



**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

завідувач кафедри  
безпеки інформації та телекомунікацій  
\_\_\_\_\_ д.т.н., проф. Корнієнко В.І.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ  
на кваліфікаційну роботу  
ступеня бакалавра**

студенту Кокалюк Владислав Юрійович академічної групи 172-16зск-1  
(прізвище ім'я по-батькові) (шифр)

спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка  
(код і назва спеціальності)

на тему Розробка моделі синхронізації сигналів в 3G  
стандарту UMTS

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

Розділ	Зміст	Термін виконання
Розділ 1	Огляд літератури за темою роботи, аналіз існуючих технологій для побудови безпроводних мереж.	15.03.2019 - 30.04.2019
Розділ 2	Розробка моделі сигналу та алгоритму синхронізації в програмному пакеті MATLAB та його тестування.	30.04.2019 - 28.05.2019
Розділ 3	Визначення трудомісткості та розрахунок витрат розробки моделі синхронізації сигналів в 3G стандарту UMTS	28.05.2019 - 02.06.2019

**Завдання видано**

\_\_\_\_\_  
(підпис керівника)

Герасіна О.В.  
(прізвище, ініціали)

**Дата видачі:** 15.03.2019 р

**Дата подання до екзаменаційної комісії:** 18.06.2019 р.

**Прийнято до виконання**

\_\_\_\_\_  
(підпис студента)

Кокалюк В.Ю.  
(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

**Пояснювальна записка:** 51 с., 19 рис., 3 табл., 4 додатків, 17 джерел.

**Об'єкт дослідження:** стандарт мобільного зв'язку UMTS.

**Предмет дослідження:** алгоритм синхронізації сигналів в UMTS.

**Мета кваліфікаційної роботи:** розробка алгоритму синхронізації для сигналів стандарту UMTS.

В першому розділі проаналізовано середовища для передачі даних, проаналізовані характеристики різних систем зв'язку.

В спеціальній частині проводиться розробка процедури прийому та обробки сигналів від базових станцій стандарту UMTS в якості алгоритму синхронізації. Для незалежного моніторингу стільникових мереж був розроблений алгоритм протоколу UMTS на базі математичної програми MATLAB

В економічному розділі розраховані трудомісткість розробки моделі синхронізації сигналів в 3G стандарту UMTS, заробітна плата інженера телекомунікацій, капітальні витрати.

СТІЛЬНИКОВИЙ ЗВ'ЯЗОК, МОБІЛЬНА СТАНЦІЯ, СТАНДАРТ UMTS, WCDMA, СИНХРОНІЗАЦІЯ, КАНАЛ

## РЕФЕРАТ

**Пояснительная записка:** 51 с., 19 рис., 3 табл., 4 приложений, 17 источников.

**Объект исследования:** стандарт мобильной связи UMTS.

**Предмет исследования:** алгоритм синхронизации сигналов в UMTS.

**Цель квалификационной работы:** разработка алгоритма синхронизации для сигналов стандарта UMTS

В первом разделе проанализированы среды для передачи данных, проанализированные характеристики разных систем связи.

В специальной части проводится разработка процедуры приема и обработки сигналов от базовых станций стандарта UMTS в качестве алгоритма синхронизации. Для независимого мониторинга сотовых сетей был разработан алгоритм протокола UMTS на базе математической программы MATLAB.

В экономическом разделе рассчитаны трудоемкость разработки модели синхронизации сигналов в 3G стандарта UMTS, заработная плата инженера телекоммуникаций, капитальные расходы.

СОТОВАЯ СВЯЗЬ, МОБИЛЬНАЯ СТАНЦИЯ, СТАНДАРТ UMTS,  
WCDMA, СИНХРОНИЗАЦИЯ, КАНАЛ

## **THE ABSTRACT**

**Explanatory note:** 51 pages, 19 fig., 3 tab., 4 appendixes, 17 sources.

**Subject of development:** standard of mobile communication of UMTS.

**Subject of study:** algorithm synchronization of signals of UMTS.

**The Purpose of qualifying work:** development of algorithm of synchronization for the signals of standard of UMTS.

In the first division environments are analysed for communication of data, analysed descriptions of different communication networks.

In the special part development of procedure of reception and treatment of signals is conducted from the base stations of standard of UMTS as an algorithm of synchronization. For the independent monitoring of cellular networks there was the worked out algorithm of protocol of UMTS on the base of the mathematical program MATLAB.

In the economic section calculated the complexity of developing a model for synchronization signals in the 3G standard UMTS, wages of telecommunications engineer, capital expenditure.

CELLULAR, MOBILE STATION, STANDARD of UMTS, WCDMA,  
SYNCHRONIZATION, CHANNEL

## СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

**AuC** - Authentication Centre;  
**BSC** - Base Station Controller;  
**BSS** - Base Station Subsystem;  
**BTS** -Base Transceiver Station;  
**CN** - Core Network;  
**CPICH** - Common Pilot Channel;  
**CS** -Circuit Switched;  
**DPDCH** - Dedicated Physical Data Channel;  
**DPCCH** - Dedicated Physical Control Channel;  
**EIR** - Equipment Identity Register;  
**GGSN** -Gateway GPRS Support Node;  
**HLR** - Home Location Register;  
**HSS** - Home Subscriber Server;  
**ME** - Mobile Equipment;  
**MS** - Mobile Station;  
**OVSF** - Orthogonal Variable Spreading Factor;  
**PCCPCH** - Primary Common Control Physical Channel;  
**PICH** - Paging Indication Channel;  
**QPSK** - Quadrature Phase Shift Keying;  
**RAN** - Radio Access Network;  
**RNC** - Radio Network Controller;  
**RNS** -Radio Network System;  
**SGSN** - Serving GPRS Support Node;  
**UMTS** - Universal Mobile Telecommunications System;  
**SCH** - Synchronizing Channel.

## ЗМІСТ

	с.
ВСТУП.....	9
1 СТАН ПИТАННЯ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ .....	10
1.1 Стандарт UMTS.....	10
1.1.1 Основні параметри UMTS.....	11
1.1.2 Архітектура мереж стандартів GSM / UMTS.....	13
1.2 Технологія WCDMA. Формування каналів.....	16
1.3 Канали в стандарті UMTS.....	18
1.4 Процедура синхронізації.....	20
1.5 Постановка завдання.....	22
1.6 Висновки.....	22
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	23
2.1 Створення моделі сигналу UMTS у програмному середовищі MATLAB.....	23
2.2 Тестування алгоритму в програмному пакеті MATLAB.....	27
2.2.1 Перший етап синхронізації.....	28
2.2.2 Другий етап синхронізації.....	29
2.2.3 Третій етап синхронізації.....	32
2.3 Тестування завадостійкості.....	33
2.4 Розрахунок ємності системи UMTS.....	35
2.5 Висновки.....	38
3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	39
3.1 Визначення трудомісткості розробки моделі синхронізації сигналів в 3G стандарту UMTS.....	39
3.2 Розрахунок витрат на розробку моделі синхронізації сигналів в 3G стандарту UMTS.....	40
3.3 Висновок.....	44

ВИСНОВКИ.....	45
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	46
ДОДАТОК А. Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи.....	48
ДОДАТОК Б. Перелік документів на оптичному носії.....	49
ДОДАТОК В. Відгук керівника економічного розділу.....	50
ДОДАТОК Г. Відгук керівника кваліфікаційної роботи.....	51



## ВСТУП

У сучасному світі стандарт UMTS (Universal Mobile Telecommunications System - Універсальна мобільна телекомунікаційна Система) набув широкого поширення в стільникових мережах мобільного зв'язку. Стільникові мережі, що використовують цю технологію, відносять до мереж третього покоління (3G), головною відмінністю яких від мереж другого покоління є впровадження технології широкосмугового множинного доступу з кодовим розділенням каналів. Необхідною процедурою для прийому та обробки сигналів від базових станцій мобільними є процедура синхронізації. Програмні реалізації алгоритмів є комерційною таємницею компаній, що здійснюють розробку рішень (програмних, на окремих чипах і в складі SoC (System on a chip - система на кристалі) для приймально-передавальних пристроїв (мобільних станцій). Для незалежного моніторингу стільникових мереж необхідно пристрій, що здійснює дану процедуру, розробці алгоритму якого і присвячена дана випускна кваліфікаційна робота.

## 1 СТАН ПИТАННЯ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

### 1.1 Стандарт UMTS

Стандарт UMTS відноситься до третього покоління стандартів стільникового зв'язку (3G). Основна відміна від попередніх стандартів є впровадження технології широкосмугового множинного доступу з кодовим розділенням каналів. Стандарт UMTS є основою роботи найбільших постачальників зв'язку на території України, таких як «Київстар», «Водафон» і «Lifecell». Стандарт дозволяє підтримувати швидкість передачі інформації на теоретичному рівні до 21 Мбіт/с, що дозволяє користувачам проводити сеанси відеоконференцій за допомогою мобільного терміналу, виконувати швидке завантаження музичного та відеоконтенту, отримувати доступ до мережі Інтернет. Передані дані в стандарті організовані у вигляді кадрів, довжиною по 10 мс. Кадр містить у собі 15 рівних слотів (рис. 1.1)

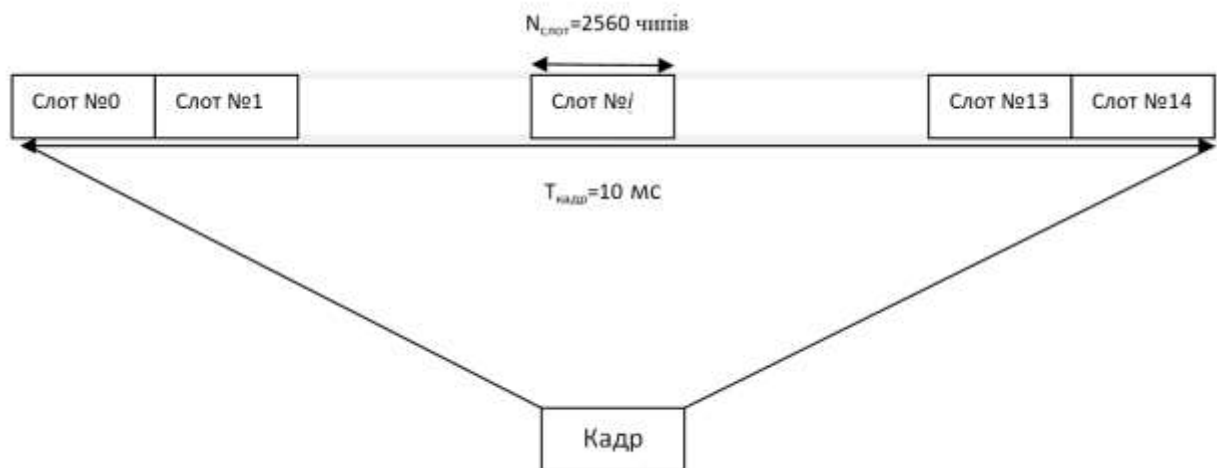


Рисунок 1.1 - Структура кадру

Кожен слот в кадрі містить всі передані в даний момент канали (рис. 1.2), розділені за допомогою взаємно-ортогональних каналоутворюючих послідовностей [1]. Цей поділ є основою технології WCDMA (Wideband Code

Division Multiple Access - широкосмуговий множинний доступ з кодовим поділом каналів), про яку буде сказано нижче.

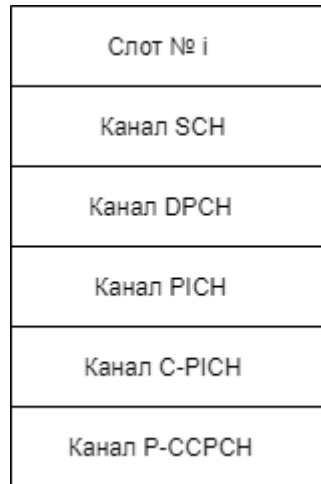


Рисунок 1.2 - Структура слота, що містить в собі канали які передаються

### 1.1.1 Основні параметри UMTS

Основні параметри UMTS та коротке тлумачення більшості з них.

- UMTS є системою множинного доступу з кодовим поділом каналів і прямим розширенням спектра (DS -CDMA), тобто біти інформації користувача передаються в широкій смузі частот шляхом множення вихідного потоку даних користувача на послідовності квазівипадкових бітів (званих чипами), що є кодами розширення CDMA. Для забезпечення дуже високих швидкостей передачі (до 2 Мбіт / с) підтримується використання змінного коефіцієнта розширення та мультикодових комбінацій.

- Швидкість передачі, що дорівнює 3,84 Мбіт/с., призводить до заняття смуги приблизно в 5 МГц. Властива системам UMTS велика ширина смуги на несучої забезпечує високі швидкості передачі даних користувача, а також створює певні переваги в роботі, наприклад в каналах з підвищеною багатопроміністю. Не порушуючи отриманої ліцензії на роботу системи, оператор може мати кілька таких несучих зі смугою 5 МГц для збільшення

пропускної здатності, можливо, у вигляді осередків ієрархічної структури. Фактично таке рознесення несучих може бути реалізовано і на 200 кілогерцовій сітці приблизно в смузі 4,4 і 5 МГц в залежності від рівня інтерференції несучих.

- UMTS підтримує самі різні швидкості передачі даних користувача, іншими словами, концепція отримання ширини смуги на вимогу досить добре підтримується. Кожному користувачеві виділяються фрейми тривалістю 10 мс, протягом кожного з яких швидкість передачі даних користувача залишається постійною. Однак пропускна здатність для передачі даних у користувача може змінюватися від фрейму до фрейму. Швидке виділення пропускної здатності для радіозв'язку буде зазвичай управлятися мережею для досягнення максимальної пропускної здатності при передачі пакетованих даних.

- UMTS підтримує два основні режими роботи: частотне розділення дуплексних каналів (FDD) і тимчасове розділення дуплексних каналів (TDD). У режимі FDD для висхідного і низхідного каналів використовуються роздільні несучі з частотою 5 МГц, тоді як в режимі TDD тільки одна несуча 5 МГц використовується для висхідного і низхідного каналів з поділом прийом-передача в часі. Висхідний канал - це канал від мобільної станції до базової, а спадний - від базової станції до рухомої. Режим TDD в значній мірі заснований на концепціях режиму FDD і був додатково введено, щоб використовувати базову систему UMTS також і для непарного (несиметричного) розподілу спектра, виділеного ІТУ для систем ІМТ-2000.

- UMTS підтримує роботу асинхронних базових станцій, так що на відміну від синхронної системи IS-95 відсутня необхідність в глобальній прив'язці до часу, наприклад до GPS. Розгортання базових станцій всередині приміщень і мініатюрних базових станцій (для пікосоти) проводиться легше, коли не потрібно отримувати сигнал GPS.

- UMTS використовує когерентне прийом для систем UMTS у висхідному і низхідному каналах на основі застосування пілот-символів або

загальних пілот-сигналів. Хоча когерентний прийом уже використовується в низхідному каналі в IS-95, його застосування в висхідному каналі є новим для систем CDMA загального користування і призведе до збільшення загальної зони охоплення і пропускної здатності висхідного каналу.

- Повітряний інтерфейс UMTS задуманий таким чином, що оператор мережі може використовувати перспективні концепції побудови приймачів CDMA, наприклад розрахований на багато користувачів прийом і застосування інтелектуальних адаптивних антен як спосіб підвищення пропускної здатності і / або зони охоплення. У більшості систем другого покоління відсутні можливості використання таких концепцій побудови приймача, і в результаті вони або не можуть застосовуватися, або можуть застосовуватися лише з великими обмеженнями і дають лише незначне поліпшення експлуатаційних показників.

- UMTS призначена для використання разом з GSM. Тому підтримуються естафетні передачі управління (хендовери) між GSM і MTS для того, щоб мати можливість використовувати зону охоплення GSM для впровадження UMTS.

### 1.1.2 Архітектура мереж стандартів GSM / UMTS

Архітектури мереж стандартів GSM / UMTS в даний час представляють собою єдине рішення. Різниця, як показано далі, полягає в елементах, що складають мережу радіодоступу RAN (Radio Access Network). Складові опорної мережі або ядра мережі CN (Core Network) однакові для обох розглянутих стандартів, відмінності обмежені низкою виконуваних елементами архітектури функцій, необхідних для підтримки стандарту UMTS. Загальна архітектура мереж GSM / UMTS приведена на малюнку 2. У неї входять наступні елементи:

- Mobile Station (MS) - рухома станція, включає в себе наступні елементи:

- Mobile Equipment (ME) - обладнання мобільної станції;
- Subscriber Identity Module (SIM) - модуль ідентифікації абонента.

Починаючи з релізу 99 також носить назву USIM (UMTS SIM);

- BSS (Base Station Subsystem) - підсистема базових станцій. Являє собою мережу радіодоступу GSM - GRAN (GSM Radio Access Network). При впровадженні на мережі радіодоступу технології бездротової пакетної передачі даних покоління 2.5G -EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution), мережа радіодоступу прийнято називати GERAN (GSM EDGE RAN). Підсистема BSS включає в себе наступні елементи:

- BTS (Base Transceiver Station) - базова станція;
- BSC (Base Station Controller) - контролер базових станцій;
- RNS (Radio Network System) - мережу радіодоступу. Являє собою підсистему наземного радіодоступу UMTS (UMTS Terrestrial Radio Access Network, UTRAN).

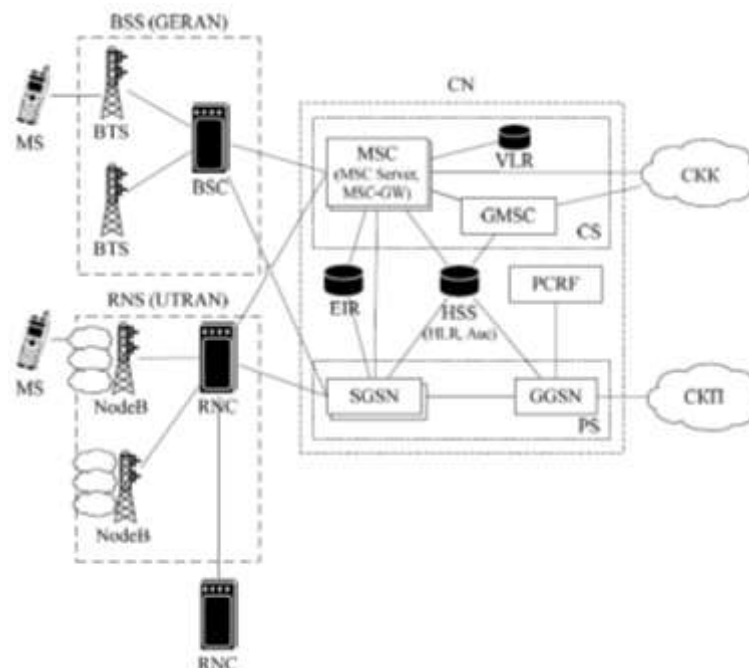


Рисунок 1.3 - Архітектура мереж GSM / UMTS

Включає в себе наступні елементи:

- Radio Network Controller (RNC) - контролер підсистеми радіодоступу;

- Node B - вузол, відповідний базової станції, яка обслуговує одну або більше сот UTRAN;

- CN (Core Network) - ядро мережі рухомого радіотелефонного зв'язку, також опорна мережа.

Ядро GSM називається підсистемою мережі і комутації NSS (Network and Switching Subsystem). Елементи ядра мережі прийнято розділяти на два наступних домену:

- CS (Circuit Switched) - домен комутації каналів (КК), включає елементи, що підтримують роботу на базі комутації каналів, зокрема для підтримки мереж GPRS. До елементів домену КК мережі CN відносяться наступні:

- MSC (Mobile-services Switching Centre) - центр комутації рухомого зв'язку, може поділятися на сервер MSC (MSC Server), що відповідає за обробку сигналізації, і медіашлюзи комутації каналів CS-MGW (Circuit Switched - Media Gateway Function), який забезпечує роботу з призначеними для користувача даними;

- GMSC (Gateway MSC) - шлюз MSC;

- VLR (Visitor Location Register) - візитна реєстр місцезнаходження;

- PS (Packet Switched) - домен комутації пакетів, включає елементи, що підтримують роботу на базі комутації пакетів (КП). До них належать такі елементи:

- GGSN (Gateway GPRS Support Node) - шлюзовий вузол підтримки пакетної передачі даних за допомогою телефону;

- SGSN (Serving GPRS Support Node) - вузол поточної підтримки пакетної передачі даних за допомогою телефону;

Також в ядро мережі CN входять наступні елементи, що не відносяться строго до одного з двох доменів:

- HLR (Home Location Register) - опорний реєстр місцезнаходження;

- AuC (Authentication Centre) - центр аутентифікації;

- EIR (Equipment Identity Register) - реєстр ідентифікації встаткування;

- PCRF (Policy and Charging Rules Function) - функції реалізації правил політики і тарифікації, включає в себе H-PCRF (Home-PCRF) і V-PCRF (Visiting-PCRF);

- платформа IMS (IP Multimedia Subsystem) може розглядатися як окремий комплекс елементів опорної мережі. До завдань платформи IMS входить універсалізація процесів впровадження послуг на мережі оператора зв'язку і їх надання користувачам на базі протоколу IP незалежно від використовуваного терміналу і технології доступу, включаючи і доступ за допомогою мережі рухомого радіотелефонного зв'язку. При повному або частковому впровадженні платформи IMS елементи HLR і AUC замінюються повнофункціональним аналогом зі складу платформи IMS - сервером абонентських даних HSS (Home Subscriber Server). Платформа IMS являє собою самостійний комплекс рішень, інтегрований з системами OSS / BSS оператора зв'язку, що забезпечує універсальний доступ до послуг та інтегрований з платформами надання послуг SDP (Service Delivery Platform).

Необхідно відзначити, що при переході від мережі GSM до мережі GSM / UMTS необхідні зміни включають не тільки впровадження нових базових станцій і контролерів, а й доповнення функціоналу вузлів MSC і SGSN для організації взаємодії з ними (наприклад, підтримка інтерфейсу Iu). При цьому вузли можуть іменуватися 3G-MSC і 3G-SGSN, відповідно.

## 1.2 Технологія WCDMA. Формування каналів

WCDMA - технологія широкосмугового множинного доступу з кодовим розділенням каналів. Принцип її роботи полягає в наступному: інформація, яка передається каналом, представлена у вигляді послідовності біт. Дана послідовність піддається QPSK (Quadrature Phase Shift Keying - квадратурно фазова маніпуляція) модуляції. Процес модуляції в даному випадку полягає в розподіл вихідної послідовності на дві гілки: біти, що стоять на непарних позиціях утворюють гілку I, біти, що стоять на парних позиціях -



гілка Q. Потім бінарному символу 0 ставиться у відповідність значення сигналу +1, бінарному символу 1 ставиться в відповідність значення сигналу -1. При відсутності даних сигнал приймає значення 0. Дане перетворення здійснюється для кожної з гілок (рис. 1.3).

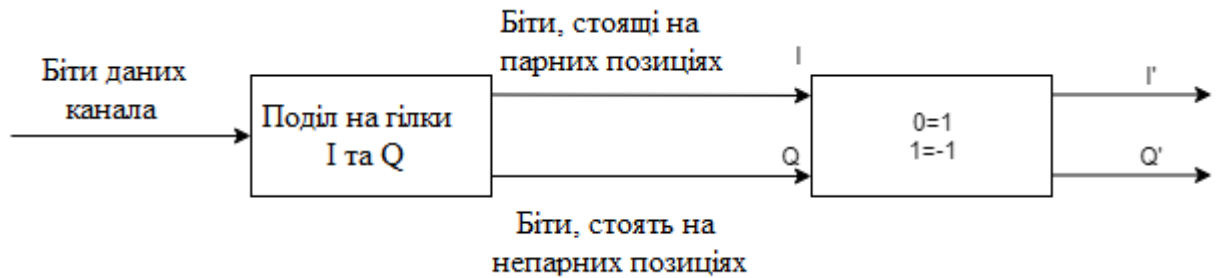


Рисунок 1.3 - QPSK-модуляція інформаційних бітів каналу

Наступним етапом у формування каналу є операція розширення бітів каналу. Вона зводиться до перетворення кожного біта в гілках I та Q' в послідовність деякого числа чипів. Дане перетворення здійснюється шляхом множення кожного біта на каналоутворюючий код, який є унікальним для кожного каналу (рис.1.4).

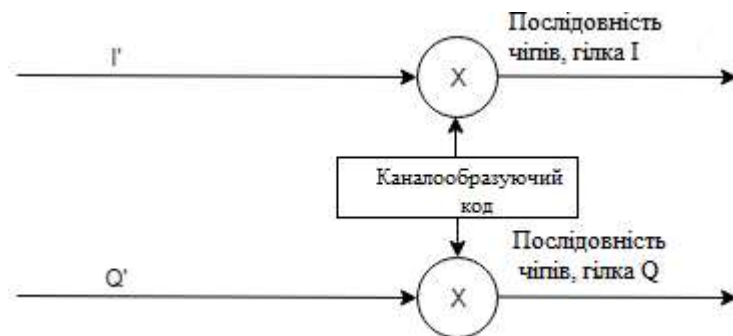


Рисунок 1.4 - Розширення послідовності біт каналоутворюючими кодами

Каналоутворюючі коди є OVSF коди (Orthogonal Variable Spreading Factor - ортогональні коди зі змінним коефіцієнтом розширення), що формуються з каналоутворюючого дерева (рис. 1.5). Кожному каналу відповідає свій каналоутворюючий код певної довжини. Довжина каналоутворюючого коду визначає число чипів в інформаційному біт каналу.

Ставлення числа чипів до числа інформаційних біт називається коефіцієнтом розширення спектра SF (Spreading Factor).

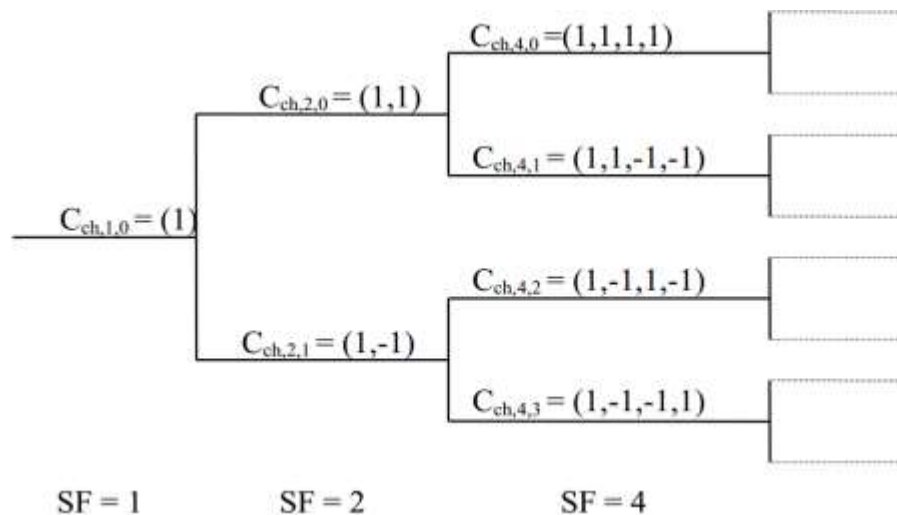


Рисунок 1.5 - Кодове дерево каналотворюючих кодів. SF-коефіцієнт розширення спектра

Для отримання послідовності комплексних чипів розширена гілка  $Q''$  домножається на уявну одиницю  $j$ , після чого складається з гілкою  $I''$ , утворюючи послідовність комплексних чипів. Останнім етапом є скремблювання каналу послідовністю, що є ідентифікатором базової станції [1; 2; 7]. Повністю сформовані канали відправляються на суматор, який формує слоти та кадри.

### 1.3 Канали в стандарті UMTS

Канали в UMTS підрозділяються на фізичні, логічні і транспортні [2]. Логічні та транспортні канали визначають методи та шляхи передачі даних, коли як фізичні канали використовуються для передачі інформації. У

процедурі синхронізації логічні та транспортні канали не використовуються, тому обмежимося розглядом фізичних каналів (рис. 1.2).

- Виділений фізичний канал (DPCH - Dedicated Physical Channel). Об'єднує в собі два підканала, виділений фізичний канал передачі даних (DPDCH - Dedicated Physical Data Channel) та виділений канал керування (DPCCH - Dedicated Physical Control Channel). Розширено ортогональним каналообразуючим кодом та скремблірованою послідовністю-ідентифікатором базової станції [2].

- Первинний загальний пілотний канал (CPICH - Common Pilot Channel). Використовується для заключного етапу синхронізації. Каналом передаються логічні нулі. Розширено каналообразуючим кодом з коефіцієнтом розширення  $SF = 256$  і скремблірованою послідовністю - ідентифікатором базової станції [2].

- Канал синхронізації (SCH - Synchronizing Channel). Містить в собі два підканала: Первинний канал синхронізації (PSCCH - Primary Synchronizing Channel), та вторинний канал синхронізації (SSCH - Secondary Synchronizing Channel). Канал SCH не скремблізується і не розширюється каналообразуючим кодом [2].

- Канал індикації виклику (PICH - Paging Indication Channel). Використовується базової станції для обміну інформацією з мобільними станціями, що знаходяться в режимі блокування. Розширено каналообразуючим кодом з коефіцієнтом розширення  $SF = 256$  та скремблірованою послідовністю - ідентифікатором базової станції [2].

- Первинний загальний фізичний канал керування (PCCPCH - Primary Common Control Physical Channel). Розширено каналообразуючим кодом з коефіцієнтом розширення  $SF = 256$  і скремблірованою послідовністю - ідентифікатором базової станції [2].

## 1.4 Процедура синхронізації

Процедура синхронізації полягає в визначенні скремблїруємих кодів базової станції і необхідна для визначення кращої соти для обміну інформацією та демодуляції прийнятих даних. Оскільки канали, які передають інформацію скремблїруються базовими станціями, то для їх обробки треба визначитися, який скремблїруючий код був використаний.

Процедура синхронізації ділиться на три етапи: На першому визначаються межі слотів в кадрі. Для цього використовується канал первинної синхронізації [1; 2]. Каналом на початку кожного слота передається послідовність, довжиною 256 чипів, виду

$$C = (1+j) \cdot (\alpha, \alpha, \alpha, -\alpha, -\alpha, \alpha, -\alpha, -\alpha, \alpha, \alpha, \alpha, -\alpha, \alpha, -\alpha, \alpha, \alpha) \quad (1.1)$$

де  $\alpha = (1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, 1, -1, 1, -1, 1, -1, -1, 1)$ ,  $j$  - уявна одиниця.

Автокореляційні властивості модуля даної послідовності представлені на рис 1.6.

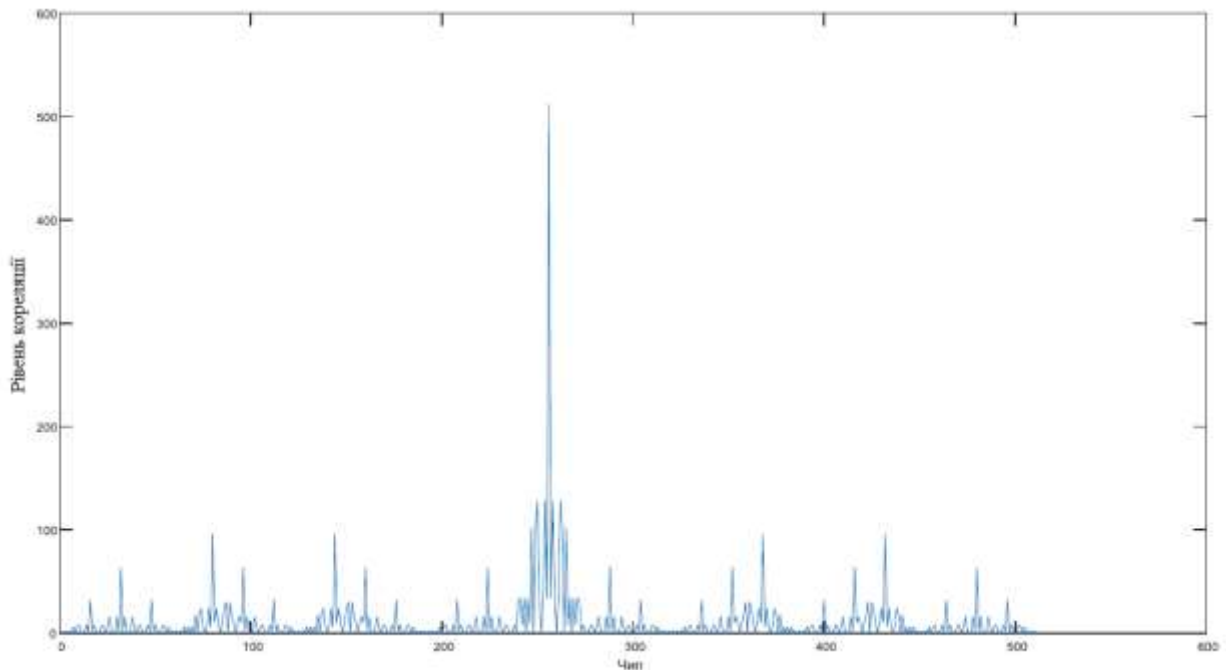


Рисунок 1.6 - Автокореляційна функція первинної скремблїруємої послідовності

Первинний канал синхронізації однаковий для кожної базової станції [1; 2; 7].

На другому етапі визначається кодова група і початок кадру, використовуючи вторинний канал синхронізації SSCH [1; 2].

Так само, як і первинний канал синхронізації він передається на початку кожного слота, але на відміну від PSCH, даний канал передає один із 16 взаємно ортогональних вторинних синхропослідовностей в слоті.

Відповідність синхрокода та слота визначається кодовою групою [1].

Вторинні синхронізуючі послідовності формуються шляхом множення послідовності виду

$$z = (1+j) \cdot (b, b, b, -b, b, b, -b, -b, b, -b, b, -b, -b, -b, -b), \quad (1.2)$$

де  $b = (1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, -1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, -1)$ , на кожну шістнадцятий рядок матриці Адамара розміру 256 на 256 [1].

Канали PSCH та SSCH не скремблюються і не розширюються каналообразуючими послідовностями [1; 2].

На третьому етапі визначається скремблююча послідовність, яка використовується базовою станцією. Для цього необхідний канал з відомим інформаційним наповненням. Даним каналом є первинний загальний пілотний канал (P-CPICH), по даному каналу передаються логічні нулі. Даний канал розширено каналообразуючим кодом з коефіцієнтом розширення  $SF = 256$  і скремблюван послідовністю-ідентифікатором базової станції [1; 2; 3]. Після визначення скремблюємої послідовності процедура синхронізації вважається успішно завершеною.

### 1.5 Постановка завдання

Метою даної роботи є розробка алгоритму синхронізації для сигналів стандарту UMTS у програмному середовищі MATLAB а також тестування алгоритму.

### 1.6 Висновки

В першому розділі були розглянуті проблеми використання ресурсу радіочастотного спектру, що стосуються питань гнучкості та ефективності його використання. Також розглянуті основні положення синхронізації в стандарті UMTS.

## 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 2.1 Створення моделі сигналу UMTS у програмному середовищі MATLAB

Для налагодження і тестування розробленого алгоритму необхідно створити модель сигналу, сформованого базовою станцією та відправленого до мобільної станції. Першим кроком у створенні моделі є формування каналів, що складають сигнал. Цими каналами є:

- виділений фізичний канал (DPCH), структура каналу показана на рис. 2.1. На цьому рисунку  $N$ - число біт для кожного блоку інформації в слоті.  $N$  і  $SF$  визначається слотовим форматом [2]. Для даної моделі був обраний слотовий формат №11 таблиці 2.1.

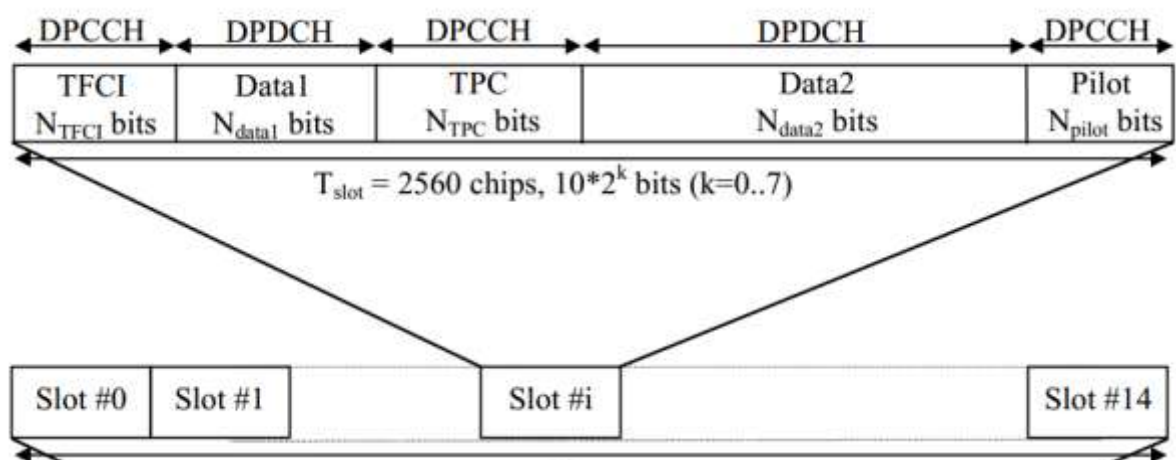


Рисунок 2.1 - Структура каналу DPCH

- CPICH - загальний пілотний канал;
- P-CCPCH - загальний канал управління. Структура каналу показана на рис.2.2. Tx OFF - відсутність передачі даних.

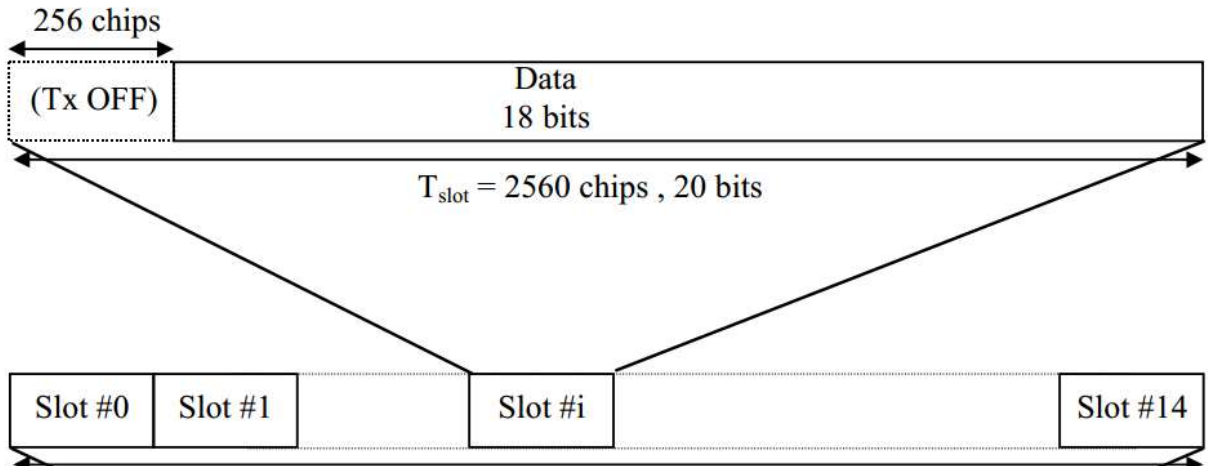


Рисунок 2.2 - Структура каналу P-CCPCH

- SCH- канал синхронізації, що включає в себе два підканала: Канал первинної синхронізації (P-SCH) та вторинний канал синхронізації (SSCH). Структури каналів показані на рис. 2.3.

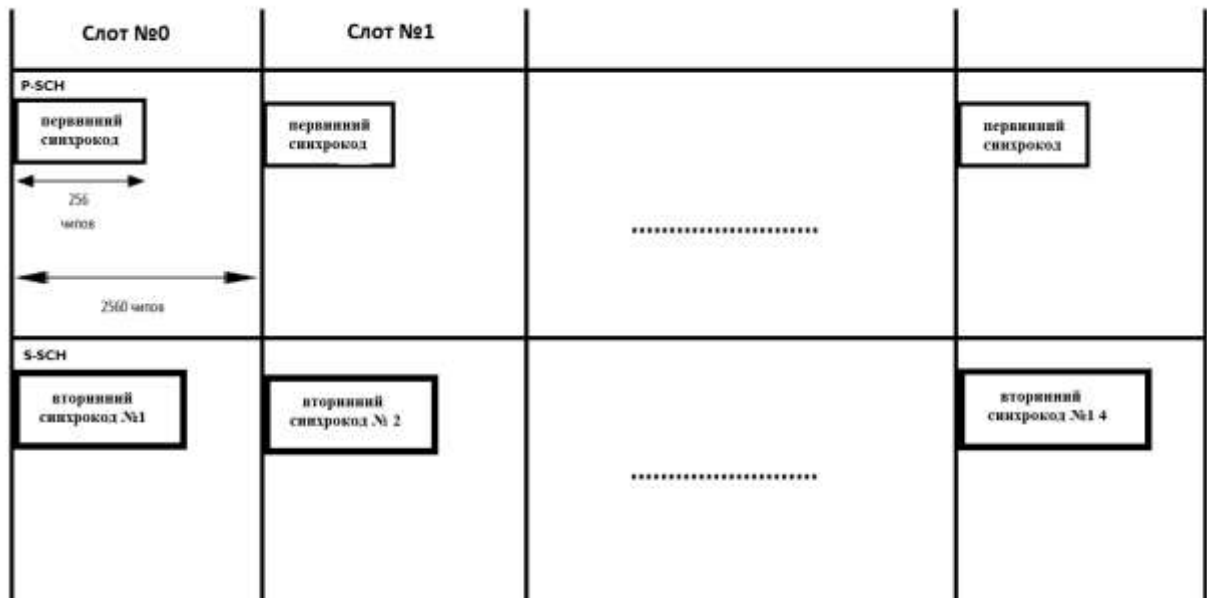


Рисунок 2.3 - Структура каналу SCH



- PICH (Paging indicator Channel). Канал для обміну інформацією з пристроями, що знаходяться в режимі блокування. Структура каналу показана на рис.2.4.

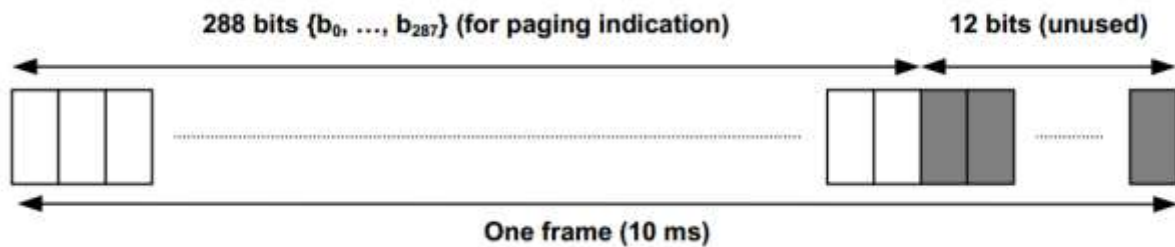


Рисунок 2.4 - Каналу PICH

Оскільки модель сигналу необхідна для перевірки коректної роботи алгоритму процедури синхронізації, то інформація, що передається по даними каналам не представляє інтересу і може бути згенерована випадковим чином (Data1 і Data2 для DPCH, Data для CCPCH, і перші 288 біт для каналу PICH), використовуючи функцію MATLAB `randint`. Решта наповнення створимо у відповідність зі стандартом.

Розглянемо канал DPCH: до його складу входить  $N_{tpc}$  біт,  $N_{tfc}$  біт,  $N_{data1}$  біт,  $N_{data2}$  біт, і  $N_{pilot}$  біт.

TPC (Transmitter power control - контроль потужності передавача) передає команду про зміну потужності передавача мобільної станції. Потужність прийнятого сигналу від мобільної станції базової, вимірюється і порівнюється з пороговим. Залежно від проведеного вимірювання, біти TPC приймають значення 0 (збільшити потужність) або 1 (зменшити потужність). Беручи сигнал, в каналі DPCH мобільна станція по бітам TPC визначає, чи потребує базова станція збільшити або зменшити потужність передатчика мобільної станції [2].

TFCI (Transport Format Combination Indicator - комбінований індикатор транспортного формату) вказує відповідність швидкостей (кількість чіпів в секунду) виділених фізичних каналів. Оскільки в моделі використовується



Оскільки число пілотних біт в одинадцятому слотовому форматі дорівнює 8, нам необхідний відповідний розділ таблиці 2.1 (виділено жирним шрифтом).

Біти TPC в даній моделі відправляють команду на зниження потужності передавача мобільною станцією. Відповідно, з урахуванням кількості біт в слотовому форматі, біти TPC приймають вид: TPC = (1,1) [2].

Канал SCH складається з двох підканалів: PSCH - канал первинної синхронізації і SSCH - канал вторинної синхронізації.

PSCH передає на початку кожного слота синхронізуючу послідовність, довжиною 256 чіпів. Сформуємо дану послідовність у відповідності до формули (1.1).

Канал SSCH передає на початку кожного слота один із 16 взаємоортогональних синхрокодів. Синхрокод вибирається залежно від номера слота у відповідність з кодовою групою сигналу. Всього в стандарті 64 кодових груп, нумерують від 0 до 63. Синхропослідовність SSCH формуються за формулою (2).

Каналом CPICH (загальний пілотний канал) передаються логічні нулі. Даний канал передається на початку кадру і розширено ортогональним кодом із коефіцієнтом розширення  $SF = 256$ . Другим кроком є модуляція, розширення та скремблювання сформованих каналів. У відповідність з описаними операціями формуємо в кожному каналі гілки I і Q, і розширюємо їх відповідними каналообразуючими кодами.

Для скремблювання каналів необхідно сформувати скремблюючу послідовність, шляхом складання двох  $m$  - послідовностей, X і Y.

## 2.2 Тестування алгоритму в програмному пакеті MATLAB

Комплекс прийому сигналів стандарту UMTS, приймаючи сигнал, виконує перенесення спектра сигналу на проміжну частоту обробки ( $F_H = 0$  Гц,  $f_d = 3.84$  МГц), та здійснює дискретизацію прийнятого сигналу видає дані

у вигляді 32 бітів, 16 з яких містять речову частину відліку сигналу, а інші 16- уявну. Так як частота дискретизації ( $Fd = 7.68$  МГц) в два рази більше граничної частоти перенесеного сигналу ( $f_d = 3,84$  МГц), то на один чіп доводиться два комплексних відліку. Отже, всі синхронні та скремблюючі послідовності необхідно розширити в два рази.

Для здійснення процедури синхронізації необхідно прийнятий сигнал розділити на дві квадратурні гілки I і Q та, здійснивши множення кожного відліку Q на комплексну одиницю, таким чином сформувати комплексний відлік сигналу за правилом  $I + j * Q$ .

### 2.2.1 Перший етап синхронізації

Для слотової синхронізації необхідно сформувати канал P-SCH (з огляду на, що на чіп доводиться два відліку сигналу). Необхідно обчислити кореляцію між отриманої синхропослідовності, довжиною 512 відліків, і прийнятим сигналом. Наступним етапом є пошук максимумів на відрізках, рівних довжині слота (5120 відліків, 2560 чіпів). Зафіксувавши їх положення, необхідно виміряти відстань між сусідніми максимумами, яке має дорівнювати 5120 відліків. Варто врахувати можливу нестабільність приймального і передаючого пристрою за частотою, та ввести довірчий інтервал малої величини розміром в 5 відліків. Якщо ця умова виконується, робимо висновок про збігання максимумів з межами слотів і фіксуємо їх положення.

Для подальшого етапу необхідно взяти довжину кадру сигналу (15 максимумів на 76800 відліків).

Кореляцію можна обчислити двома способами:

1. Виконавши швидке перетворення Фур'є (функція MATLAB `fft` [4]) для синхропослідовності та сигналу, і перемноживши їх, також слід виконати зворотне перетворення Фур'є, що і буде бажаним результатом.

2. По прямій формулі кореляції  $y(n) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} x(n+k) \cdot g(k)$ , де  $x$  і  $g$  - сигнали, між якими обчислюється кореляція,  $y$  - результат кореляції. Кореляція обчислюється в момент часу, коли перший відлік синхропослідовності збігається з першим відліком сигналу.

Результат роботи першого етапу алгоритму представлений на рис. 2.5.

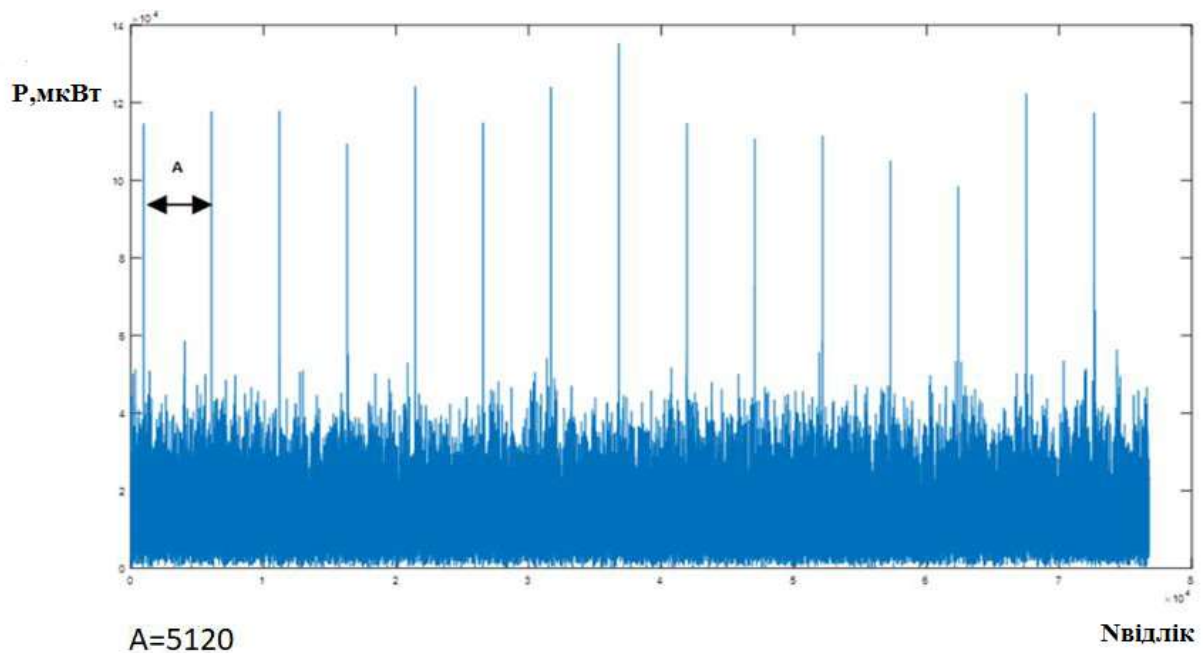


Рисунок 2.5 - Результат роботи першого етапу алгоритму

### 2.2.2 Другий етап синхронізації

Для другого етапу синхронізації необхідно сформувати 16 ортогональних вторинних синхронізуючих послідовностей.

Між даними синхропослідовностями та сигналом обчислюється кореляція в межах кордонів слота (перші 512 відліків слота), положення яких визначено на першому етапі синхронізації. Синхрокод, що дав максимум кореляції в межах слота, буде прийнятий за шуканий. Після повторення описаних вище дій для всіх синхропослідовностей в кадрі, отримуємо дані

про те, яку синхропослідовність містить кожен слот. З даних синхропослідовностей формуємо послідовність яка буде міститися в сигналі шляхом їх об'єднання у відповідність з номером слота в якому вони знаходяться. Очевидно, що в підсумку виходить послідовність довжиною  $512 * 15 = 7680$  відліків.

Далі формуються 64 послідовності в кодовій групі. Між послідовністю, виділеної з сигналу, і послідовністю з кодових груп обчислюється кореляція. Максимальна кореляція з 64 визначить кодову групу, а положення максимуму - слот, який являється початком кадру. На рис.2.6 по рис.2.9 представлена кореляція послідовності, виділеної з сигналу, із послідовності невірною кодової групи.

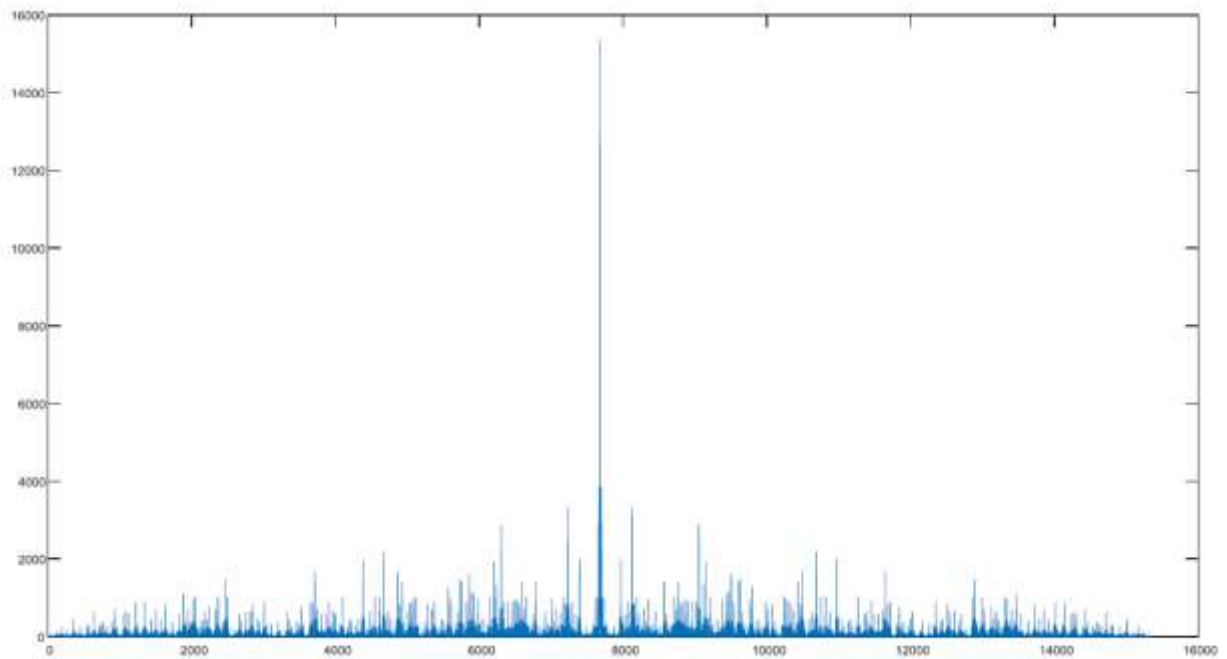


Рисунок 2.6 - Кореляції послідовності, що міститься в сигналі з послідовністю з вірною кодової групи

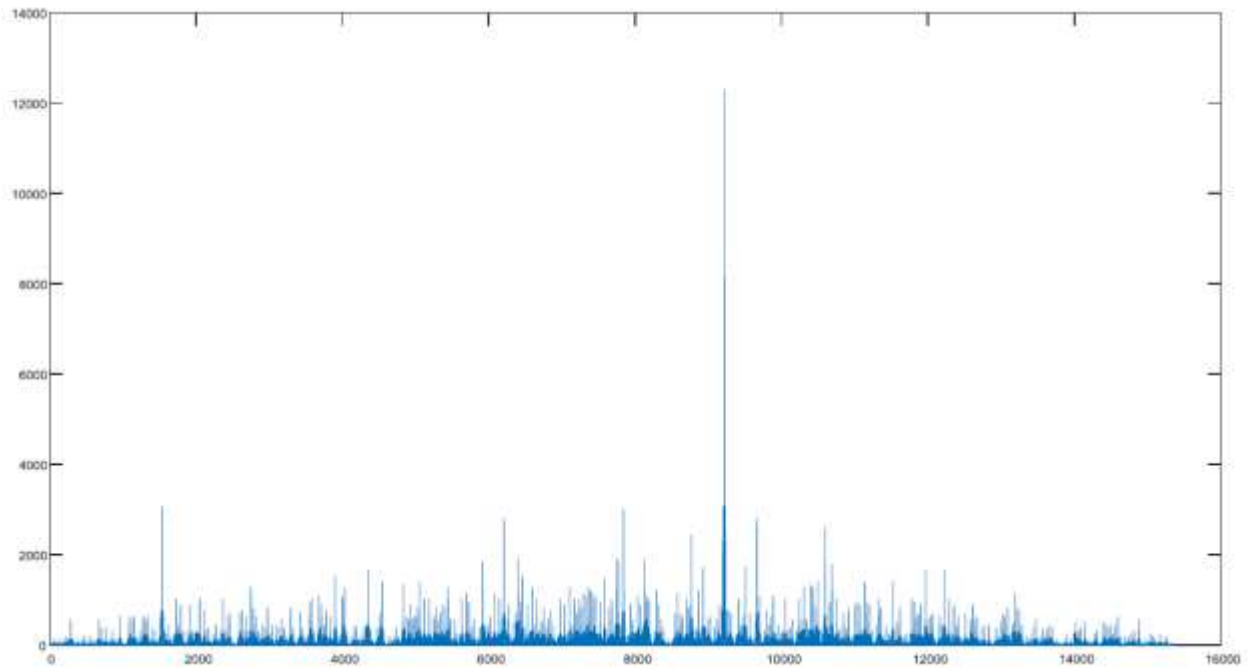


Рисунок 2.7 - Кореляції послідовності, що міститься в сигналі, послідовність із вірною кодовою групою, початок кадру з 12-го слота

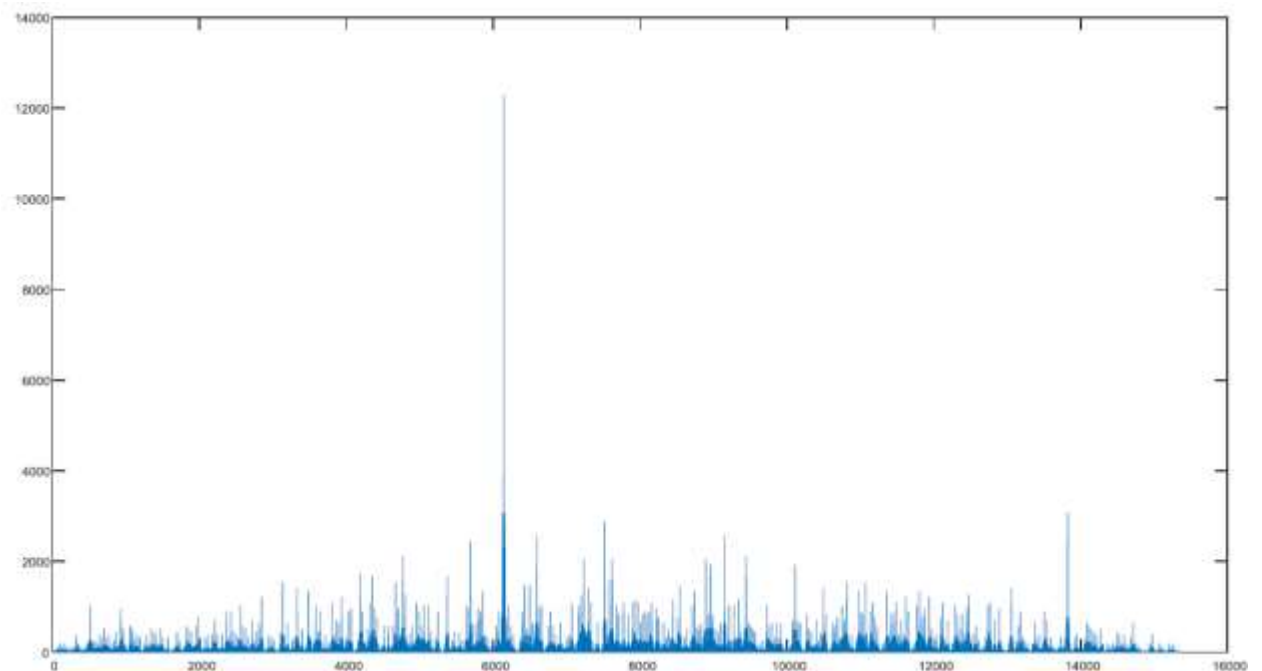


Рисунок 2.8 - Кореляції послідовності, що міститься в сигналі, послідовність із вірною кодовою групою, початок кадру з 3-го слота

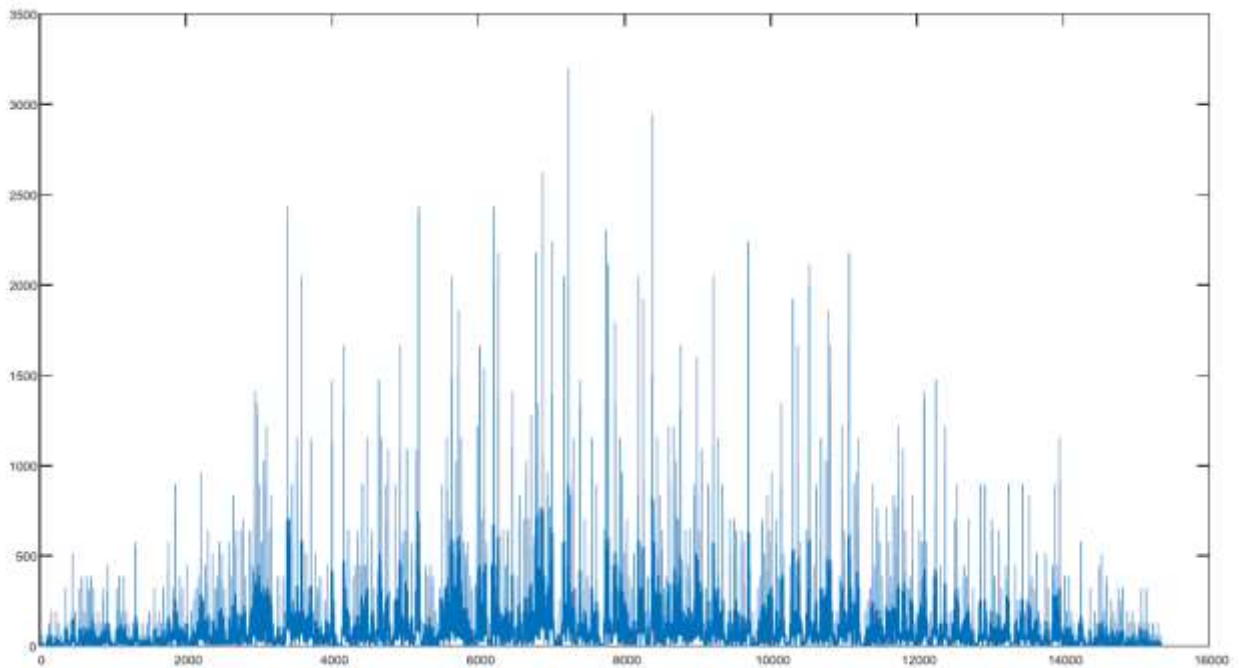


Рисунок 2.9 - Кореляції послідовності, що міститься в сигналі, послідовність із невірною кодовою групою

### 2.2.3 Третій етап синхронізації

На третьому етапі визначається скремблюючий код, що міститься в сигналі. Для цього необхідно сформувати 8 скремблюємих послідовностей, що містяться в кодової групі, визначеної на другому етапі. Оскільки скремблюються канали сигналу, і на третьому етапі використовується P-CPICH, необхідно сформувати 8 каналів P-CPICH, кожен з яких скремблорований своїм кодом. Наступним кроком обчислюється кореляція даних каналів із сигналами на початку кадру. На рис. 2.10 наведені приклади результатів обчислення кореляцій між 8-а пілот - каналами та сигналом на початку кадру. Видно, що максимальна кореляція спостерігається на рис. 2.10, ж, що вказує на цьому скремблюючу послідовність із кодової групи.



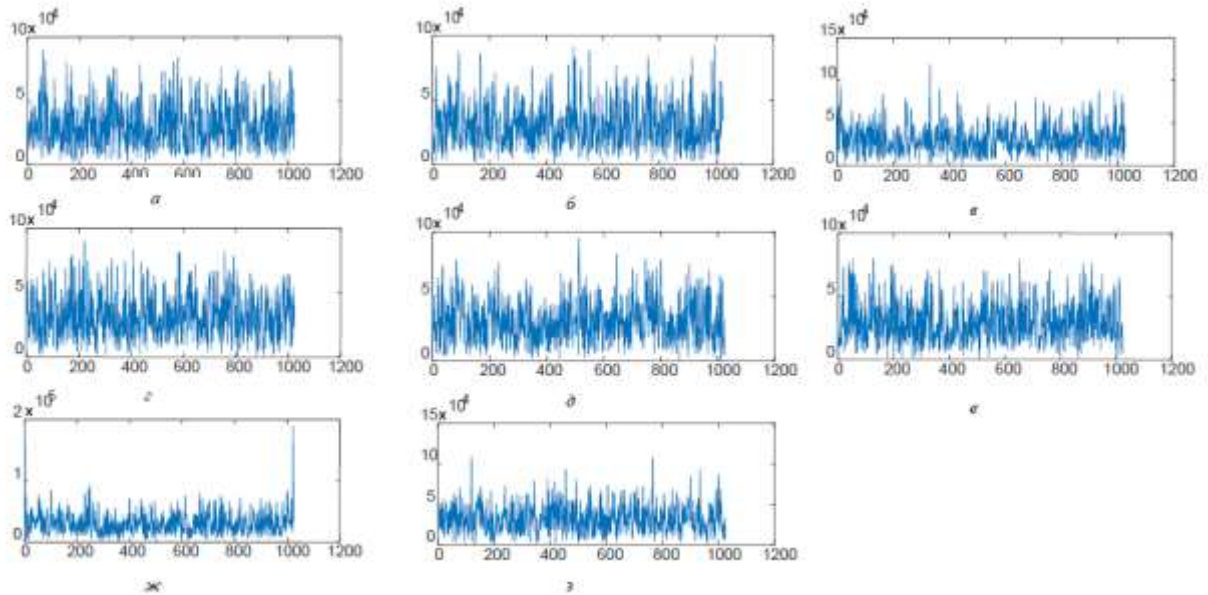


Рисунок 2.10 - Результат кореляції 8-ми каналів P-CPICH з сигналом із початку кадру

### 2.3 Тестування завадостійкості

Розглянемо роботу розробленого алгоритму при різних відносинах сигнал шум. Критерієм роботи алгоритму будемо вважати відношення  $M$  амплітуди головної пелюстки  $A_{гл}$  кореляції сигналу з первинним синхрокодом (тобто рівень кореляції на місці відліку-початку слота) до амплітуди максимального бічного пелюстка  $A_{\max \text{ бок}}$  при заданому відношенні сигнал-шум  $q$ :

$$M = \frac{A_{гл}}{A_{\max \text{ бок}}}.$$

Дану величину будемо вимірювати 1000 разів для всіх відносин сигнал-шум у вибірці, після чого усереднимо результати для кожного відносини сигнал-шум.  $q$  змінюється в межах від - 0,5 Дб до - 55 Дб. До сигналу, за допомогою функції matlab awgn додається білий шум, з параметрами, що забезпечує дане відношення сигнал - шум.

Якщо  $M > 1$ , алгоритм вірно визначає межу слота. Відповідно, величина середнього за 1000 дослідів відносини  $M$  повинна бути більше 1.

З графіка (рис. 2.11) наочно видно, що на рівні  $q = -18.5$  дБ  $M < 1$ , що означає, що при всіх відносинах сигнал-шум нижні значення слота будуть визначатися не вірно.

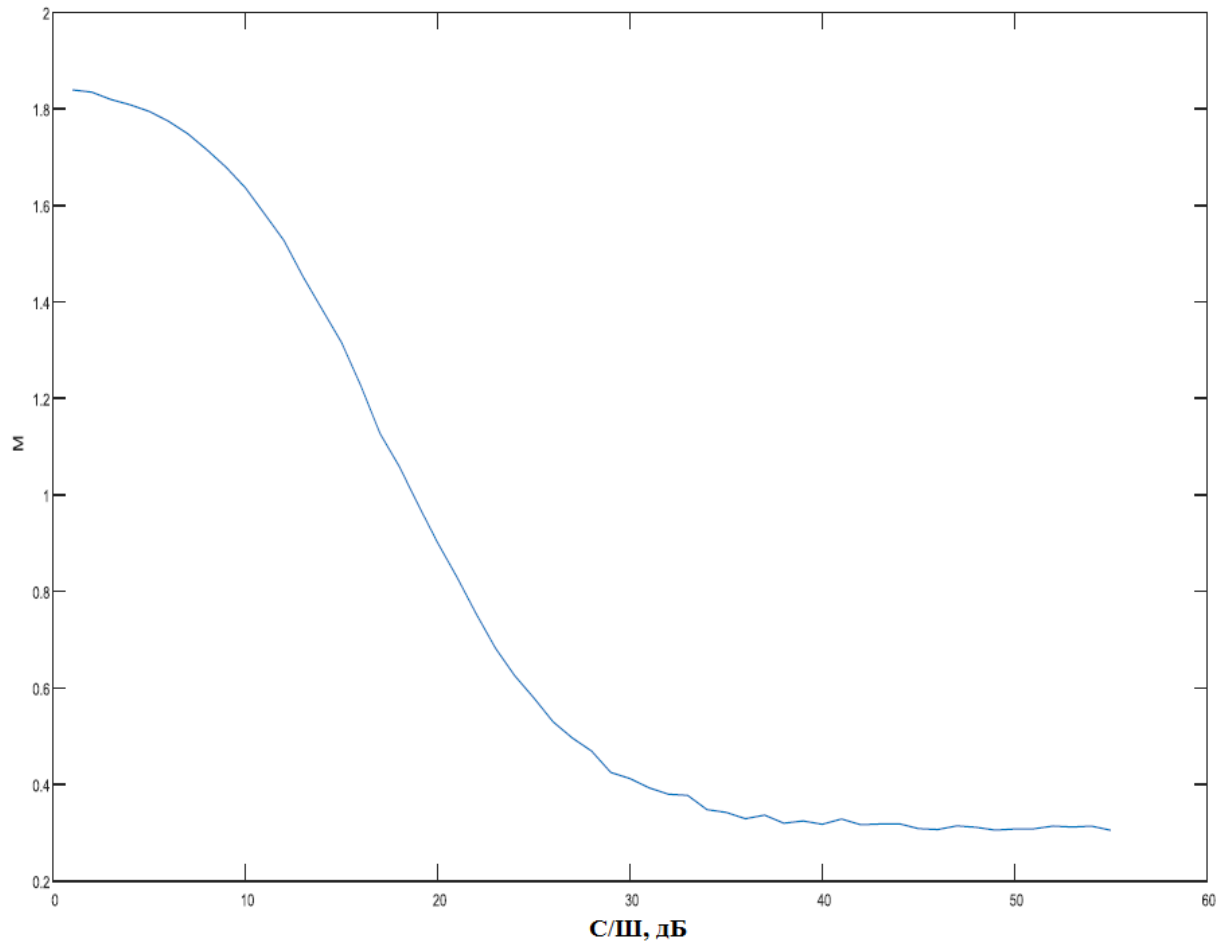


Рисунок 2.11 - Залежність  $M(q)$  без накопичення

На рис. 2.12 представлені залежності  $M(q)$  при різних кількостях накопичувальних кадрів (жирна суцільна лінія - 1 кадр, тонка суцільна лінія - 3 кадри, штрихова лінія - 5 кадрів).

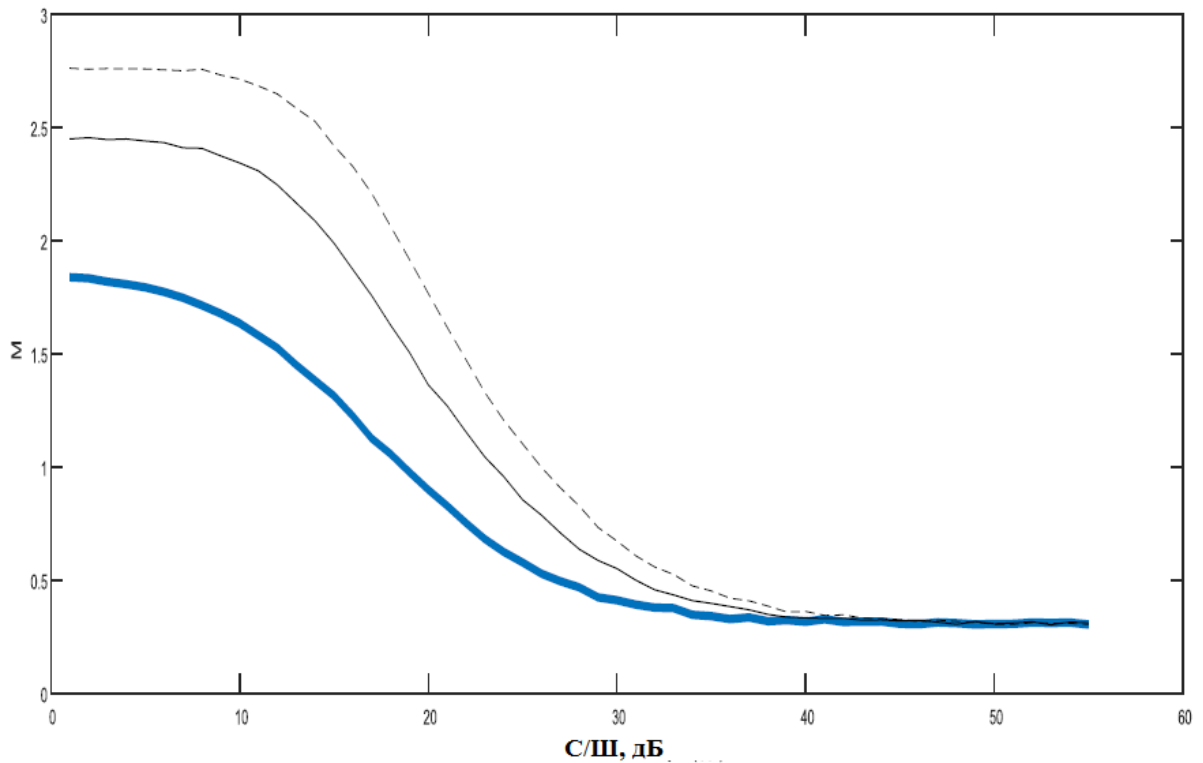


Рисунок 2.12 - Залежність  $M(q)$  при різних кількостях накопичувальних кадрів

Здійснювати накопичення великої кількості кадрів не суттєво, так як виграш в граничному відношенні сигнал - шум не великий, і при цьому, може проявитися нестабільність частоти приймача, або передавача, через що максимуми кореляції, є межами слота та не налягають один на одного.

### 2.3 Розрахунок ємності системи UMTS

В даному розділі розглядається методика аналізу ємності UMTS. Для аналізу взяті вихідні дані, що визначають абонентську навантаження на початковому етапі розгортання мережі.

Вихідні дані для розрахунку:

- Кількість користувачів: 9000;
- Обсяг мовного трафіку від абонента: Табголос = 20 мЕрл;

- Обсяг трафіку відеодзвінка від абонента: Табвідео = 6 мЕрл.

Для уявлення розмірності пакетного трафіку в Ерланген використана формула:

$$\text{Терл} = T (\text{біт} / \text{ч}) / R (\text{біт} / \text{с}) / 3600$$

де Терл - пакетний трафік (Ерл), Т - кількість завантаженої / вивантаженої інформації за годину користувачем (біт/ч), R - швидкість передачі користувача.

- Обсяг пакетного трафіку, що завантажуються (спадна лінія) абонентом в ГНН зі швидкістю передачі даного сервісу 144 кбіт/с. T144DL = 500 Кбайт/год.

$$T144DL_{\text{ерл}} = 8 \cdot 1000 \cdot T144DL / (1000 \cdot 144) / 3600 = 0,008 \text{ Ерл.}$$

- Обсяг пакетного трафіку, що завантажуються (спадна лінія) абонентом в ГНН зі швидкістю передачі даного сервісу 384 Кбіт/с. T384DL = 500 Кбайт/год.

$$T384DL_{\text{ерл}} = 8 \cdot 1000 \cdot T144DL / (1000 \cdot 384) / 3600 = 0,006 \text{ Ерл.}$$

- Обсяг пакетного трафіку, що передається (висхідна лінія) абонентом в ГНН зі швидкістю передачі даного сервісу 144 Кбіт/с. T144UL=200 Кбайт/год.

$$T144UL_{\text{ерл}} = 8 \cdot 1000 \cdot T144UL / (1000 \cdot 144) / 3600 = 0,003 \text{ Ерл.}$$

- Обсяг пакетного трафіку, що передається (висхідна лінія) абонентом в ГНН зі швидкістю передачі даного сервісу 384 Кбіт/с. T384UL = 200 Кбайт/год.

$$T384UL_{\text{ерл}} = 8 \cdot 1000 \cdot T384UL / (1000 \cdot 384) / 3600 = 0,001 \text{ Ерл.}$$

- Необхідний відсоток блокувань виклику 2%.

Розрахунок граничної теоретичної ємності стільниці для висхідній лінії. В UMTS все стільниці системи використовують одну і ту ж частоту, тому ємність даної системи обмежена перешкодами. Отже, допустима ємність системи не повинна призводити до зростання внутрішньо системних перешкод вище заданого рівня. Розрахуємо граничну ємність стільниці, при якій рівень внутрішньо системних перешкод прямує до нескінченності і покриття стільниці зменшується до нуля. Граничну ємність стільниці можна вивести з виразу для відносної завантаження стільниці. Відносна завантаження стільниці може бути обчислена з цього виразу:

$$\eta_{ul} = \sum_{k=1}^{K_N} \frac{1}{1 + \frac{W}{\rho_k \cdot R_k \cdot v}} \cdot (1 + i)$$

де:

$K_N$  - кількість користувачів;

$W$ - швидкість передачі чипів в WCDMA (3.84 Мбіт/с);

$\rho_k$  - необхідне відношення  $E_b / N_0$ ;

$R_k$  - швидкість передачі даних користувача;

$v$  - коефіцієнт заняття послуги;

$i$  - відношення  $I_{oth} / I_{own}$ , де  $I_{oth}$ -прийнята потужність від абонентів оточуючих сот,  $I_{own}$  - прийнята потужність від абонентів обслуговує стільниці.

Беручи до уваги, що вимога до відношенню  $E_b / N_0$ , швидкість передачі даних, однаково для всіх користувачів, можна вивести вираз визначає граничну кількість одночасно обслуговуваних абонентів (граничну ємність стільниці) для кожної з наданих мережею послуг. Формула отримана з вираження для відносної завантаження стільниці, приймаючи, що значення відносної завантаження дорівнює 1.

Зробимо розрахунок граничної ємності стільниці для наданих типів послуг: голосова телефонія, відео-телефонія, передача даних зі швидкістю 144 Кбіт/с, передача даних зі швидкістю 384 Кбіт/с.

Результати розрахунків наведені в таблиці 2.2:

Таблиця 2.2 Виграш від обробки для різних типів послуг

<b>Тип послуги, швидкість передачі даних</b>	<b>Виграш від обробки, раз</b>	<b>Виграш від обробки, дБ</b>
Телефонія, 12,2 кбіт/с	315	25
Відео-телефонія, 64 Кбіт/с	60	18
Передача даних 144 Кбіт/с	27	14
Передача даних 384 Кбіт/с	10	10

## 2.6 Висновки

У приведеному розділі була детально проаналізована процедура прийому та обробки сигналів від базових станцій стандарту UMTS в якості процедури синхронізації. Для незалежного моніторингу стільникових мереж був розроблений алгоритм протоколу UMTS на базі математичної програми MATLAB

## 3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 3.1 Визначення трудомісткості розробки моделі синхронізації сигналів в 3G стандарту UMTS

Трудомісткість – показник, який характеризує витрати робочого часу на виробництво будь-якої споживчої вартості або на виконання конкретної технологічної операції. Трудомісткість розробки моделі синхронізації сигналів в 3G стандарту UMTS можливо розрахувати за формулою (3.1):

$$t = t_0 + t_d + t_{an} + t_c + t_t + t_p \quad (3.1)$$

де  $t_0$  – витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання;

$t_d$  – витрати праці на дослідження стандарту UMTS;

$t_{an}$  – витрати праці на аналіз технології WCDMA та формування каналів;

$t_c$  – витрати праці на створення моделі сигналу UMTS у програмному середовищі MATLAB;

$t_t$  – витрати праці на тестування алгоритму в програмному пакеті MATLAB;

$t_p$  – витрати праці на підготовку документації та детальний опис запропонованого технічного рішення.

У таблиці 3.1 зведені данні тривалості процесів, що мали місце при розробці моделі синхронізації сигналів в 3G стандарту UMTS.

Отже, загальна трудомісткість за формулою 3.1:

$$t = 5 + 20 + 20 + 32 + 35 + 15 = 127 \text{ годин}$$

Таблиця 3.1 – Тривалість робочих процесів при розробці моделі синхронізації сигналів в 3G стандарту UMTS

Назва робочого процесу	Тривалість, год.
Витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання	5
Витрати праці на дослідження стандарту UMTS	20
Витрати праці на аналіз технології WCDMA та формування каналів	20
Витрати праці на створення моделі сигналу UMTS у програмному середовищі MATLAB	32
Витрати праці на тестування алгоритму в програмному пакеті MATLAB	35
Витрати праці на підготовку документації та детальний опис запропонованого технічного рішення	15

### 3.2 Розрахунок витрат на розробку моделі синхронізації сигналів в 3G стандарту UMTS

Витрати на розробку моделі синхронізації сигналів в 3G стандарту UMTS включають витрати на заробітну плату інженера телекомунікацій і вартість машинного часу. Заробітна плата – це винагорода, яку за трудовим договором власник або уповноважений ним орган виплачує працівнику за виконану роботу. Розмір заробітної плати залежить від складності та умов виконуваної роботи, професійно-ділових якостей працівника, результатів його праці та господарської діяльності підприємства в цілому. Заробітна плата інженера телекомунікацій визначається за формулою 3.2:

$$Z_{\text{ЗП}} = t \times C_{\text{спр}}, \text{ год.} \quad (3.2)$$



де  $t$  – загальна трудомісткість розробки, яка розраховується за формулою 3.1, годин;

$С_{пр}$  – середня годинна заробітна плата інженера телекомунікацій (основна і додаткова) з урахуванням єдиного соціального внеску, грн/год.

Середня заробітна плата інженера телекомунікацій на 01.06.2019р. складає 10900 грн. Отже, заробітна плата інженера телекомунікацій з урахуванням премій (20%) і можливих надбавок (15%) складає 14715 грн. Таким чином, річний фонд заробітної плати – 176580 грн. Єдиний соціальний внесок складає 36%, тобто 63568,8 грн.

Річний фонд заробітної плати включає: фонд денної зарплати; оплату відпусток; оплату часу, витраченого на виконання держобов'язків; виплати відрядженим на інші підприємства; оплату за вислугу років та ін. Разом, річний фонд заробітної плати з урахуванням відрахувань на соціальні потреби склав 240148,8 грн.

Номінальний річний фонд часу роботи одного робітника визначається відніманням з повного календарного фонду часу за рік неробочих (вихідних і святкових) днів, відпустки. Він є максимально можливим часом, протягом якого могла б вироблятися робота при встановленому режимі, якби не було жодних втрат робочого часу.

Визначимо номінальний річний фонд робочого часу за формулою 3.3, при цьому прийнявши середню тривалість робочого дня рівної 8 годинам:

$$F_{\text{н}} = (T_{\text{к}} - T_{\text{св}} - T_{\text{вих}} - T_{\text{від}}) \cdot 8 \quad \text{год}, \quad (3.3)$$

де  $T_{\text{к}}$  – кількість календарних днів у році,  $T_{\text{к}} = 365$  днів;

$T_{\text{св}}$  – кількість святкових днів у році,  $T_{\text{св}} = 10$  днів;

$T_{\text{вих}}$  – кількість вихідних днів у році,  $T_{\text{вих}} = 104$  днів;

$T_{\text{від}}$  – календарна тривалість відпустки,  $T_{\text{від}} = 25$  днів.

Отже, річний фонд часу за формулою 3.3 дорівнює:

$$F_{\text{н}} = (365 - 10 - 104 - 25)8 = 1808 \text{ годин}$$

Середня годинна заробітна плата інженера телекомунікацій визначається співвідношенням 3.4, яка має вигляд:

$$C_{зн} = \frac{\Phi ЗП_{сн}}{F_{н}} \quad \text{грн/год}, \quad (3.4)$$

де  $\Phi ЗП_{сн}$  – річний фонд заробітної плати з урахуванням відрахувань на соціальні потреби;

$F_{н}$  – річний фонд робочого часу.

Отже середня годинна заробітна плата інженера телекомунікацій за формулою 3.4 дорівнює:

$$C_{ЗП} = 240148,8 / 1808 = 132,83 \text{ грн}$$

Таким чином, витрати на оплату праці розробника складають з урахуванням формули 3.2 отримаємо:

$$З_{ЗП} = 127 \times 132,83 = 16869,41 \text{ грн}$$

Розрахунок вартості машинного часу, необхідного для розробки на ЕОМ включає витрати на програмне та апаратне забезпечення і витрати за електроенергію, здійснюється по формулі 3.5:

$$З_{мч} = C_o + C_{ел} \quad (3.5)$$

де  $C_o$  – витрати на обладнання, грн;

$C_{ел}$  – витрати на електроенергію, грн.

Для розрахунку вартості машино-часу необхідно знати вартість ЕОМ та ПЗ на момент їх придбання і введення в експлуатацію, і вартість споживаної електроенергії. Відповідні дані представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Вартість необхідного програмного та апаратного забезпечення

Найменування	Вартість, грн
Персональний комп'ютер	9860,00
Монітор	3450,00
Комплект клавіатура+миша	800,00
Операційна система Windows 7 SP1 Professional	2000,00
Matlab 6.5	4500,00
Разом:	20610

Витрати на електроенергію залежать від часу роботи на ЕОМ та собівартості машино-години роботи ЕОМ і розраховується за формулою:

$$C_{ел} = C_{мч} \cdot t \quad (3.6)$$

$$C_{мч} = W \cdot \Pi_{ел} \quad (3.7)$$

Де  $W$  – потужність ЕОМ,  $W = 0,5$  кВт/год.

$\Pi_{ел}$  – вартість  $1кВт \cdot год$  електроенергії. З 1.04.19 за обсяг, спожитий понад 150 кВт·год до 600 кВт·год електроенергії на місяць (включно) складає 1,825 грн.

$$C_{ел} = 0,5 \times 1,825 \times 127 = 115,89 \text{ грн}$$

Враховуючи вартість програмного й апаратного забезпечення та витрати на електроенергію отримаємо вартість машинного часу:

$$З_{мч} = 115,89 + 20610 = 20725,89 \text{ грн}$$

Отже, витрати на розробку моделі синхронізації сигналів в 3G стандарту UMTS:

$$B_{\text{роз}} = 20725,89 + 16869,41 = 37595,3 \text{ грн}$$

### 3.3 Висновок

В економічному розділі розраховані трудомісткість розробки моделі синхронізації сигналів в 3G стандарту UMTS, заробітна плата інженера телекомунікацій, капітальні витрати. Загальні капітальні витрати становлять 37595,3 грн. трудомісткість розробки моделі синхронізації сигналів в 3G стандарту UMTS – 127 годин.

## ВИСНОВОК

В кваліфікаційній роботі було проаналізовано технологію кореляції послідовності, що міститься в сигналі стандарту UMTS. Аналіз проводився із послідовністю із невірною кодовою групою та послідовністю із вірною кодовою групою. В ході моделювання в програмному середовищі Matlab було отримано, що здійснювати накопичення великої кількості кадрів не суттєво, так як виграш в граничному відношенні сигнал - шум не великий, і при цьому, може проявитися нестабільність частоти приймача, або передавача, через що максимуми кореляції, є межами слота та не налягають один на одного.

Розроблена модель синхронізації для сигналів стандарту UMTS може використовуватись в учбовому процесі для дисципліни "Телекомунікаційні системи передачі".

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. 3rd Generation Partnership Project. Physical channels and mapping of transport channels onto physical channels (FDD) //3GPP TS 25.211. – 2000.
2. 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Spreading and modulation (FDD) //3GPP TS 25.213 – 2011
3. Procedures P. L. 3GPP TS 25.214. – 2008.
4. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов. – БХВ-Петербург, 2011.
5. Каршенбойм И. Краткий курс HDL. Часть 1. Введение //Компоненты и технологии. – 2008. – №. 80.
6. Каршенбойм И. Краткий курс HDL. Часть 2. Описание языка Verilog //Компоненты и технологии. – 2008. – №. 81.
7. Holma H., Toskala A. (ed.). WCDMA for UMTS: Radio access for third generation mobile communications. – John Wiley & Sons, 2005.
8. Пухальский Г. И., Новосельцева Т. Я. Цифровые устройства. – СПб.: Политехника, 1996.
9. Семенов В. П. Методические указания по выполнению дополнительного раздела выпускных квалификационных работ бакалавров «Обеспечение качества разработки, продукции, программного продукта» СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2014.
10. Кааранен, Х. Сети UMTS [Текст] / Х. Кааранен. – М.: Техносфера, – 2007. – 315 с.
11. Блайч, Т. Эволюция радиосети доступа в мобильных системах третьей генерации [Текст] / Т. Блайч // Ericsson Nikola Tesla Revija. – 2006. – № 2. – С. 54–68.
12. Берем курс на широкополосный мобильный доступ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.nokia-siemens-networks.com>. 01.06. 2012 г. - Загл. с экрана.

13. Report of the Spectrum Rights and Responsibilities Working Group, Federal Communications Commission Spectrum Policy Task Force [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.fcc.gov/sptf/files/SRRWGFinalReport.doc>. 01.06. 2012 г. - Загл. с экрана.

14. Глоба, Л.С. Использование SDR–решений в реконфигурируемых мобильных сетях [Текст] / Л.С. Глоба, В.В. Курдеча, Н.А. Зингаева // Наукові записки УНДІРТ. – 2011. – № 1(17). – С. 42–50.

15. Поповский, В.В. Проблемы освоения высвобождаемых участков диапазона частот [Текст] / В.В. Поповский, Л.А. Токарь // Радиотехника, всеукр. межведомств. научно-технич. сборник. – 2007. – вып. 148. – С. 177–184.

16. Тихвинский, В.О. Сети мобильной связи LTE: технология и архитектура [Текст] / В. О. Тихвинский, С.В. Терентьев, А.В. Юрчук. – М.: Эко-Трендз. – 2010. – 284 с.

17. 3GPP TR 25.913 Requirements for Evolved UTRA (E-UTRA) and Evolved (E-UTRAN) [Text] / Release 7. – 2006. – V 7.3.0. – 45 p.

### ДОДАТОК А. Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№	Формат	Найменування	Кількість листів	Примітки
<i>Документація</i>				
1	A4	Реферат	3	
2	A4	Список умовних скорочень	1	
3	A4	Зміст	2	
4	A4	Вступ	1	
5	A4	Стан питання. Постановка задачі	13	
6	A4	Спеціальна частина	16	
7	A4	Економічний розділ	6	
8	A4	Висновки	1	
9	A4	Перелік посилань	2	
10	A4	Додаток А	1	
11	A4	Додаток Б	1	
12	A4	Додаток В	1	
12	A4	Додаток Г	1	



## **ДОДАТОК Б. Перелік документів на оптичному носії**

1. Пояснювальна записка
2. Презентація



**ДОДАТОК Г. Відгук керівника кваліфікаційної роботи**  
**В І Д Г У К**  
**на кваліфікаційну роботу студента групи 172-16зск-1 Кокалюк В. Ю.**  
**на тему: «Розробка моделі синхронізації сигналів в 3G**  
**стандарту UMTS»**

Пояснювальна записка складається зі вступу, трьох розділів і висновків, розташованих на 51 сторінках.

Мета кваліфікаційної роботи є актуальною, оскільки вона направлена на розробку алгоритму синхронізації для сигналів стандарту UMTS. Автор зумів відобразити вищезгадану специфіку, аргументовано обґрунтував актуальність теми свого дослідження.

Характеризуючи роботу необхідно відзначити, що вибрана автором логіка дослідження, послідовність і зміст розділів дають змогу якісно розкрити тему.

В економічному розділі розраховані трудомісткість розробки моделі синхронізації сигналів в 3G стандарту UMTS, заробітна плата інженера телекомунікацій, капітальні витрати.

Рівень запозичень у кваліфікаційній роботі відповідає вимогам "Положення про систему виявлення та запобігання плагіату".

Як зауваження необхідно відзначити деякі стилістичні неточності та недостатню проробку окремих питань.

В цілому кваліфікаційна робота бакалавра заслуговує оцінки «задовільно», а її автор присвоєння кваліфікації «Бакалавр з телекомунікації та радіотехніки».

**Керівник спеціальної частини,  
асистент кафедри БІТ**

**Ю.П. Рибальченко**

**Керівник роботи,  
к.т.н., доцент кафедри БІТ**

**О.В. Герасіна**