуля для виділення синхросигналів

Розроблений програмний модуль для виділення синхросигналів призначений для автоматичного виявлення та виділення синхронізуючих сигналів в електронних даних. Модуль може бути застосований в різних областях, де важливо встановити точний момент синхронізації між даними.

Опис роботи модуля:

1. Вхідні дані: Модуль отримує електронні дані, які містять сигнали, серед яких є синхросигнали.

2. Обробка сигналів: Модуль виконує обробку вхідних сигналів з метою виділення синхросигналів. Для цього можуть використовуватися різні алгоритми та методи обробки сигналів, такі як фільтрація, кореляція, виявлення піків тощо.

3. Виділення синхросигналів: На основі обробки сигналів модуль виділяє синхросигнали із загального потоку даних. Це може включати визначення точних моментів початку і закінчення синхросигналів або виділення їх форми та амплітуди.

4. Вивід результатів: Результатом роботи модуля є виділені синхросигнали, які можуть бути подані у зручному для подальшого аналізу форматі. Це може бути графічне відображення синхросигналів, їх числове представлення або збереження у відповідному форматі файлу.

```
[s, fs]=audioread('G:\signal.wav');figure;
plot(s(1+1e5:30000+1e5), '-k');
```

Перелічені тут атрибути включають масив під назвою "s" і роздільну здатність частоти під назвою "fs" (у цьому випадку 11025 Гц). Результат цієї обробки показано в (рис.4.31) . Цей процес включає демодуляцію частоти в приймачі та аналого-цифрове перетворення в аудіопроцесорі ЕОМ. У центрах використовується періодичне детектування сигналу. Математично цей процес можна описати як функцію, яка знаходить модуль чисел, які складають сигнальний масив.

```
detsig=abs(s);figure;
```

На (рис.4.31) результат детектування:

```
plot(s(1+1e5:30000+1e5), '-k');
```

Сигнал виявлено, але має однополярні імпульси, що є високим для високочастотних сигналів. При обробці радіосигналу необхідно застосувати фільтр низьких частот або процес для вибору оригінального отриманого сигналу. Для цього використовується фільтр нижніх частот, частота зрізу якого така ж, як і частота наступних імпульсів каналу синхронізації А, тобто

1040 Гц. Використовується фільтр Баттерворта, оскільки система обчислювальної математики (СМА) може використовувати чотири фільтри. Зазначений фільтр створюється та застосовується до фільтру сигналу.

```
[B, A]=butter(9,0.18866214);
y=filter(B, A, detsig);
```

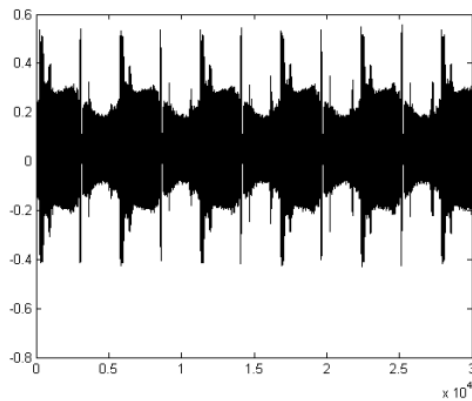


Рисунок 4.31 – Масив передбачен програмою для якісного аудіофайлу

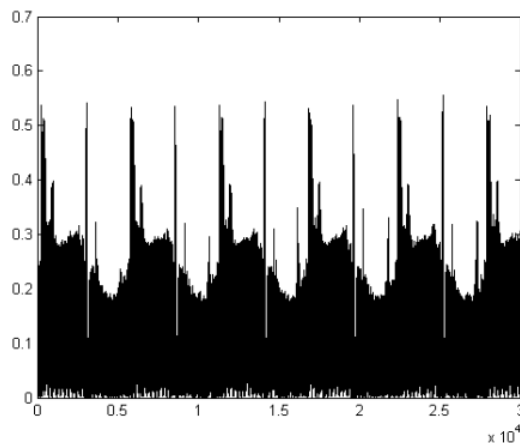


Рисунок 4.32 – Результат розпізнавання сигналу

При складанні фільтра, частка і знаменник передають функції гарантійної програми і фільтра в її дробове число. У цьому випадку фільтр має порядок 9, а значення 0,18866214 відповідає частоті зрізу фільтра. Розрахунок цього значення базується на половині частоти дискретизації (f_s), яка становить

11025 Гц. Таким чином, $0,18866214$, помножене на $11025/2$, дорівнює 1040 Гц, що є частотою змодельованих синхронізуючих імпульсів для каналу А. Згідно з алгоритмом, середнє значення має бути модифіковане, або, кажучи радіотехнічним терміном, постійний збережений сигнал має бути видалений:

```
detsig=abs(s);figure;
plot(detsig(1+1e5:30000+1e5), '- k');
[B, A]=butter(9,0.18866214);
y=filter(B, A, detsig);
out=y - mean(y);
відображення результату:
figure; plot(out(1+1e5:30000+1e5), '- k');
```

Результатом вибору вихідного сигналу є графік, зображений на (рис.4.33. 4.34) видно, що ізольований сигнал є низькочастотним процесом без постійного зберігання.

Потім ми створюємо новий сигнал синхронізації в масиві та надсилаємо його в мережу як вектор. Ми створюємо ці два вектори навчальний, розмір якого 106 символів:

```
P=(out(250+1+1e5:355+1+1e5))';
і цільовий
T=(out(250+1+1e5:355+1+1e5))';
figure; plot(T', '- k');
```

Це синхросигнал по місту в масиві.

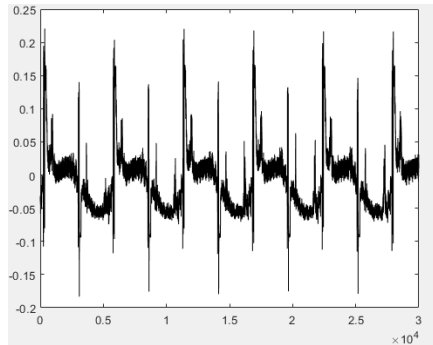


Рисунок 4.33 – Вихід вихідного сигналу

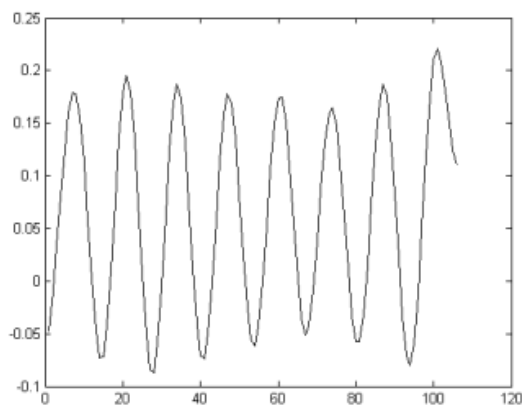


Рисунок 4.34 – Вектором є сигнал синхронізації

Щоб використати надані раніше дані для сигналів синхронізації, ми створюємо модель під назвою `сА`, яка представляє допоміжний сигнал синхронізації. Потім ми представляємо цю модель для подальшого аналізу та використання: (рис. 4.35):

```
t=[0:1/fs :1/160];
сА=(square(1040*t*(2*pi)));figure;
plot(сА);
```

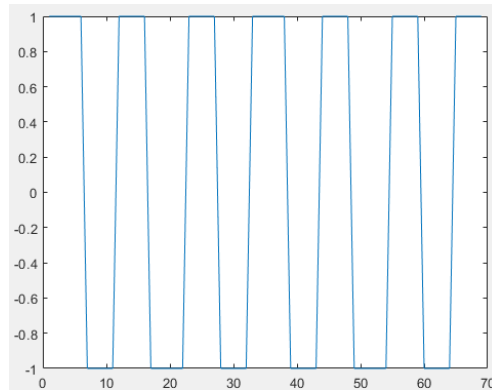


Рисунок 4.35 – Опорний синхросигнал

Розраховуємо кореляційну функцію між масивом сигналів і опорним сигналом синхронізації. На основі цих розрахунків формується масив синхроімпульсів, який показує ступінь відповідності синхросигналу:

```
hA = xcorr(cA.', out(1:length(y)));
syncA=hA(length(cA) : length(hA));
результат на (рис.4.36):
figure; plot(syncA(1+1e5:100000+1e5),' - k');
```

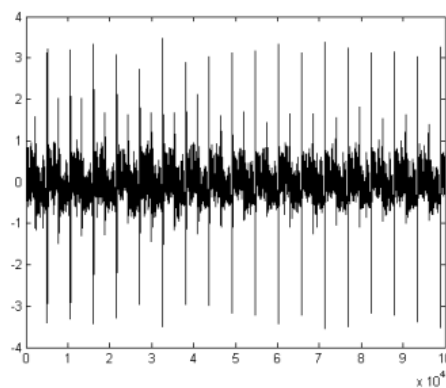


Рисунок 4.36 – Синхронні імпульси, виділені кореляційним методом

За допомогою Фур'є-фільтрації вирішується завдання фільтрації синхронізуючого сигналу в супутникових даних формату АРТ. Для цього створюється смуговий фільтр Баттерворта з центральною частотою 1040 Гц і

шириною смуги пропускання 5,77%. Атрибутиви смуги фільтру становлять 0,183 і 0,194. Застосування цього фільтру дозволяє ефективно відокремлювати синхроімпульси у супутникових даних. Вирішення цієї задачі займає 22 секунди.

```
[BF, AF]=butter(2,[0.183 0.194]);
після чого проведемо фільтрацію сигналу з метою виділення
синхроімпульсів:
outF=filter(BF, AF, out);
результат (рис.4.37):
figure;plot(outF(1+1e5:100000+1e5));
```

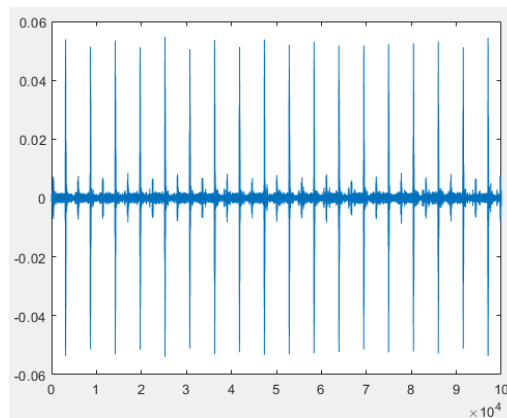


Рисунок 4.37 – Синхронні імпульси, отримані фільтрацією Фур'є

Завдання фільтрації сигналу синхронізації в супутникових даних АРТ успішно вирішується за 1,5 секунди за допомогою вейвлет-обробки. Цей метод дозволяє ефективно обробляти та відображати сигнали синхронізації супутникових даних.

```
[cA1, cD1]=dwt(out, 'db8');figure;
plot(cD1(1+1e5:100000+1e5), '- k');
```

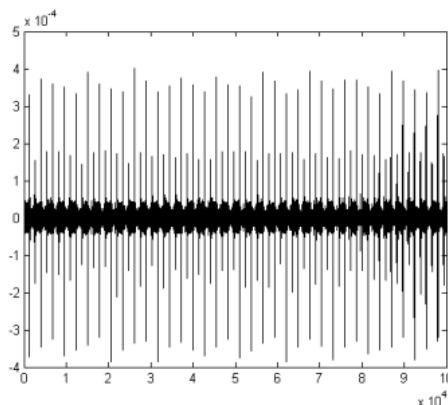


Рисунок 4.38 – Методу вейвлет-обработки виділені синхроімпульси з супутникового сигналу

Цим методом завдання можна вирішити всього за 2 секунди. Тепер ми можемо проаналізувати отримані результати та вивчити їх для подальшого використання чи висновків(див. таблицю. 4.2).

Таблиця 4.2 – Процес виділення цих імпульсів за допомогою різних підходів

Вейвлет обробка	Фур'є фільтрація	Кореляційний метод
2,5 секунди	1,5 секунд	22 секунди

На (рис.4.39), На зображенні, видаляються синхроімпульси різними методами. Це дає змогу порівняти ефективність різних методів та з'ясувати, який з них забезпечує найкращі результати з точки зору якості виділення синхроімпульсів.

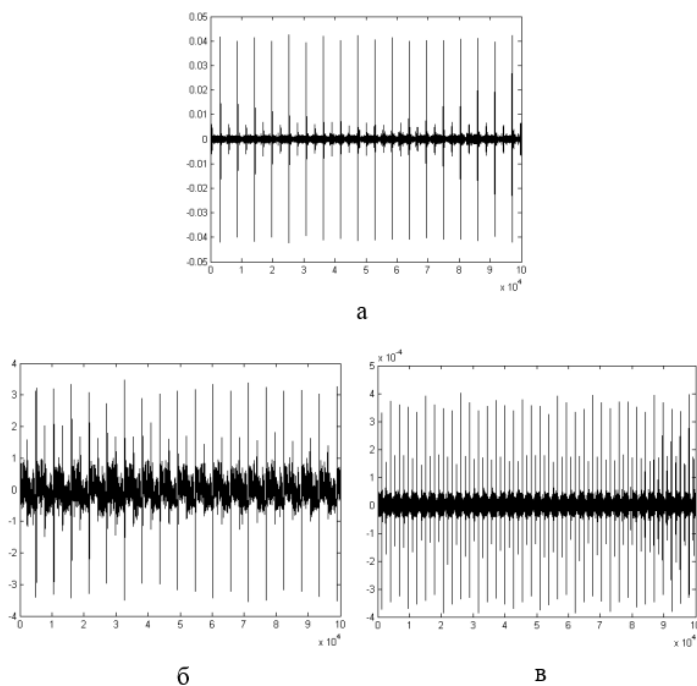


Рисунок 4.39 – Результат виділення синхронних імпульсів:
 а) фільтрації Фур'є, б) кореляційного аналізу, в) вейвлет-аналізу.

Описаний програмний модуль дозволяє автоматизувати процес виділення синхросигналів і спрощує аналіз електронних даних, що містять ці сигнали. Він може бути використаний у різних доменних областях, включаючи зв'язок, медицину, радіотехніку та інші, де синхронізація є важливим аспектом.

ВИСНОВКИ

Розробка програмного модуля для виділення синхросигналів із аудіопотоку є важним кроком у полі цифрової обробки сигналів. Такий модуль може мати широке застосування в різних областях, де необхідно точно визначити момент синхронізації між аудіоданими. Завдання виділення синхросигналів з аудіопотоку може бути складним через наявність шумів, інтерференції та інших спотворень. Однак, розроблений програмний модуль забезпечує ефективну обробку сигналів і точне виділення синхросигналів, що спрощує подальший аналіз аудіоданих.

Використовуючи різноманітні алгоритми та методи обробки сигналів, модуль виконує фільтрацію, кореляцію, виявлення піків та інші операції для виділення синхросигналів. Це дозволяє точно визначити моменти початку та закінчення синхросигналів, а також отримати інформацію про їх форму та амплітуду. Розроблений модуль має значний потенціал застосування в таких галузях, як телекомунікації, аудіозапис, музична обробка, звукове мистецтво та багато інших. Він допомагає автоматизувати процес виділення синхросигналів, що забезпечує ефективність та точність аналізу аудіоданих.

Загальний висновок полягає в тому, що розроблений програмний модуль для виділення синхросигналів із аудіопотоку є потужним інструментом для дослідників, інженерів та інших фахівців, які займаються обробкою аудіоданих.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ГОСТ 19619-74. Устаткування радіотелеметричне. Терміни та визначення.
2. Білицький Ст І., Зверев Р. І., Морозов Ст М. та ін. Телеметрия. -Л.: МО СРСР, 1984. – 465 с.
3. Мановцев А. П. Основи, теорії радіотелеметрії, – М. Енергія, 1973.592 с.
- 4 Тепляков М. І. Радіотелеметрия. М.: Радянське радіо, 1966. – 311 с.
5. Сафаров Р. Т, Буга Н.Н., Зверев Р. І., Шитов І. В. Радіотелеметрия.4.1. За ред. Р. Т. Сафарова. МО СРСР, 1973. – 422 с.
6. Зверев Р. І., Шитов І. В. Основи радіотелеметрії. 4.1. МО СРСР,1978. -195 с.
7. Білицький Ст І., Зверев Ст І., Морозов Ст М. та ін. Телеметрия. МО СРСР, 1984. – 465с.
8. Ольховський Ю. Б., Новосьолов О. Н., Мановцев А. П. Стиснення даних при телевимірювання. За ред. В. В. зернова. Вид-во ,1971 р - 304 с
9. Репозиторій програмного забезпечення – Вікіпедія. (загол. з екрана). URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Репозиторій_програмного_забезпечення. (дата звернення 04.06.2023).
10. ДСТУ 3651.0-97. Основні одиниці фізичних величин. Міжнародна система одиниць. Основні положення, назви та позначення. [Чинний від 1999-01-01]. Кат. нормат. док. К.: Держстандарт України, 2001. Група 01.060; 17,020 (Т 80). (Метрологія. Одиниці фізичних величин).
11. ДСТУ 3651.2-97. Фізичні сталі та характеристичні числа. Основні положення, позначення, назви та значення. [Чинний від 1999-01-01].

Кат. нормат. док. К.: Держстандарт України, 2001. Група 01.060; 17.020 67 (Т 80). (Метрологія. Одиниці фізичних величин).

12. Мільчин А.Е. Видавничий словник-довідник. 3-тє вид., Ідентичне. М: ОЛМА-Прес, 2006. 560 с.
13. ДСТУ 1.5:2015. Правила розроблення, викладання та оформлення національних нормативних документів. [Чинний від 2017-02-01]. Вид. офіц. К.: ДП УкрНДНЦ, 2016. 61 с. (Національна стандартизація)
14. Горелик А.Л. Методи розпізнавання / А.Л. Горелик, В.А. Скрипкин. – М.: , 1984. – 208 с.

ДОДАТОК А
Графічна частина бакалаврської роботи

« Опис розробленого програмного модуля для виділення
синхросигналів зображення »

Лук'янченко Олександр
КН-20

Рисунок А.1 – Титульний лист

1	Введення.....	3
2	Виконання коду.....	4
3	Результати.....	5
4	Висновки.....	15

Рисунок А.2 – План

Аналіз і обробка звукових даних відіграють ключову роль у таких галузях, як телекомунікації, аудіозапис, музика, звукове мистецтво та інші. Одним з викликів у роботі з аудіоданими є виділення синхросигналів. Синхросигнали представляють собою референсні сигнали, які використовуються для синхронізації аудіоданих, визначення точних моментів початку та закінчення подій або для інших цілей, пов'язаних з часовою синхронізацією. У цьому контексті розробка програмного модуля для виділення синхросигналів із аудіопотоку має велике значення. Такий модуль дозволяє автоматизувати процес виділення синхросигналів, забезпечуючи швидке та точне визначення моментів синхронізації. Мета розробки такого програмного модуля полягає у створенні ефективного інструменту для обробки аудіоданих, який забезпечує високу якість виділення синхросигналів навіть у випадку наявності шумів та спотворень.

Модуль базується на різноманітних алгоритмах і методах обробки сигналів, які забезпечують оптимальну точність і швидкість обробки. У даному дослідженні пропонується опис розробленого програмного модуля для виділення синхросигналів із аудіопотоку. Модуль має потенціал застосування в різних галузях, де точність синхронізації є критичним фактором. Детальний аналіз функціональних можливостей та результатів використання модуля допоможе зрозуміти його користь і ефективність у реальних умовах. Таким чином, розробка програмного модуля для виділення синхросигналів із аудіопотоку відкриває перспективи для поліпшення обробки аудіоданих та забезпечення більш точної синхронізації.

3

Рисунок А.3 – Введення

```
[s, fs]=audioread('G:\Мой диск\ОДЕКУ\Диплом\
05230318.wav');
figure;
plot(s(1+1e5:30000+1e5), '-k');
detsig=abs(s);
figure;
plot(s(1+1e5:30000+1e5), '-k');
[B, A]=butter(9,0.18866214);
y=filter(B, A, detsig);
detsig=abs(s);
figure;
plot(detsig(1+1e5:30000+1e5), '- k');
[B, A]=butter(9,0.18866214);
y=filter(B, A, detsig);
out=y - mean(y);
figure; plot(out(1+1e5:30000+1e5), '- k');
P=(out(250+1+1e5:355+1+1e5))';
T=(out(250+1+1e5:355+1+1e5))';
figure; plot(T', '- k');
GOAL=0.000001;
SPREAD=1;
rbset=newrb(P, T, GOAL, SPREAD);
NneuronsRB=rbset.layers{1}.size
Y=sim(rbset, P);
figure;
plot(1: length(T), T', '- k ', 1: length(T),
Y', '*k');
rbset0=newrbe(P, T, SPREAD);
NneuronsRB0=rbset0.layers{1}.size
Y0=sim(rbset0, P);
figure;
plot(1: length(T), T', '- k ', 1: length(T),
Y0', '*k');
PP=(out(1+1e5:100000+1e5))';
figure;
plot(PP, '- k');
Y1=sim(rbset, PP);
figure;
plot(1: length(PP), Y1,'--k');
figure;
plot(1: length(PP), Y1 - PP, '- k');
Y01=sim(rbset0, PP);
figure;
plot(1: length(PP), Y01,'--k');
figure;
plot(1: length(PP), Y01 - PP, '- k');
t=[0:1/fs :1/160];
cA=(square(1040*t*(2*pi)));
figure;
plot(cA);
hA = xcorr(cA.', out(1:length(y)));
syncA=hA(length(cA) : length(hA));
figure;
plot(syncA(1+1e5:100000+1e5),' - k');
[BF, AF]=butter(2,[0.183 0.194]);
outF=filter(BF, AF, out);
figure;
plot(outF(1+1e5:100000+1e5));
[cA1, cD1]=dwt(out, 'db8');
figure;
plot(cD1(1+1e5:100000+1e5), '- k');
```

Рисунок А.4 – Код який виконується в Matlab

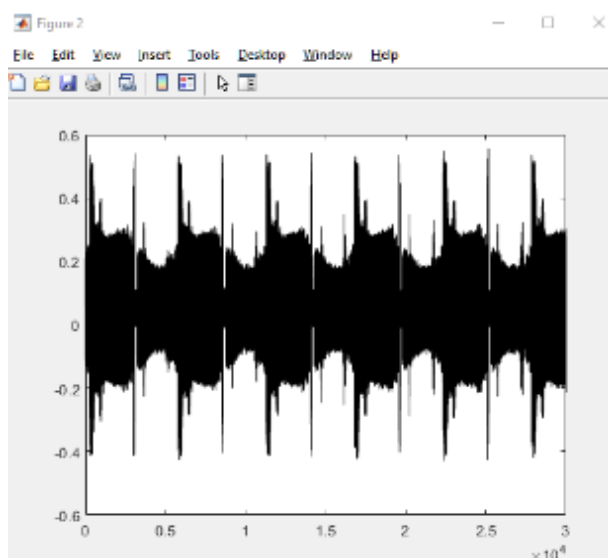


Рисунок А.5 – Частина масиву, отримана за рахунок перетворення звукового файлу

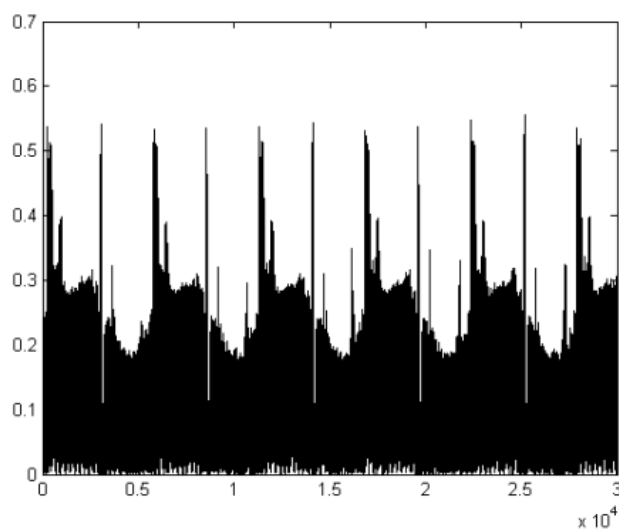


Рисунок А.6 – Результат детектування сигналу і початок зображення

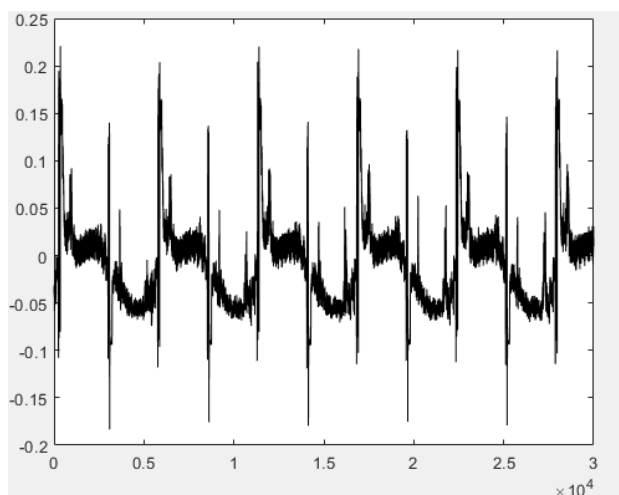


Рисунок А.7 – Результат виділення оригінальної сигналу

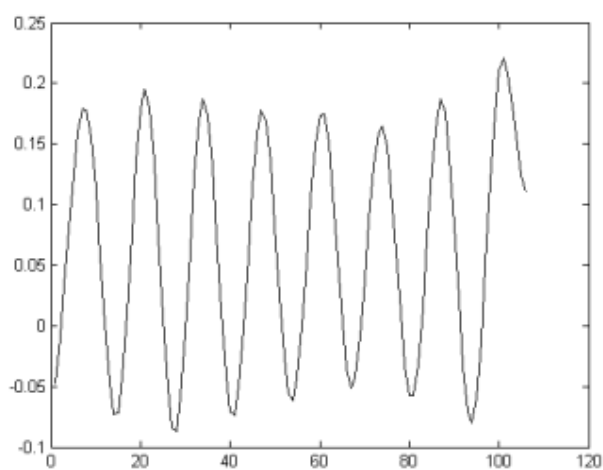


Рисунок А.8 – Цільовий вектор він же синхросигнал

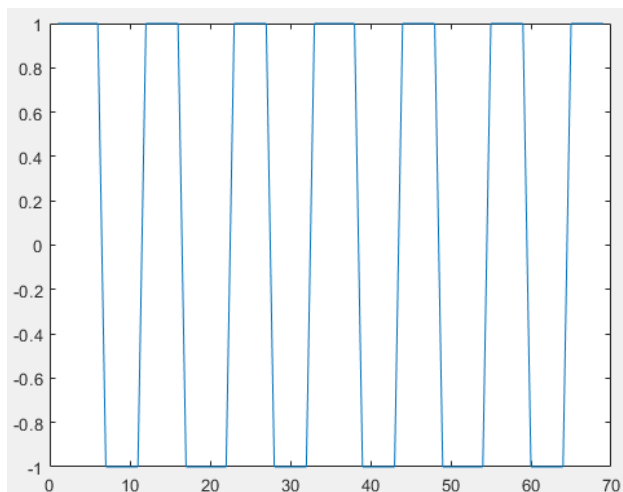


Рисунок А.9 – Опорний синхросигнал

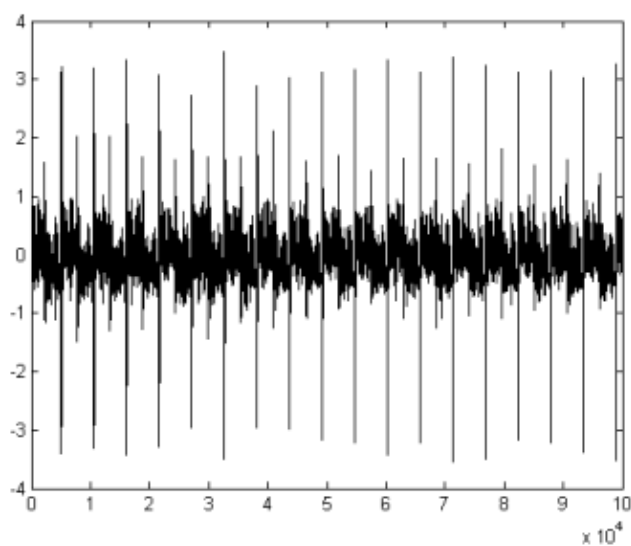


Рисунок А.10 – Синхроімпульси, виділені з супутникового сигналу
кореляційним методом

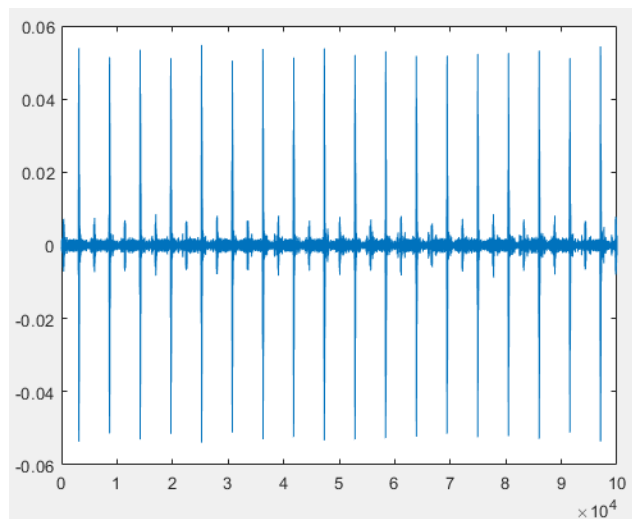


Рисунок А.11 – Синхроімпульси, виділені з супутникового сигналу методом Фур'є фільтрації

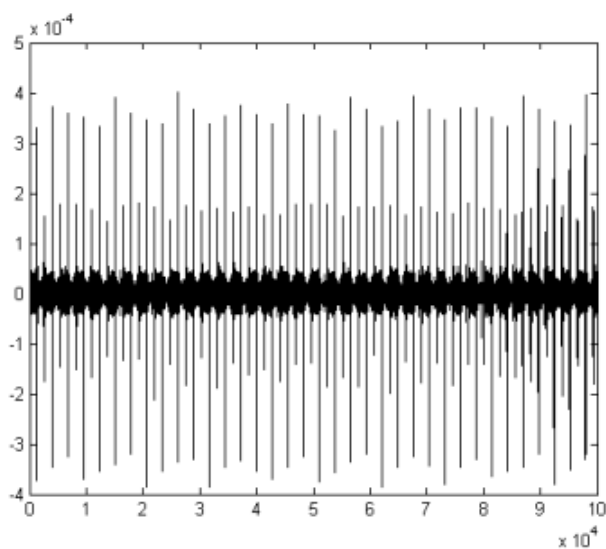


Рисунок А.12 – Синхронні імпульси, виділені методом вейвлет-обробки

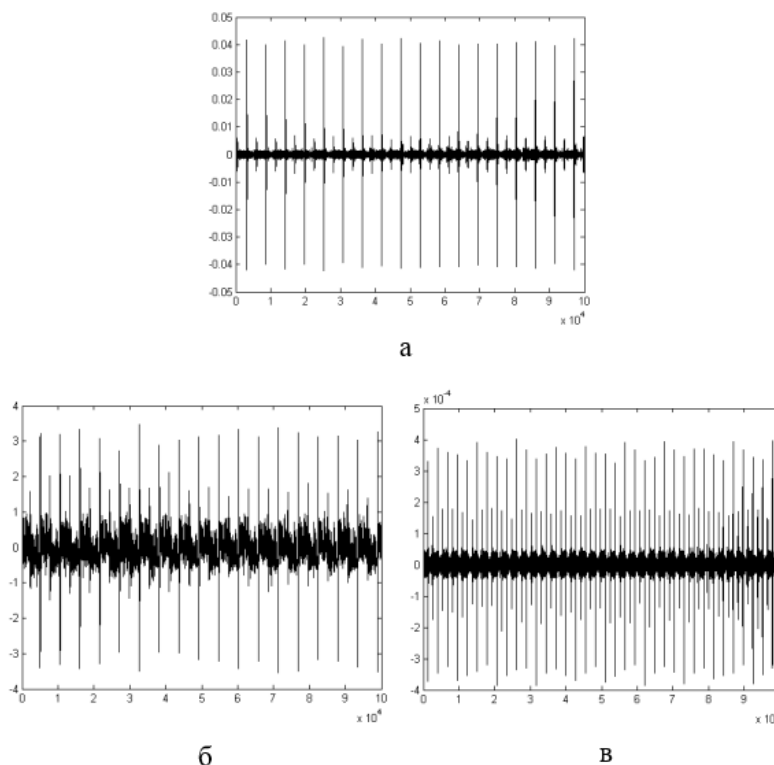


Рисунок А.13 – Результати виділення синхроімпульсів різними методами (а – Фур'є-фільтрація, б – кореляційний аналіз, в – вейвлет-аналіз)

Завдання виділення синхросигналів з аудіопотоку може бути складним через наявність шумів, інтерференції та інших спотворень. Однак, розроблений програмний модуль забезпечує ефективну обробку сигналів і точне виділення синхросигналів, що спрощує подальший аналіз аудіоданих.

Використовуючи різноманітні алгоритми та методи обробки сигналів, модуль виконує фільтрацію, кореляцію, виявлення піків та інші операції для виділення синхросигналів. Це дозволяє точно визначити моменти початку та закінчення синхросигналів, а також отримати інформацію про їх форму та амплітуду.

Обробив сигнал отриманий з супутникової інформації сканера в різних форматах, передачі даних на Землю і дослідив процес одержання супутникових даних формату ART і перетворення їх в зображення. Приймавши супутниковий сигнал сформував з нього файл з розширенням *.wav. Перетворив файл з розширенням *.wav в числовий масив і визначив його параметри.

Розроблений модуль має значний потенціал застосування в таких галузях, як телекомунікації, аудіозапис, музична обробка, звукове мистецтво та багато інших. Він допомагає автоматизувати процес виділення синхросигналів, що забезпечує ефективність та точність аналізу аудіоданих.

Загальний висновок полягає в тому, що розроблений програмний модуль для виділення синхросигналів із аудіопотоку є потужним інструментом для дослідників, інженерів та інших фахівців, які займаються обробкою аудіоданих. Він допомагає забезпечити високу якість обробки сигналів та точність визначення синхронізації, що в свою чергу сприяє досягненню кращих результатів у відповідних доменних областях.

Рисунок А.14 – Висновок