



Міністерство освіти і науки України  
Державний вищий навчальний заклад  
«Національний гірничий університет»

---

---

Інститут електроенергетики  
Факультет інформаційних технологій  
Кафедра безпеки інформації та телекомунікацій

ЗАТВЕРДЖЕНО:

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

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ**  
на виконання кваліфікаційної роботи магістра

напряму підготовки  
(спеціальності)

*172 Телекомунікації та радіотехніка*

(код і назва спеціальності)

студенту

*172м-16-1*

(група)

*Задорожній Ользі Вячеславівні*

(прізвище ім'я по-батькові)

Тема дипломної роботи

*Вдосконалення алгоритму вибору базової станції в системі бездротового зв'язку*

**1 ПІДСТАВИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ**

Наказ ректора Державного ВНЗ «НГУ» від \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

**2 МЕТА ТА ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ**

Об'єкт досліджень *бездротова система зв'язку стандарту IEEE 802.16e*

Предмет досліджень *алгоритми вибору обслуговуючої базової станції у бездротовій системі зв'язку стандарту IEEE 802.16e*

Мета НДР *зниження тривалості переключення мобільної станції з однієї базової станції на іншу у бездротовій системі зв'язку стандарту IEEE 802.16e*

Вихідні дані для проведення роботи *існуючі алгоритми вибору обслуговуючої базової станції у системах зв'язку*

### 3 ОЧІКУВАНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ

Наукова новизна полягає у визначенні закономірної залежності тривалості переключення мобільної станції з однієї базової станції на іншу та втрати пакетів даних у системи зв'язку стандарту IEEE 802.16e від швидкості мобільної станції

Практична цінність полягає у зниженні часової затримки поновлення обміну даними при розриві з'єднання у бездротовій системі зв'язку стандарту IEEE 802.16e

### 4 ВИМОГИ ДО РЕЗУЛЬТАТІВ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Дати рекомендації щодо застосування алгоритму вибору базової станції в системі бездротового зв'язку стандарту IEEE 802.16e, який, на відміну від відомих, передає повідомлення сповіщення про сусідній мобільний вузол, що дозволяє знизити часову затримку поновлення обміну даними при розриві з'єднання

### 5 ЕТАПИ ВИКОНАННЯ РОБІТ

Найменування етапів робіт	Строки виконання робіт (початок-кінець)
Огляд джерел за темою та напрям досліджень	18.09.17-06.10.17
Методи досліджень	07.10.17-24.11.17
Результати досліджень	25.11.17-15.12.17
Виконання економічного розділу	16.12.17-29.12.17
Оформлення пояснювальної записки	30.12.17-10.01.18

### 6 РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Економічний ефект економія досягається завдяки одноразовим витратам на розробку алгоритму та його застосуванню

Соціальний ефект застосування вдосконаленого алгоритму дозволяє покращити якість зв'язку між абонентами

### 7 ДОДАТКОВІ ВИМОГИ

Завдання видав \_\_\_\_\_  
(підпис)

Гусєв О.Ю.  
(прізвище, ініціали)

Завдання прийняв  
до виконання \_\_\_\_\_  
(підпис)

Задорожня О.В.  
(прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: 01.09.17р.

Термін подання дипломної роботи до ДЕК 16.01.18р.

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: \_\_\_ с., \_\_\_ рис., \_\_\_ табл., \_\_\_ джерел.

Об'єкт дослідження: бездротова система зв'язку стандарту IEEE 802.16e.

Предмет дослідження: алгоритми вибору обслуговуючої базової станції у бездротовій системі зв'язку стандарту IEEE 802.16e.

Мета дипломної роботи: зниження тривалості переключення мобільної станції з однієї базової станції на іншу у бездротовій системі зв'язку стандарту IEEE 802.16e.

У першому розділі проаналізовано існуючі алгоритми вибору обслуговуючої базової станції у бездротових системах зв'язку.

У спеціальній частині був розроблений новий алгоритм вибору обслуговуючої базової станції і змодельована тривалість передачі даних та втрати пакетів від швидкості мобільної станції у системах WiMAX.

В економічному розділі проведені розрахунки капітальних витрат для створення запропонованого алгоритму.

Наукова новизна результатів полягає у визначенні закономірної залежності тривалості переключення мобільної станції з однієї базової станції на іншу та втрати пакетів даних у системи зв'язку стандарту IEEE 802.16e від швидкості мобільної станції.

Практична цінність результатів полягає у зниженні часової затримки поновлення обміну даними при розриві з'єднання у бездротовій системі зв'язку стандарту IEEE 802.16e.

СТІЛЬНИКОВИЙ ЗВ'ЯЗОК, МОБІЛЬНА СТАНЦІЯ, БАЗОВА СТАНЦІЯ, МІСЦЕПОЛОЖЕННЯ АБОНЕНТІВ, СПЕКТР СИГНАЛА, ЧАСТОТА.

## РЕФЕРАТ

Пояснительная записка: \_\_\_ с., \_\_\_ рис., \_\_\_ табл., \_\_\_ источн.

Объект исследования: беспроводная система связи стандарта IEEE 802.16e.

Предмет исследования: алгоритмы выбора обслуживающей базовой станции в беспроводной системе связи стандарта IEEE 802.16e.

Цель дипломной работы: снижение длительности переключения мобильной станции с одной базовой станции на другую в беспроводной системе связи стандарта IEEE 802.16e.

В первом разделе были проанализированы существующие алгоритмы выбора обслуживающих базовых станций в беспроводных системах связи.

В специальной части был разработан новый алгоритм выбора обслуживающих базовых станций и смоделирована длительность передачи данных и потери пакетов от скорости мобильной станции в системах WiMAX.

В экономическом разделе произведены расчеты капитальных затрат для создания предложенного алгоритма.

Научная новизна результатов заключается в определении закономерности зависимости длительности переключения мобильной станции с одной базовой станции на другую и потере пакетов данных в системе связи стандарта IEEE 802.16e от скорости мобильной станции.

Практическая ценность результатов заключается в снижении временной задержке обновления обменом данными при разрыве соединения в беспроводной системе связи стандарта IEEE 802.16e.

СОТОВАЯ СВЯЗЬ, МОБИЛЬНАЯ СТАНЦИЯ, БАЗОВАЯ СТАНЦИЯ, МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ АБОНЕНТОВ, СПЕКТР СИГНАЛА, ЧАСТОТА.

## ABSTRACT

Explanatory note: \_\_\_ p., \_\_\_ fig., \_\_\_ tab., \_\_\_ sources.

The object of research: wireless communication network of standard IEEE 802.16e.

The subject of investigation: is algorithms of choice of the attendant base station in a wireless communication of standard of IEEE network 802.16e.

The aim of the thesis: decline of duration of switching of the mobile station from one base station on other in a wireless communication of standard of IEEE network 802.16e.

In the first division the existent algorithms of choice of the attendant base stations were analysed in off-wire communication networks.

In the special part the new algorithm of choice of the attendant base stations was worked out and duration of communication of data and loss of packages is modelled from speed of the mobile station in the systems of WiMAX.

In an economic division the calculations of capital investments are produced for creation of an offer algorithm.

Scientific novelty of the results consists in determination of appropriate dependence of duration of switching of the mobile station from one base station on other and loss of packages given in communication of standard of IEEE networks 802.16e from speed of the mobile station.

Practical value of the results consists in the decline of sentinel delay of proceeding in the exchange of data at the break of connection in a wireless communication of standard of IEEE network 802.16e.

CELL NETWORK, MOBILE STATION, BASE STATION, LOCATION SUBSCRIBERS, SIGNAL SPECTRUM, FREQUENCY.

## СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- BS – базова станція;
- BSS – підсистема базових станцій;
- GSM – глобальна система мобільного зв'язку;
- IEEE – інститут інженерів по електротехніці і радіоелектроніці;
- IEEE 802.16a – це система зв'язку з широкопasmовим бездротовим доступом, що використовує схеми OFDM/OFDMA;
- IEEE 802.16e – це система зв'язку, в якій мобільність SS додана в систему зв'язку IEEE 802.16a;
- LAN – бездротова локальна обчислювальна мережа;
- MAN – бездротова міська обчислювальна мережа;
- MSS – мобільна абонентська станція;
- OFDM – це цифрова схемна модуляція;
- OFDMA – схему множинного доступу з ортогональним частотним розділенням сигналів;
- QoS – якість послуг, які надає комунікаційна мережа;
- SS – абонентській станції;
- VoIP – голосовий зв'язок по IP протоколу;
- WiMAX – стандарт бездротового зв'язку, що забезпечує широкопasmовий зв'язок на значні відстані;
- ЛОМ – локальна обчислювальна мережа;
- МОМ – міська обчислювальна мережа;
- МОС – міжнародна організація стандартів;
- ПЗ – програмне забезпечення;
- РЧ – радіочастотні сигнали;
- ШБД – широкопasmовий бездротовий доступ.

## ЗМІСТ

с.

ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1. АЛГОРИТМИ ВИБОРУ ОБСЛУГОВУЮЧОЇ БАЗОВОЇ СТАНЦІЇ У БЕЗДРОТОВИХ СИСТЕМАХ ЗВ'ЯЗКУ .....	13
1.1 Історія розвитку мобільного зв'язку у світі .....	13
1.2 Технології OFDM та OFDMA .....	14
1.3 Вибір обслуговуючої базової станції у бездротових системах зв'язку .....	16
1.4 Система зв'язку IEEE 802.16а.....	17
1.5 Система зв'язку IEEE 802.16е.....	30
1.6 Формулювання мети та постановка задачі дослідження .....	47
1.7 Висновок .....	48
РОЗДІЛ 2. УДОСКОНАЛЕНИЙ АЛГОРИТМ ВИБОРУ ОБСЛУГОВУЮЧОЇ БАЗОВОЇ СТАНЦІЇ У БЕЗДРОТОВІЙ СИСТЕМІ ЗВ'ЯЗКУ СТАНДАРТУ IEEE 802.16Е.....	49
2.1 Удосконалений алгоритм .....	49
2.2 Дослідження ефективності застосування удосконаленого алгоритму вибору обслуговуючої базової станції .....	73
2.3 Висновок .....	76
РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	78
3.1 Визначення трудомісткості розробки алгоритму вибору обслуговуючої базової станції у бездротових системах зв'язку стандарту IEEE 802.16е.....	78
3.2 Розрахунок витрат на розробку алгоритму .....	80
3.3 Розрахунок доходу .....	84
3.4 Висновок .....	85
ВИСНОВКИ.....	86
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	87



	9
ДОДАТОК А.....	90
ДОДАТОК Б.....	91
ДОДАТОК В.....	92

## ВСТУП

Мобільний (рухомий, бездротовий, стільниковий) зв'язок (мобільні телекомунікації) – технології, що дозволяють абонентам залишатись на зв'язку під час руху, вдома, на роботі, в транспорті, в роумінгу і, навіть, на морі; це електровз'язок із застосуванням радіотехнологій, під час якого кінцеве обладнання хоча б одного із споживачів може вільно переміщатися в межах усіх пунктів закінчення телекомунікаційної мережі, зберігаючи єдиний унікальний ідентифікаційний номер мобільної станції.

Робота мобільного зв'язку забезпечується розвинутою мережею базових станцій (фіксованих антен), які передають інформацію на комутаційні центри за допомогою радіочастотних сигналів (РЧ-сигнали). З метою забезпечення підвищення якості мобільного зв'язку оператори збільшують кількість базових станцій та здійснюють їх постійне переоснащення відповідно до найновітніших технологічних розробок галузі.

Багато телекомунікаційних компаній роблять великі ставки на використання WiMAX для надання послуг високошвидкісного зв'язку. І тому є кілька причин. По-перше, технології сімейства 802.16 дозволяють економічно більш ефективно (у порівнянні з провідниковими технологіями) не тільки надавати доступ в мережу новим клієнтам, але й розширювати спектр послуг і охоплювати нові важкодоступні території. По-друге, бездротові технології для багатьох простіші у використанні, ніж традиційні дротові канали. Мережі WiMAX і Wi-Fi прості в розгортанні і по мірі необхідності легко масштабуються. Цей фактор виявляється дуже корисним, коли необхідно розгорнути велику мережу в найкоротші терміни. Наприклад, WiMAX був використаний для того, щоб надати доступ в мережу тим, хто вижив після цунамі, що сталось у грудні 2004 року в Індонезії (Асех). Вся комунікаційна інфраструктура області була виведена з ладу і було потрібно оперативне відновлення послуг зв'язку для всього регіону.

В сумі всі ці переваги дозволять знизити ціни на надання послуг високошвидкісного доступу в Інтернет як для бізнес-структур, так і для приватних осіб.

Стільниковий зв'язок – один із видів мобільного радіозв'язку, в основі якого лежить стільникова мережа. Особливість стільникового зв'язку полягає в тому, що зона покриття ділиться на «стільники», що визначається зонами покриття окремих базових станцій (BSS). Базові станції розташовують на дахах будинків і окремих вежах. Увімкнений стільниковий телефон прослуховує радіоефір, шукаючи сигнал базової станції. Після цього телефон посилає станції свій унікальний ідентифікаційний код. Телефон і станція підтримують постійний радіоконтакт, періодично обмінюючись пакетами даних. Стільникові мережі різних операторів з'єднані одна з одною, а також зі стаціонарною телефонною мережею. Це дозволяє абонентам одного оператора робити дзвінки абонентам іншого оператора, з мобільних телефонів на стаціонарні та зі стаціонарних на мобільні.

Стільники частково перекриваються й разом утворюють мережу. На ідеальній (рівній і без забудови) поверхні зона покриття однієї базової станції являє собою коло, тому складена з них мережа має вигляд шестикутних зон (бджолиних стільників). У тунелі метрополітену покриття стільникового зв'язку відбувається спеціальним випромінюючим кабелем.

Матеріали викладені у дипломній роботі відносяться до системи зв'язку з широкосмуговим безпроводним доступом, а конкретніше до пристрою і способу вибору обслуговуючої базової станції згідно з розривом з'єднання мобільної абонентської станції при обміні даними.

Технічним результатом є зменшення тимчасової затримки відновлення обміну даними при розриві з'єднання. Мобільна абонентська станція приймає інформацію про сусідні базові станції від обслуговуючої базової станції і відстежує смуги частот сусідніх базових станцій, включених в інформацію про сусідні базові станції, коли виявлений розрив з'єднання. Виявлення цільових базових станцій, що допускають обслуговування в якості нової обслуговуючої

базової станції, потрібно для обміну даними з мобільною абонентською станцією, коли відбувається розрив з'єднання в мобільній абонентській станції. Мобільна абонентська станція вибирає нову обслуговуючу базову станцію з виявлених цільових базових станцій, щоб мобільна абонентська станція могла наново встановити зв'язок з новою обслуговуючою базовою станцією впродовж короткого періоду часу.

## РОЗДІЛ 1. АЛГОРИТМИ ВИБОРУ ОБСЛУГОВУЮЧОЇ БАЗОВОЇ СТАНЦІЇ У БЕЗДРОТОВИХ СИСТЕМАХ ЗВ'ЯЗКУ

### 1.1 Історія розвитку мобільного зв'язку у світі

Стільниковий зв'язок – один із видів мобільного радіозв'язку, в основі якого лежить стільникова мережа. Особливість стільникового зв'язку полягає в тому, що зона покриття ділиться на «стільники», що визначається зонами покриття окремих базових станцій. Стільники частково перекриваються й разом утворюють мережу. На ідеальній (рівній і без забудови) поверхні зона покриття однієї базової станції являє собою коло, тому складена з них мережа має вигляд шестикутних зон (бджолиних стільників).

Мережу становлять рознесені в просторі прийомопередавачі, що працюють у тому самому частотному діапазоні, і комутувальне устаткування, що дозволяє визначати поточне місце розташування рухливих абонентів і забезпечувати безперервність зв'язку при переміщенні абонента із зони дії одного прийомопередавача в зону дії іншого.

В 1947 році співробітником відомої лабораторії, створеної винахідником телефону Беллом (США), була висунута чудова ідея стільникового принципу організації мереж рухомого зв'язку. У таких мережах зони обслуговування окремих БС утворюють стільники, розмір яких визначається територіальною щільністю абонентів мережі. Частотні канали, які використовуються для роботи однією з БС мережі, можуть повторно розподілятися за певним законом для роботи інших БС, що входять у цю мережу. В стільникових мережах абонент, переміщаючись із зони дії однієї базової станції в іншу, може підтримувати постійний зв'язок як з рухомим абонентом, так і з абонентом ТМЗК. Такі мережі охоплюють великі території, і абонент, якщо він знаходиться в зоні дії хоча б однієї з БС, що входить в загальну мережу, може вийти на зв'язок або його може викликати інший абонент незалежно від свого місцезнаходження (послуга роумінгу).

Через двадцять років ця ідея знайшла своє втілення в стільникових мережах рухомого зв'язку загального користування. Впровадження таких

мереж починається з 70-х років, спочатку в США, а пізніше в європейських країнах, в Японії і в інших регіонах світу. Завдяки їх створення нові послуги рухомого зв'язку стали доступними для сотень мільйонів людей багатьох країн світу.

Стільникові технології пройшли декілька етапів розвитку:

- 1G-технології. Початок 80-х. Перше покоління стільникових мереж використовувало аналогові технології для передачі телефонних розмов;
- 2G-технології. Середина 90-х. Цифрове кодування та передавання мовлення і коротких текстових повідомлень;
- 2.5G-технології. 2001 рік (США). Цифрові мережі з передаванням мовлення, тексту, приєднання до Internet;
- 3G-технології. Технології наступного покоління. Швидкість передавання до 2 Мбіт/с. Передавання мультимедійних даних.

## 1.2 Технології OFDM та OFDMA

Передача інформації за допомогою сигналів з ортогональним частотним поділом (OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplexing) стала стандартом для багатьох сучасних радіосистем у зв'язку з рядом переваг, до яких відносяться: висока спектральна ефективність, низький рівень міжсимвольної інтерференції, висока якість передачі в умовах частотно-селективних завмирань. До числа їх відноситься IEEE 802.11a,g – бездротові локальні мережі, IEEE 802.16 – широкосмуговий бездротовий зв'язок, DVB-T2 – цифрове телевізійне віщання, DRM – цифрове радіомовлення й ін. Сюди ж можна додати перспективну систему з підвищеною швидкістю передачі на основі сполученої технології ортогонального частотного й просторового поділу (MIMO OFDM – multiple Input, multiple Output OFDM) – 802.11n.

Ідея передачі даних сигналами з OFDM (рис. 1.1) ґрунтується на технології передачі даних із використанням великої кількості несучих і полягає в тому, що потік переданих даних розподіляється по деякому набору частотних підканалів (піднесучих), і передача ведеться на них паралельно. За рахунок

поділу переданого високошвидкісного потоку даних кількість відносно низькошвидкісних підканалів (каналів), кожний з яких модулюється своєю піднесивною, сигнали з OFDM забезпечують високу завадостійкість прийому в умовах міжсимвольної інтерференції та вузько смугових завад.

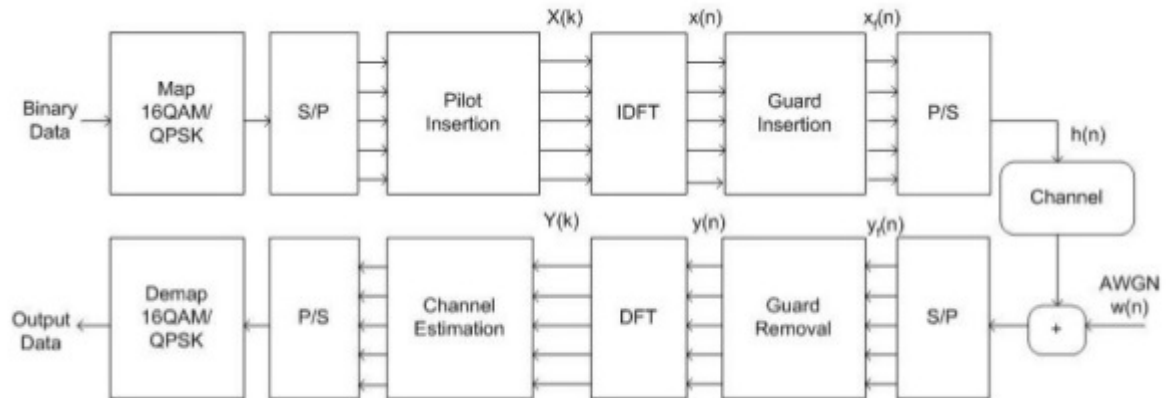


Рисунок 1.1 – OFDM

Множинний доступ з ортогональним частотним розділенням (OFDMA) є поліпшеною технологією OFDM і застосовується в Mobile WiMAX, також будучи основою для систем мобільного широкосмугового доступу наступних поколінь. Так само цю технологію можна назвати розрахованою на багато користувачів версією OFDM. Відмінність полягає в тому, що OFDMA приписує набори тих, що піднесуть окремим користувачам, тим самим дозволяючи одночасну низько швидкісну передачу даних для декількох абонентів.

З точки зору формування модуляційних символів OFDMA аналогічний OFDM: OFDMA - символ включає власне зону передачі даних і попередній йому захисний інтервал (повтор початкового фрагмента символу), призначений для відвертання міжсимвольної інтерференції).

У режимі OFDMA піднесучих значно більше, ніж в OFDM – до 2048 замість 256, відповідно і число підканалів стає достатнім для організації роботи мережі: в різних режимах їх від 32 до 70, по 24 або 48 що інформаційних, піднесучих в кожному. Використовуються не усі 2048 піднесучих – близько 200 нижніх і 200 верхніх частот складають захисний інтервал каналу і не модулюються. Також не використовується центральна частота каналу (частота з індексом 1024). Крім того, частина тих піднесучих – пілотні, призначені для

службових цілей, а не для передачі інформації. Точне число пілотних піднесучих частот в захисних інтервалах трохи варіюється залежно від режимів OFDMA.

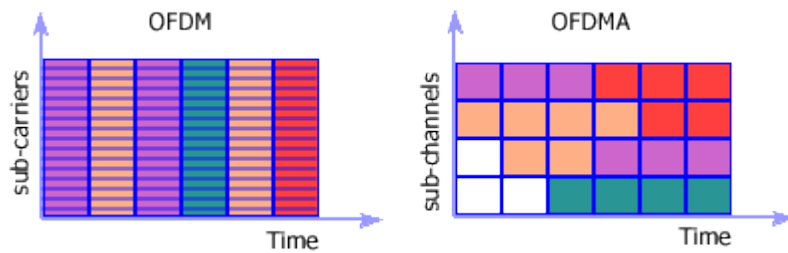


Рисунок 1.2 – Підвищення піддіапазону в WiMAX

У системі OFDMA потік даних ділиться на декілька паралельних підпотоків з нижчою швидкістю передачі (що призводить до збільшення тривалості символу), це підвищує стійкість OFDMA до розкиду затримки.

Основні переваги сигналу полягає в тому, що будь-який частотний сигнал не створює перешкод сусіднім частотним сигналам завдяки ортогональності частот, тобто відсутня перешкода, що виникає від багатопроменевого поширення. Основним недоліком методу OFDMA є серйозне завмирання сигналу, тобто амплітуди певних частотних сигналів знижуються. Оскільки в кожній системі OFDMA використовується один і той же набір частот, усі сусідні стільники створюватимуть перешкоди один одному. З цієї причини використання усіх сотів, працюючих в одній і тій же смузі частот системи OFDMA не можливо. Це може створювати проблеми, бо дискретні частотні сигнали використовуються для передачі цифрових символів.

### 1.3 Вибір обслуговуючої базової станції у бездротових системах зв'язку

Останнім часом проводилися наукові дослідження систем зв'язку 4 покоління (4G) для того, щоб надавати абонентам послуги, що мають чудову якість обслуговування (QoS) при більш високих швидкостях передачі. Зокрема, активно проводилися дослідження відносно систем зв'язку 4G для того, щоб надавати високошвидкісні послуги, що мають чудове QoS, за допомогою систем зв'язку з широкосмуговим бездротовим доступом, таких як системи зв'язку на основі бездротової локальної обчислювальної мережі (ЛІОМ, LAN) і



системи зв'язку на основі бездротової міської обчислювальної мережі (МOM, MAN), при цьому забезпечуючи мобільність систем зв'язку з широкосмуговим безпроводним доступом.

Система бездротового зв'язку на основі MOM має велику зону обслуговування і надає більш високу швидкість передачі, ніж система на основі ЛВС, і, по суті, система бездротового зв'язку на основі MOM адаптована для послуги високошвидкісної передачі даних. Проте, система бездротового зв'язку на основі MOM не бере до уваги мобільність користувача, тобто абонентській станції (SS), тому передача обслуговування, яку потрібно, коли SS переміщається на високій швидкості, не враховується в системі бездротового зв'язку на основі МОС. Система бездротового зв'язку на основі MOM – це один тип системи зв'язку з широкосмуговим бездротовим доступом, і вона має більшу зону обслуговування порівняно з системою бездротового зв'язку MOM.

Щоб надати широкосмугову транспортну мережу для фізичного каналу системи безпроводного зв'язку MOM, запропонована система зв'язку IEEE (Інститут інженерів по електротехніці і радіоелектроніці) 802.16а, що використовує схему мультиплексування з ортогональним частотним розділенням сигналів (OFDM) і схему множинного доступу з ортогональним частотним розділенням сигналів (OFDMA).

Оскільки система зв'язку IEEE 802.16а застосовує схеми OFDM/OFDMA до безпроводної системи на основі MOM, сигнали фізичного каналу можуть передаватися за допомогою безлічі допоміжних несучих, так щоб була можлива високошвидкісна передача даних. Коротко, система зв'язку IEEE 802.16а – це система зв'язку з широкосмуговим бездротовим доступом, що використовує схеми OFDM/OFDMA.

#### 1.4 Система зв'язку IEEE 802.16а

Структура традиційної системи зв'язку IEEE 802.16а на рисунку 1.3.

Система зв'язку IEEE 802.16a (рисунок 1.3) має структуру з однією соотою і включає базову станцію (BS) і безліч SS, керованих базовою станцією. Базова станція виконує обмін даними з SS за допомогою схем OFDM/OFDMA.

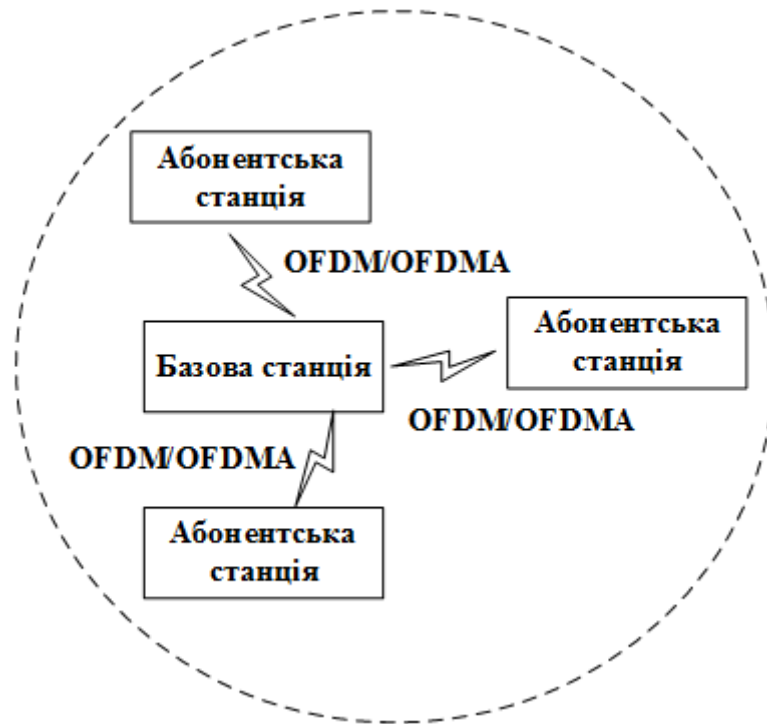


Рисунок 1.3 – Схема традиційної системи зв'язку IEEE 802.16a

Структура кадру лінії "вниз" (незхідній лінії зв'язку) системи зв'язку IEEE 802.16a показана на рисунку 1.4.

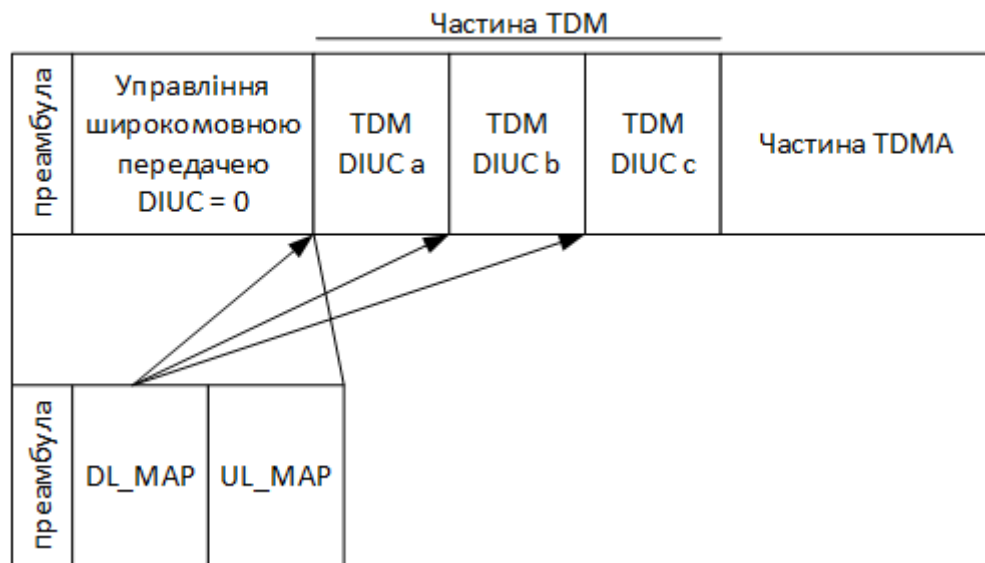


Рисунок 1.4 – Структурна кадру лінії "вниз" традиційної системи зв'язку IEEE 802.16a

Кадр лінії "вниз" (рисунок 1.4) включає поле преамбул (попереднє службове поле), поле управлінь широкомовною передачею, безліч полів мультиплексувань з тимчасовим сигналом (TDM). Синхронний сигнал, тобто послідовність преамбул для синхронізації SS з базовою станцією, передається за допомогою поля преамбул. Поле управлінь широкомовною передачею включає поле DL (лінія "вниз - низхідна лінія зв'язку) MAP і поле UL (лінія "вгору" - висхідна лінія зв'язку) MAP. Поле DL\_MAP - це поле для передачі повідомлення DL\_MAP. Інформаційні елементи (IE), включені в повідомлення DL\_MAP, представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Перелік інформаційних елементів

Синтаксис	Розмір	Примітки
DL_MAP Message Format () {	-	-
Management Message Type = 2	8 біт	-
PHY Synchronization Field	Перемінний	Дивитися відповідну специфікацію протоколу PHY
DCD Count	8 біт	-
Base Station ID	48 біт	-
Number of DL_MAP Element n	16 біт	-
Begin PHY specific section {	-	Дивитися застосований розділ специфікації PHY
for (i=1; i<=n; i++)	-	Для кожного елементу DL_MAP від 1 до n
DL_MAP Information Element ( )	Перемінний	Дивитися відповідну специфікацію протоколу PHY
if ! (byte boundary) { padding Nibble } }	4 біти	Заповнення вільного місця пробілами для досягнення межі по байтам

Як показано в таблиці 1.1, повідомлення DL\_MAP включає безліч ІЕ, наприклад, Management Message Type, яке має бути передане, PHY (physical) Synchronization Field, що відповідає схемам модуляції/демодуляції, що застосовуються до фізичного каналу для досягнення синхронізації, DCD Count, що представляє число, що відповідає розкиду конфігурації повідомлення опису каналу лінії "вниз" (DCD), включає профіль пакетних сигналів лінії "вниз", Base Station ID і Number of DL\_MAP Elements n, представляє число елемент, залишився після Base Station ID. Повідомлення DL\_MAP також включає інформацію, пов'язану з кодами виміру дальності, призначеними кожному виміру дальності, який описаний далі. Крім цього, поле UL\_MAP - це поле для передачі повідомлення UL\_MAP. ІЕ, включені в повідомлення UL\_MAP, представлені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – ІЕ повідомлення UL\_MAP

Синтаксис	Розмір	Примітки
UL_MAP Message Format () {	-	-
Management Message Type = 3	8 біт	-
Uplink Channel ID	8 біт	-
UCD Count	8 біт	-
Number of UL_MAP Element n	16 біт	-
Allocation Start Time	32 біти	-
Begin PHY specific section {	-	Див. застосовуваний розділ специфікації PHY
for (i=1; i<=n; i++)	-	Для кожного елемента DL_MAP від 1 до n
UL_MAP Information_ Element () }}}	Перемінний	Див. відповідну специфікацію протоколу PHY

Як показано в таблиці 1.2, повідомлення UL\_MAP включає безліч IE, наприклад, Management Message Type, представляючий тип повідомлення, яке має бути передане, Uplink Channel ID, представляючий ідентифікатор доступного каналу лінії "вгору", UCD Count, що представляє число, що відповідає розкиду конфігурації повідомлення опису каналу лінії "вниз" (UCD), включає профіль пакетних сигналів лінії "вгору", і Number of UL\_MAP Elements n, що представляє число елементів, що залишилися після UCD Count. Uplink Channel ID призначається тільки підрівню управління доступом до передавального середовища (MAC). Поля TDM – це поля, що відповідають тимчасовим інтервалам, які призначаються відповідно до схем TDM/TDMA (множинного доступу з тимчасовим розділенням сигналів), відповідними SS. Базова станція передає широкомовну інформацію SS, які управляються базовою станцією, за допомогою поля DL\_MAP кадру лінії "вниз" за допомогою заздалегідь вибраної центральної несучої. Коли SS включаються, вони відстежують усі смуги частот, які заздалегідь встановлені для виявлення сигналу опорного каналу, наприклад сигналу контрольного каналу (каналу пілот-сигналу), що має найбільш високе відношення потужності що несе до перешкоди і шуму (CINR). SS вибирає базову станцію, яка передала контрольний сигнал (пілот-сигнал), що має найбільш високе значення CINR, як базова станція для SS. SS потім може розпізнати інформацію, що управляє лінією "вгору" і "вниз" SS, і інформацію, що представляє фактичну позицію передачі/прийому даних за допомогою перевірки поля DL\_MAP і UL\_MAP кадру лінії "вниз", переданого від базової станції. Конфігурація повідомлення UCD представлена в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Конфігурація повідомлення UCD

Синтаксис	Розмір
UCD Message Format () {	-
Management Message Type = 0	8 біт
Uplink Channel ID	8 біт

Продовження таблиці 1.3

Синтаксис	Розмір
Configuration Change Count	8 біт
Mini-Slot Size	8 біт
Ranging Backoff Start	8 біт
Ranging Backoff End	8 біт
Request Backoff Start	8 біт
Request Backoff End	8 біт
TLV Encoded Information For The Overall Channel	Перемінний
Begin PHY Specific Section {	-
for (i=1; i<=n; i+n)	-
Uplink Burst Descriptor }	Перемінний

Як показано в таблиці 1.3, повідомлення UCD включає безліч ІЕ:

- Management Message Type (тип повідомлення управління), що представляє тип повідомлення, яке має бути передане;
- Uplink Channel ID (ідентифікатор каналу лінії "вгору"), представляє ідентифікатор доступного каналу лінії "вгору";
- Configuration Change Count (лічильник змін конфігурації), підрахований у базовій станції;
- Mini - Time Slot Size (розмір тимчасового міні-інтервалу), представляє розмір тимчасового міні-інтервалу фізичного каналу лінії "вгору";
- Ranging Backoff Start (початок втрати потужності при вимірі дальності), що представляє початкову точку втрати потужності за допомогою початкового виміру дальності, тобто розмір вікна початкової втрати потужності;
- Ranging Backoff End (закінчення втрати потужності при вимірі дальності), представляє кінцеву точку втрати потужності за допомогою початкового виміру дальності.

- Request Backoff End (закінчення втрати потужності за запитом), що представляє кінцеву точку втрати потужності для конфліктних даних і запитів, тобто представляє розмір вікна кінцевої втрати потужності.

Значення втрати потужності - цей час очікування, потрібний для наступного виміру дальності, якщо поточний завершується похибкою. Якщо SS не може виконати вимір дальності, базова станція повинна передати значення втрати потужності, тобто час очікування для наступного виміру дальності, в SS. Наприклад, якщо значення втрати потужності визначене рівним 10 на основі значень Ranging Backoff Start і Ranging Backoff End, SS повинна виконати наступний вимір дальності після передачі 210 можливостей виміру дальності (1024 можливостей виміру дальності) згідно з усіченим алгоритмом розрахунку втрати потужності в двійковому порядку.

Структура кадру лінії "вгору" системи зв'язку IEEE 802.16a з посиланням на рисунок 1.5.

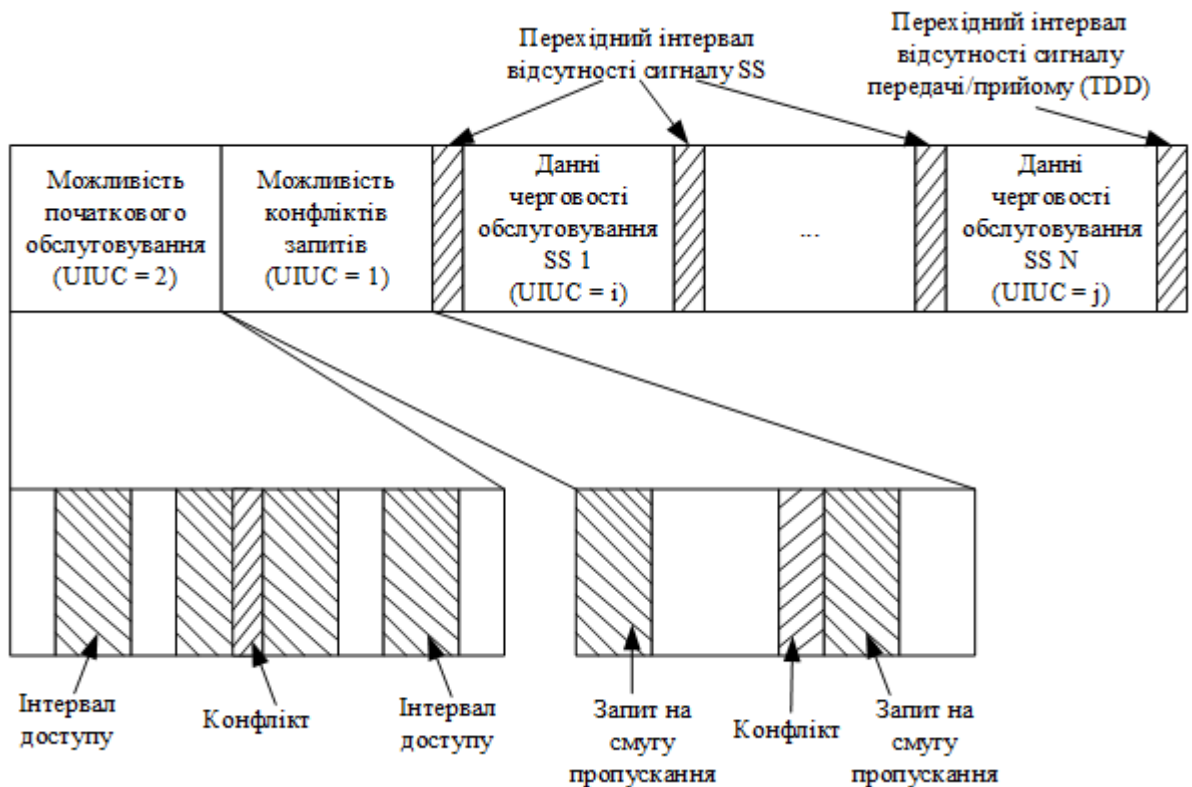


Рисунок 1.5 – Структура кадру лінії "вгору" системи зв'язку IEEE 802.16a

Перед поясненням до рисунку 1.5 наводиться опис вимірів дальності, таких як початковий вимір дальності, обслуговуючий вимір дальності (періодичний), і вимір дальності при запиті на смугу пропускання, що використовуються в системі зв'язку IEEE 802.16a.

Початковий вимір дальності виконується для того, щоб синхронізувати базову станцію з SS, при якому точно настроюється зміщення часу і потужність передачі між SS і базовою станцією. Тобто після того, як SS включена, вона приймає повідомлення DL\_MAP і повідомлення UL\_MAP/UCD для того, щоб синхронізуватися з базовою станцією. Далі виконується початковий вимір дальності SS для того, щоб настроїти зміщення часу і потужність її передачі відносно базової станції. Оскільки система зв'язку IEEE 802.16a використовує схеми OFDM/OFDMA, для початкового виміру дальності потрібні підканали дальності і коди виміру дальності. Таким чином, базова станція призначає доступні коди виміру дальності SS згідно з метою або типом виміру дальності.

Коди виміру дальності створюються за допомогою сегментації послідовності псевдо шуму (PN), що має заздалегідь визначену довжину у бітах, на блоки коду виміру дальності. Загалом, два підканали виміру дальності, що мають довжину 53 біта, формують один канал, і код PN сегментується за допомогою каналу виміру дальності, що має довжину 106 біт, тим самим, формуючи коди виміру дальності. Ці коди виміру дальності призначаються SS (наприклад, максимум 48 кодів виміру дальності (RC1 - RC48) можуть бути призначені SS). Щонайменше, два коди виміру дальності використовуються для початкового, періодичного виміру дальності при запитах на смугу пропускання як значення за замовчуванням для кожної SS. Тобто коди виміру дальності по-різному призначаються згідно з початковим, періодичним виміром дальності при запитах на смугу пропускання. Наприклад, N кодів виміру дальності призначені для початкового, M кодів виміру дальності призначені для періодичного виміру, і L кодів виміру дальності призначені для виміру дальності при запитах на смугу пропускання. Призначені коди виміру дальності передаються SS за допомогою повідомлення UCD, і SS виконує початковий



вимір дальності за допомогою використання кодів виміру дальності, включених в повідомлення UCD, відповідно до цілей кодів виміру дальності.

Періодичний вимір дальності виконується SS, що має зміщення часу і потужність передачі, налагоджену за допомогою початкового виміру дальності, так, щоб SS могла настроїти стан каналу відносно базової станції. SS виконує періодичний вимір дальності за допомогою використання кодів виміру дальності, призначених їй для періодичного виміру дальності.

Вимір дальності при запитах на смугу пропускання виконується SS, що має зміщення часу і потужність передачі, налагоджену за допомогою початкового виміру дальності, при цьому SS просить розподіл смуги пропускання для того, щоб обмінюватися даними з базовою станцією.

Кадр лінії "вгору" складається з поля можливостей початкового обслуговування, що використовує початковий вимір дальності і обслуговуючий, (періодичний) вимір дальності, поля можливостей конфліктів запитів, що використовує вимір дальності при запитах на смугу пропускання, і полів даних черговості обслуговування SS, що включають ці лінії "вгору" SSs. Поле можливостей початкового обслуговування включають безліч інтервалів доступу: фактичний початковий і періодичний вимір дальності, і інтервал конфліктів, що створюється на основі конфліктів між інтервалами доступу. Поле можливостей конфліктів запитів включають безліч інтервалів запитів на смугу пропускання: фактичний вимір дальності при запитах на смугу пропускання і інтервал конфліктів, що створюється на основі конфліктів між інтервалами запитів на смугу пропускання. Також поля даних черговості обслуговування SS складаються з безлічі полів даних черговості обслуговування SS (від першого поля даних черговості обслуговування SS до N-ного поля даних черговості обслуговування SS) і перехідних інтервалів відсутності сигналу SS, сформованих між полями даних черговості обслуговування (від першого поля даних черговості обслуговування SS до N-ного поля даних черговості обслуговування).

Поле коду використання інтервалу передачі по лінії "вгору" (UIUC) передбачено для запису інформації, що представляє використання зрушення, записаного в полі зрушення. Поле UIUC показано в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Поле UIUC

Ім'я ІЕ	UIUC	Ідентифікатор з'єднання	Опис
Зарезервовано	0	Немає даних	Зарезервовано для майбутнього використання
Request	1	Будь-яке	Початкове зрушення зони запиту
Initial Maintenance	2	Широкомовна передача	Початкове зрушення зони обслуговування (використовується при початковому вимірі дальності)
Station Maintenance	3	Одноадресна передача	Початкове зрушення зони обслуговування (використовується при початковому вимірі дальності)
Data Grant Burst Type 1	4	Одноадресна передача	Початкове зрушення надання Data Grant Burst Type 1
Data Grant Burst Type 2	5	Одноадресна передача	Початкове зрушення надання Data Grant Burst Type 2
Data Grant Burst Type 3	6	Одноадресна передача	Початкове зрушення надання Data Grant Burst Type 3
Data Grant Burst Type 4	7	Одноадресна передача	Початкове зрушення надання Data Grant Burst Type 4
Data Grant Burst Type 5	8	Одноадресна передача	Початкове зрушення надання Data Grant Burst Type 5
Data Grant Burst Type 6	9	Одноадресна передача	Початкове зрушення надання Data Grant Burst Type 6

Продовження таблиці 1.4

Ім'я ІЕ	UIUC	Ідентифікатор з'єднання	Опис
Null ІЕ	10	Нулеве	Кінцевий здви́г дозволу (для обмеження останнього фактичного інтервалу)
Пусте	11	Нулеве	Використовується для розподілу інтервалів відсутності сигналу при передачі
Зарезервовано	12-15	Немає даних	Зарезервовано

Процес виміру дальності між базовою станцією і SS в системі зв'язку IEEE 802.16a показано на рисунку 1.6.

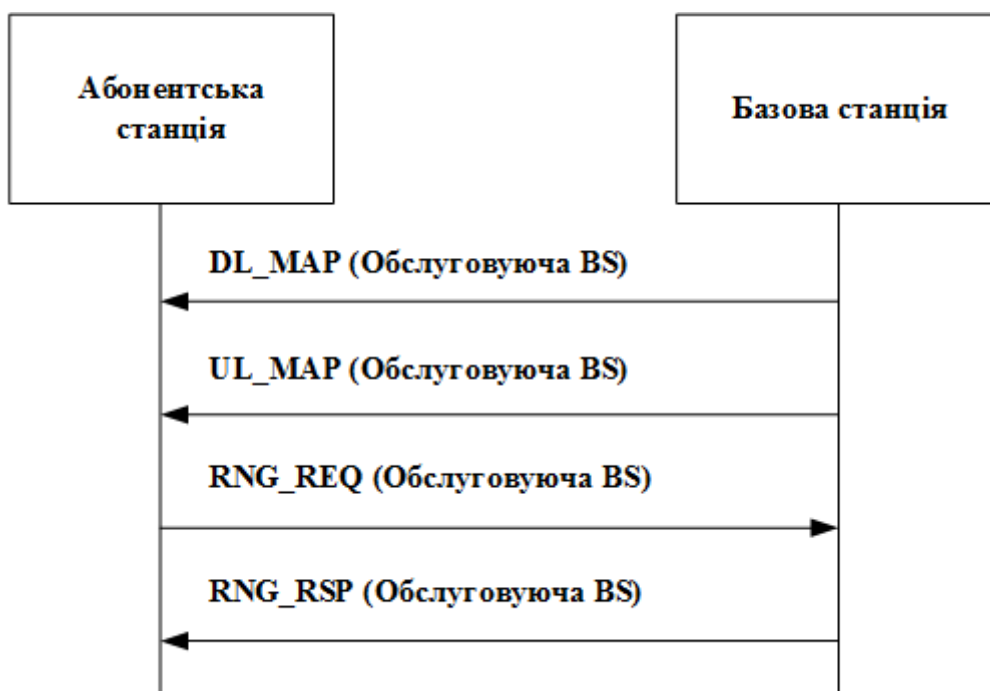


Рисунок 1.6 - Схема потоку сигналів, що ілюструє процес виміру дальності між базовою абонентською станцією в традиційній системі зв'язку IEEE 802.16a

Коли SS включається, вона відстежує усі смуги частот, які задані в ній для того, щоб виявляти сигнал контрольного каналу, що має найбільш високе значення CINR (рисунку 1.6). Окрім цього, SS вибирає базову станцію, яка передала контрольний сигнал, що має найбільш високе значення CINR, так що SS приймає преамбулу кадру лінії "вниз", передавану з базової станції, тим самим, досягаючи синхронізації системи відносно неї.

Коли досягається синхронізація системи між SS і базовою станцією, базова станція передає повідомлення DL\_MAP і UL\_MAP в SS. Як показано з табл., повідомлення DL\_MAP надає SS інформацію, необхідну їй для того, щоб добитися синхронізації системи відносно базової станції в лінії "вниз", і інформацію про структуру фізичного каналу, що допускає прийом повідомлень, передаваних SS з лінії "вниз". Окрім цього, повідомлення UL\_MAP надає SS інформацію про період розподілу SS в лінії "вгору" і структурі фізичного каналу. Окрім цього, повідомлення DL\_MAP періодично передається в ширококомовному режимі усім SS від базової станції. Якщо заздалегідь певна SS може безперервно приймати повідомлення DL\_MAP, це означає, що вона синхронізована з базовою станцією. Тобто SS, що приймає повідомлення DL\_MAP, може приймати усі повідомлення, що передаються по лінії "вниз". Крім цього (див таблицю 1.3, якщо SS не може здійснити доступ у базовій станції, базова станція передає SS повідомлення UCD, що включає інформацію, яка представляє доступне значення втрати потужності.

SS, яка синхронізована з базовою станцією, передає повідомлення запиту на вимір дальності (RNG\_REQ) базової станції. Після прийому повідомлення RNG\_REQ від SS базова станція передає SS повідомлення відповіді по виміру дальності (RNG\_RSP), що включає інформацію, потрібну для коригування частоти виміру дальності, часу і потужності передачі. Конфігурація повідомлення RNG\_REQ представлена в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Конфігурація повідомлення RNG\_REQ

Синтаксис	Розмір	Примітки
RNG_RSP Message Format () {		-
Management Message Type = 4	8 біт	-
Downlink Channel ID	8 біт	-
Pending Until Complete	8 біт	-
TLV Encoded Information }	Перемінний	Конкретно для TLV

У таблиці 1.5 Downlink Channel ID – це ідентифікатор каналу лінії "вниз", включений в повідомлення RNG\_REQ, що приймається в SS за допомогою UCD, а Pending Until Complete - це пріоритет передаваних відповідей по виміру дальності. Якщо значення Pending Until Complete = 0, раніше передана відповідь по виміру дальності має пріоритет, а якщо значення Pending Until Complete  $\neq$  0, поточна передана відповідь по виміру дальності має пріоритет. Конфігурація повідомлення RNG\_RSP представлена в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Конфігурація повідомлення RNG\_RSP

Синтаксис	Розмір	Примітки
RNG_RSP Message Format () {		-
Management Message Type = 5	8 біт	-
Uplink Channel ID	8 біт	-
TLV Encoded Information }	Переменний	Конкретно для TLV

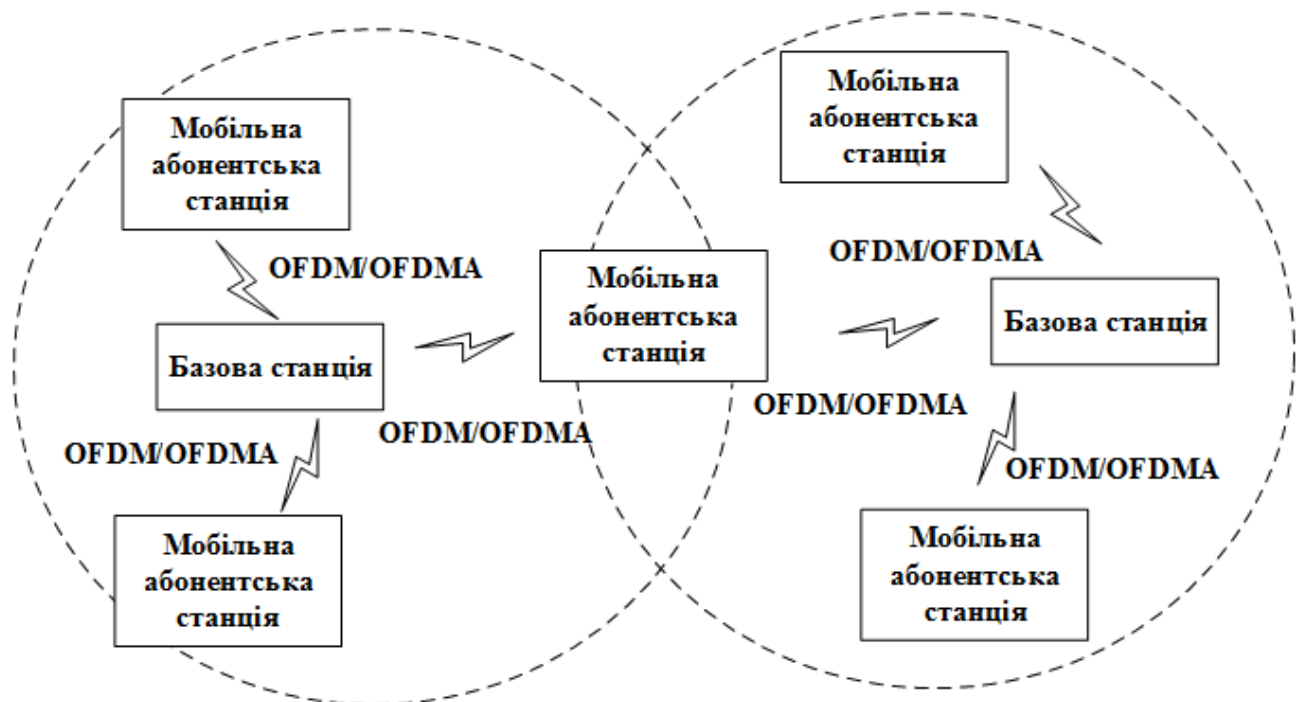
У таблиці 1.6 Uplink Channel ID – це ідентифікатор каналу лінії "вгору", включений в повідомлення RNG\_REQ. Оскільки система зв'язку IEEE 802.16a,

показана на рисунку 1.4, відноситься до стаціонарної SS, тобто оскільки система не бере до уваги мобільність SS, базова станція, що обмінюється даними з SS, стає обслуговуючою базовою станцією.

Система зв'язку IEEE 802.16a має структуру з однією сотою, в якій мобільність SS не враховується. Між тим, система IEEE 802.16e задана як система зв'язку, в якій мобільність SS додана в систему зв'язку IEEE 802.16a. Таким чином, система зв'язку IEEE 802.16e повинна враховувати мобільність SS в оточенні з декількома стільниками. Щоб забезпечити цю мобільність SS дії її і базовій станції мають бути змінені. З цією метою проводилися різні дослідження, що стосуються передачі обслуговування SS для надання мобільності SS в оточенні з декількома стільниками.

### 1.5 Система зв'язку IEEE 802.16e

Структура традиційної системи зв'язку IEEE 802.16e з посиланням на рисунок 1.5.



**Рисунок 1.5 - Структура традиційної системи зв'язку IEEE 802.16e**

Система зв'язку IEEE 802.16e (рисунок 1.5) має структуру з декількома сотами, що складається з 2-х сотів, і включає першу і другу базову станцію для управління ними, і безліч мобільних абонентських станцій (MSS). MSS означає

SS, що має мобільність. Базові станції обмінюються даними з MSS за допомогою схем OFDM/OFDMA. Одна з MSS розміщена в граничній соті, сформованій між сотами, і тобто ця MSS розміщена в зоні передачі обслуговування. Таким чином їй має бути надана функція передачі обслуговування для того, щоб реалізувати її мобільність.

У системі зв'язку IEEE 802.16e MSS приймає сигнали контрольного каналу, що передаються з безлічі базових станцій, і вимірює CINR сигналів контрольного каналу. Крім цього MSS вибирає базову станцію, яка передала контрольний сигнал, що має найбільш високе значення CINR, в якості базової станції MSS. Тобто MSS розглядає базову станцію, передавальну контрольний сигнал, що має найбільш високе значення CINR, як обслуговуючу базову станцію MSS. Після вибору обслуговуючої базової станції MSS приймає кадр лінії "вниз" і "вгору", що передається від обслуговуючої базової станції. Кадр лінії "вниз" і "вгору" системи зв'язку IEEE 802.16e мають структуру, ідентичну таким кадром системи IEEE 802.16a (на рисунках 1.4 і 1.5).

Обслуговуюча базова станція передає повідомлення сповіщення про сусідній мобільний вузол (MOB\_NBR\_ADV) MSS. Конфігурація повідомлення MOB\_NBR\_ADV представлена в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Конфігурація повідомлення MOB\_NBR\_ADV

Синтаксис	Розмір	Примітки
MOB_NBR_ADV Message Format() {	-	-
Management Message Type = 48	8 біт	-
Configuration Change Count	8 біт	-
N_NEIGHBORS	8 біт	-
for (j=0 ; j< N_NEIGHBORS; j++) {	-	-
Neighbor BS_ID	48 біт	-
Physical Frequency	32 біти	-
TLV Encoded Neighbor Information }}	Змінний	Конкретно для TLV

Як показано в таблиці 1.7, повідомлення MOB\_NBR\_ADV включає безліч ІЕ:

- Management Message Type, яке представляє тип повідомлення, що має бути передане;
- Configuration Change Count, що представляє число конфігурацій, які мають бути змінені;
- N\_NEIGHBORS, що представляє число сусідніх базових станцій;
- Neighbor BS\_ID, що представляє ідентифікатори сусідніх базових станцій;
- Physical Frequency, що представляє частоту фізичного каналу сусідніх базових станцій, TLV (змінна довжина типу) Encoded Neighbor Information, уявляє змінену інформацію про сусідню базову станцію.

Після прийому повідомлення MOB\_NBR\_ADV MSS передає повідомлення запиту на виділення інтервалу сканування мобільних вузлів (MOB\_SCN\_REQ) обслуговуючої базової станції, якщо необхідно просканувати CINR сигналів контрольного каналу, що передаються від сусідніх базових станцій. Конфігурація повідомлення MOB\_SCN\_REQ представлена в таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Конфігурація повідомлення MOB\_SCN\_REQ

Синтаксис	Розмір	Примітки
MOB_SCN_REQ Message Format() {	-	-
Management Message Type = ?	8 біт	-
Scan Duration }	16 біт	Вимірюється в кадрах

Як показано в таблиці 1.8, повідомлення MOB\_SCN\_REQ включає безліч ІЕ: Management Message Type, яке представляє тип повідомлення, що має бути передане; Scan Duration, представляючий інтервал сканування CINR сигналів контрольного каналу, що передаються від сусідніх базових станцій. Тривалість сканування формується в одиницях кадрів. У таблиці 1.8 Management Message Type для повідомлення MOB\_SCN\_REQ ще не задане (Management Message



Type не задане).

Після прийому повідомлення MOB\_SCN\_REQ обслуговуюча базова станція передає повідомлення відповіді по виділенню інтервалу сканування мобільних вузлів (MOB\_SCN\_RSP). Конфігурація повідомлення MOB\_SCN\_RSP представлена в таблиці 1.9.

Таблиця 1.9 - Конфігурація повідомлення MOB\_SCN\_RSP

Синтаксис	Розмір	Примітки
MOB_SCN_RSP Message Format() {	-	-
Management Message Type = ?	8 біт	-
Length	8 біт	В байтах
for (i= 0; i<Length/3; i++) {	-	-
CID	16 біт	Базовий CID MSS
Duration } }	8 біт	В кадрах

Як показано в таблиці 1.9, повідомлення MOB\_SCN\_RSP включає безліч ІЕ:

- Management Message Type, представляючий тип повідомлення, яке має бути передане;
- Connection ID (CID) станції MSS, яка передала повідомлення MOB\_SCN\_REQ; Duration.

У табл. 1.9 Management Message Type для повідомлення MOB\_SCN\_RSP ще не задане. Duration представляє область, у рамках якої MSS сканує CINR сигнал контрольного каналу. Після прийому повідомлення MOB\_SCN\_RSP, що включає інформацію сканування, MSS сканує CINR контрольних сигналів сусідніх базових станцій, включених в повідомлення MOB\_SCN\_RSP, що відповідають параметрами інформації сканування.

Щоб надати функцію передачі обслуговування в системі зв'язку IEEE 802.16e, MSS повинна виміряти CINR сигналів контрольного каналу, що

передаються від сусідніх базових станцій і базової станції MSS (обслуговуючої базової станції). Якщо CINR сигналів контрольного каналу, що передаються від обслуговуючої базової станції, менше CINR сигналів контрольного каналу, що передаються від сусідніх базових станцій, MSS відправляє сигнал, що просить передачу обслуговування обслуговуючої базової станції.

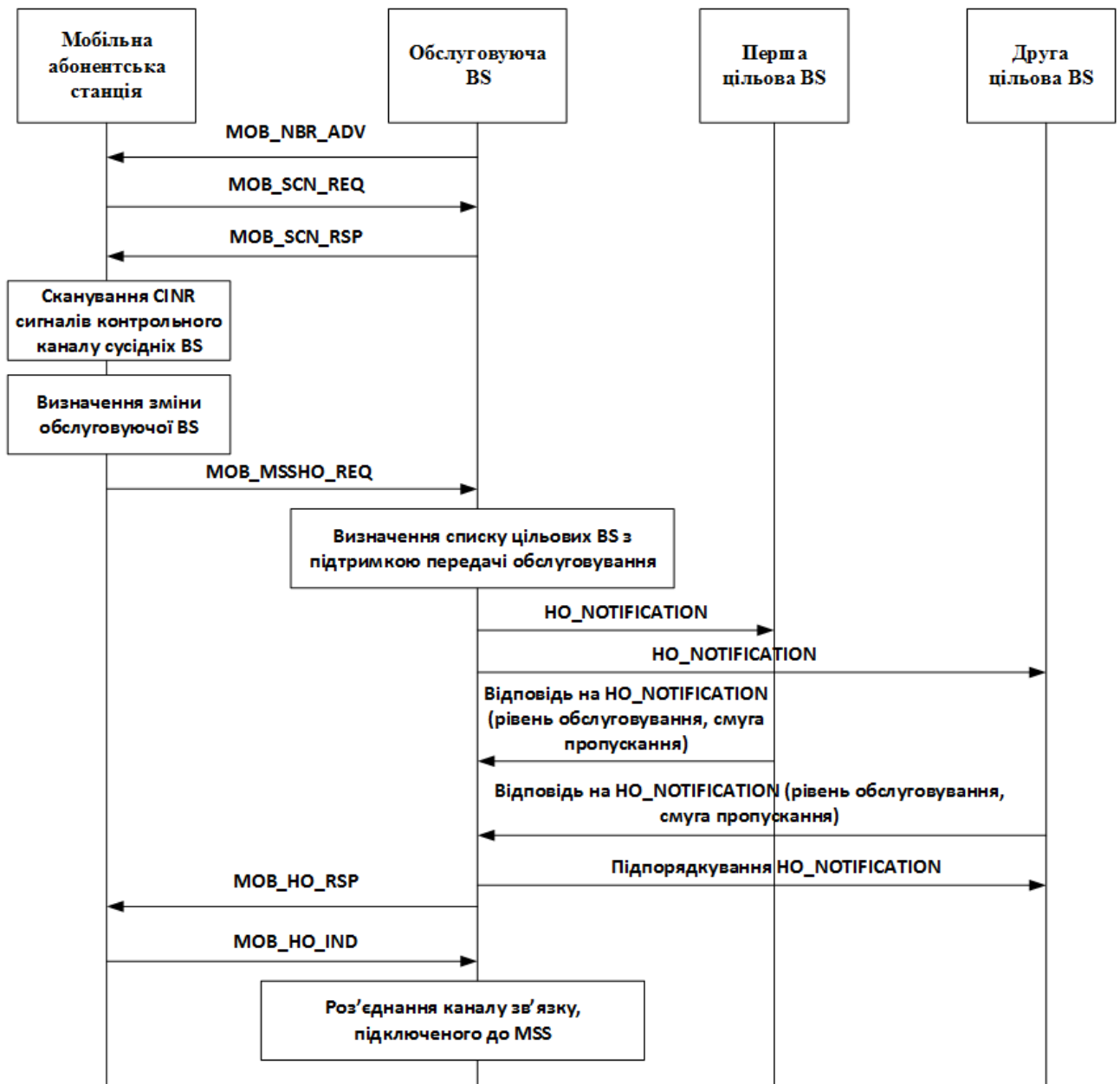


Рисунок 1.6 – Алгоритм-схема потоку сигналів, що ілюструє процес передачі обслуговування в традиційній системі зв'язку IEEE 802.16e

Процес передачі обслуговування згідно із запитом MSS в традиційній системі зв'язку IEEE 802.16e показано на рисунку 1.6.

Обслуговуюча базова станція передає повідомлення MOB\_NBR\_ADV MSS. Після прийому цього повідомлення MSS отримує інформацію, пов'язану з сусідніми базовими станціями, і передає повідомлення MOB\_SCN\_REQ обслуговуючій базовій станції, якщо необхідно просканувати CINR сигналів контрольного каналу, що передаються від сусідніх базових станцій. Обслуговуюча базова станція, що приймає повідомлення MOB\_SCN\_REQ, передає повідомлення MOB\_SCN\_RSP, що включає інформацію сканування, яка має проскануватися MSS. Після прийому повідомлення MOB\_SCN\_RSP, що включає інформацію сканування, від обслуговуючої базової станції, MSS сканує параметри, включені в повідомлення MOB\_SCN\_RSP, тобто MSS сканує CINR сигналів контрольного каналу сусідніх базових станцій, отриманих за допомогою повідомлення MOB\_NBR\_ADV. Хоча процес виміру сигналу CINR сигналу контрольного каналу, що передається від обслуговуючої базової станції, не проілюстрований окремо на рисунку 6, MSS може постійно вимірювати CINR сигналу контрольного каналу, що передається від обслуговуючої базової станції.

Після сканування CINR сигналів контрольного каналу, що передаються від сусідніх базових станцій, якщо MSS приймає рішення змінити свою обслуговуючу базову станцію на нову, що має структуру, відмінну від структури обслуговуючої базової станції, MSS передає повідомлення запиту на передачу обслуговування мобільному вузлу (MOB\_MSSHO\_REQ) обслуговуючої базової станції. Базова станція, яка може бути вибрана як нова внаслідок передачі обслуговування MSS, називається "Цільова BS". Конфігурація повідомлення MOB\_MSSHO\_REQ представлена в таблиці 1.10.

Як показано в таблиці 1.10, повідомлення MOB\_MSSHO\_REQ включає безліч IE: - Management Message Type, що представляє тип повідомлення, яке має бути передане у результаті сканування MSS.

Таблиця 1.10 – Конфігурація повідомлення MOB\_MSSHO\_REQ

Синтаксис	Розмір
MOB_MSSHO_REQ Message Format () {	-
Management Message Type = 52	8 біт
N_RECOMMENDED	8 біт
for (j = 0; j < N_NEIGHBORS; j++) {	-
Neighbor BS_ID	48 біт
BS S/ (N+1)	8 біт
Service Level Prediction }}	8 біт

У таблиці 1.10 N\_RECOMMENDED число сусідніх базових станцій, які передали сигнали контрольного каналу, CINR, що мають, більше заздалегідь певного CINR, розпізнані за допомогою операції сканування MSS для CINR сигналів контрольного каналу, що передаються від сусідньої базової станції. Тобто N\_RECOMMENDED - це число базових станцій, що допускають виконання передачі обслуговування для MSS. Повідомлення MOB\_MSSHO\_REQ також включає ідентифікатори сусідніх базових станцій, представлених N\_RECOMMENDED, CINR контрольних сигналів, що передаються від сусідніх базових станцій, і рівень обслуговування, очікуваний таким, щоб бути переданим MSS.

Обслуговуюча базова станція приймає повідомлення MOB\_MSSHO\_REQ, що передається від MSS, і розпізнає список цільових базових станцій, що дозволяють передачу обслуговування, на основі інформації N\_RECOMMENDED з повідомлення MOB\_MSSHO\_REQ. Список цільових базових станцій, що дозволяють передачу обслуговування MSS, для зручності вказується посиланням як "список цільових базових станцій з підтримкою передачі обслуговування". Згідно рисунку 6, і друга цільова базова станція можуть бути присутніми в списку цільових базових станцій з підтримкою передачі обслуговування. Зрозуміло, список цільових базових станцій з

підтримкою передачі обслуговування може включати безліч цільових базових станцій. Обслуговуюча базова станція передає повідомлення про передачу обслуговування (HO\_NOTIFICATION) цільовим базовим станціям, включеним в список цільових базових станцій з підтримкою передачі обслуговування, наприклад, першої цільової базової станції і другої цільової базової станції. Конфігурація повідомлення HO\_NOTIFICATION представлена в табл. 1.11.

Таблиця 1.11 – Конфігурація повідомлення HO\_NOTIFICATION

Поле	Розмір	Примітки
Global Header	152 біт	-
for (j=0; j<Num Records; j++) {	-	-
MSS Unique Identifier	48 біт	48-бітовий унікальний ідентифікатор, використовуваний MSS (наданий MSS або повідомленням I-am-host-of)
Estimated Time to HO	16 біт	У мс, відносно тимчасової мітки. Якщо параметр = 0 нема
Required BW	8 біт	Пропускна спроможність, яку потрібно MSS (щоб гарантувати мінімальну передачу пакетних даних)
Required QoS }	8 біт	Ім'я класу служб, що представляє авторизований набір параметрів QoS

Продовження таблиці 1.11

Поле	Розмір	Примітки
Поле Security	Підлягає визначенню	Засіб для аутентифікації повідомлення
Поле CRC	32 біти	IEEE CRC-32

Як показано в таблиці 1.11, повідомлення HO\_NOTIFICATION включає безліч ІЕ:

- ідентифікатор MSS, обслуговування якої має бути передане першій або другій цільовій базовій станції;
- очікуваний час початку передачі обслуговування MSS;
- пропускна спроможність, що надається від цільової базової станції (тобто пропускна спроможність, що надається від нової обслуговуючої базової станції згідно із запитом MSS і рівню обслуговування, MSS, що надається).

Перша і друга цільові базові станції приймають повідомлення HO\_NOTIFICATION від обслуговуючої базової станції і передають повідомлення відповіді на HO\_NOTIFICATION обслуговуючій базовій станції. Конфігурація повідомлення відповіді на HO\_NOTIFICATION представлена в таблиці 1.12.

Таблиця 1.12 - Конфігурація повідомлення відповіді на HO\_NOTIFICATION

Поле	Розмір	Примітки
Global Header	152 біти	-
for (j=0; j<Num Records; j++) {	-	-
MSS Unique Identifier	48 біт	48-бітовий унікальний ідентифікатор, використовуваний MSS (наданий MSS або повідомленням I-am-host-of)

Продовження таблиці 1.12

Поле	Розмір	Примітки
QoS Estimated	16 біт	Пропускна спроможність, яка надається BS (щоб гарантувати мінімальну передачу пакетних даних). Підлягає визначенню, як задавати це поле
BW Estimated	8 біт	Рівень якості обслуговування Послуга незатребуваного дозволу (UGS) Послуга впорядкованого опитування в реальному часі (rtPS). Послуга впорядкованого опитування, що надається із затримкою (nrtPS)
ACK/NACK }	1 біт	1- це підтвердження прийому, яке означає, що сусідня BS приймає повідомлення NO_NOTIFICATION від обслуговуючої BS 0 - це негативне підтвердження прийому, яке означає, що сусідня BS може не приймати повідомлення NO_NOTIFICATION від обслуговуючої BS
Поле Security	Підлягає визначенню	Засіб для того, щоб аутентифікувати це повідомлення
Поле CRC	32 біти	IEEE CRC-32

Як показано в таблиці 1.12, повідомлення відповіді на HO\_NOTIFICATION включає безліч ІЕ:

- ідентифікатор MSS, обслуговування якої має бути передане цільовим базовим станціям;
- ACK/NACK, представляюча відповідь цільових базових станцій відносно запиту на передачу обслуговування MSS;
- інформацію про пропускну спроможність і рівень обслуговування, який має бути надана від кожної цільової базової станції, коли обслуговування MSS передається цільовій базовій станції.

Обслуговуюча базова станція приймає повідомлення відповіді на HO\_NOTIFICATION від першої і другої цільових базових станцій і аналізує його для того, щоб вибрати кінцеву базову станцію, що допускає надання оптимальної пропускну спроможності і оптимального рівня обслуговування MSS, коли обслуговування MSS передається базовій станції. Наприклад, якщо рівень обслуговування, що надається від першої цільової базової станції, менше рівня обслуговування, запрошеного MSS, а рівень обслуговування, що надається від другої цільової базової станції, ідентичний рівню обслуговування, запрошеному MSS, обслуговуюча базова станція вибирає другу цільову базову станцію як кінцеву цільову базову станцію, що виконує операцію передачі обслуговування відносно MSS. Таким чином, обслуговуюча базова станція передає повідомлення підпорядкування HO\_NOTIFICATION другій цільовій базовій станції у відповідь на повідомлення відповіді на HO\_NOTIFICATION. Конфігурація повідомлення підпорядкування HO\_NOTIFICATION представлена в таблиці 1.13.

Як показано в таблиці 1.13, повідомлення підпорядкування HO\_NOTIFICATION включає безліч ІЕ, наприклад ідентифікатор MSS, обслуговування якої має бути передане вибраній цільовій базовій станції; і інформацію про пропускну спроможність і рівень обслуговування, який має бути наданий від вибраної цільової базової станції, коли обслуговування MSS передається вибраній цільовій базовій станції.



Таблиця 1.13 - Конфігурація повідомлення підпорядкування  
HO\_NOTIFICATION

Поле	Розмір	Примітки
Global Header	152 біти	-
for (j=0; j<Num Records; j++) {	-	-
MSS Unique Identifier	48 біт	48-бітова універсальна MAC-адреса MSS (BS, що надається, в повідомленні RNG_REQ)
QoS Estimated	8 біт	Пропускна спроможність, яка надається BS, щоб гарантувати мінімальну передачу пакетних даних. Підлягає визначенню, як задавати це поле
BW Estimated	8 біт	Рівень якості обслуговування Послуга незатребуваного дозволу (UGS) Послуга впорядкованого опитування в реальному часі (rtPS) Послуга впорядкованого опитування, що надається із затримкою (nrtPS) Послуга найбільших зусиль (BE)
}		-
Поле Security	Підлягає визначенню	Засіб для того, щоб аутентифікувати це повідомлення
Поле CRC	32 біти	IEEE CRC-32

Крім цього, обслуговуюча базова станція передає повідомлення відповіді по передачі обслуговування мобільному вузлу (MOB\_HO\_RSP) MSS у відповідь на повідомлення MOB\_MSSHO\_REQ. Повідомлення MOB\_HO\_RSP включає інформацію про цільову базову станцію, що виконує операцію

передачі обслуговування відносно MSS 600. Конфігурація повідомлення MOB\_HO\_RSP представлена в таблиці 1.14.

Таблиця 1.14 – Конфігурація повідомлення MOB\_HO\_RSP

Синтаксис	Розмір	Примітки
MOB_HO_RSP Message Format () {	-	-
Management Message Type = 53	8 біт	-
Estimated HO Time	8 біт	-
N_RECOMMENDED	8 біт	-
for (j=0; j<N_NEIGHBORS; j++) {	-	-
Neighbor BS_ID	48 біт	-
Service Level Prediction }}	8 біт	Параметр передбачено, якщо повідомлення відправлене від BS

Як показано в таблиці 1.14, повідомлення MOB\_HO\_RSP включає безліч IE, наприклад, Management Message Type, представляючий тип повідомлення, яке має бути передане. Очікуваний час початку передачі обслуговування і цільові обслуговуючі станції, вибрані з обслуговуючих базових станцій. Крім цього N\_RECOMMENDED повідомлення MOB\_HO\_RSP представляє число цільових базових станцій, що допускають надання пропускнуої спроможності і рівня обслуговування, запрошеного MSS, з цільових базових станцій, включених в список станцій з підтримкою передачі обслуговування. Повідомлення MOB\_HO\_RSP позначається за допомогою ідентифікаторів цільових базових станцій, представлених N\_RECOMMENDED, і рівня обслуговування, очікуваного таким, щоб бути наданим MSS від цільової базової станції. Хоча рис.6 ілюструє, що інформація тільки про одну цільову базову станцію (тобто інформація про другу цільову базову станцію) з цільових базових станцій, включених в список цільових базових станцій з підтримкою передачі обслуговування, включена в повідомлення MOB\_HO\_RSP, якщо в

списку цільових базових станцій з підтримкою передачі обслуговування існує безліч цільових базових станцій, що допускають надання пропускну́ї спроможності і рівня обслуговування, запрошеного MSS, повідомлення MOB\_HO\_RSP може включати інформацію про безліч цільових базових станцій.

Після прийому повідомлення MOB\_HO\_RSP MSS аналізує інформацію, включену в повідомлення MOB\_HO\_RSP для того, щоб вибрати цільову базову станцію для виконання операції передачі обслуговування MSS. Після вибору цільової базової станції MSS передає повідомлення індикації передачі обслуговування мобільному вузлу (MOB\_HO\_IND) обслуговуючої базової станції у відповідь на повідомлення MOB\_HO\_RSP. Крім цього, обслуговуюча базова станція передає повідомлення відповіді по передачі обслуговування мобільному вузлу MSS у відповідь. Конфігурація повідомлення MOB\_HO\_IND представлена в таблиці 1.15.

Таблиця 1.15 – Конфігурація повідомлення MOB\_HO\_IND

<b>Синтаксис</b>	<b>Розмір</b>	<b>Примітки</b>
MOB_HO_RSP Message Format () {	-	-
Management Message Type = 54	8 біт	-
TLV Encoded Information	Змінний	Конкретно для TLV
Target BS_ID }	48 біт	-

Як показано в таблиці 1.15, повідомлення MOB\_HO\_IND включає безліч IE: Management Message Type, (тип повідомлення, яке має бути передане); ідентифікатор кінцевої цільової базової станції, вибраною MSS, і TLV Encoded Information, (змінна закодована інформацією).

Обслуговуюча базова станція, що приймає повідомлення MOB\_HO\_IND, розпізнає, що обслуговування MSS має бути передане цільовій, тобто другій базовій станції, на основі повідомлення MOB\_HO\_IND, з тим щоб

обслуговуюча базова станція роз'єднала канал зв'язку, що сполучає обслуговуючу базову станцію з MSS. Якщо канал зв'язку, сполучаючий MSS з обслуговуючою базовою станцією, був роз'єднаний, обслуговування MSS передається другій цільовій базовій станції.

Процес передачі обслуговування згідно із запитом базової станції може виконуватися, коли перевантаження застосовується до базової станції, так що необхідно розподілити навантаження базової станції по сусідніх базових станціях, або коли необхідно обробляти зміну стану лінії "вгору" MSS.

Обслуговуюча базова станція (рисунок 1.7) передає повідомлення MOB\_NBR\_ADV MSS. Після його прийому отримує інформацію, пов'язану з сусідніми базовими станціями, і передає повідомлення MOB\_SCN\_REQ обслуговуючій базовій станції, якщо необхідно просканувати CINR сигналів контрольного каналу, що передаються від сусідніх базових станцій. Обслуговуюча базова станція, що приймає повідомлення MOB\_SCN\_REQ, передає повідомлення MOB\_SCN\_RSP, що включає інформацію сканування MSS. Після прийому повідомлення MOB\_SCN\_RSP, що включає інформацію сканування, від обслуговуючої базової станції, MSS сканує параметри, включені в це повідомлення, тобто MSS сканує CINR сигналів контрольного каналу сусідніх базових станцій, отриманих за допомогою повідомлення MOB\_NBR\_ADV. Хоча процес виміру сигналу CINR сигналу контрольного каналу, що передається від обслуговуючої базової станції, не проілюстрований окремо на рисунок 1.7, MSS може постійно вимірювати CINR сигналу контрольного каналу, що передається від обслуговуючої базової станції.

Коли обслуговуюча базова станція визначає, що необхідно виконати передачу обслуговування MSS, керованою обслуговуючою базовою станцією, обслуговуюча базова станція передає повідомлення HO\_NOTIFICATION сусіднім базовим станціям. У цьому документі повідомлення HO\_NOTIFICATION включає інформацію про пропускну спроможність і рівень обслуговування, який має бути наданий від цільової базової станції, тобто новій

обслуговуючій базовій станції MSS. На рисунку 1.7 зображені обслуговуючі цільові базові станції.

Після прийому повідомлення HO\_NOTIFICATION перша і друга цільові базові станції передають повідомлення відповіді на HO\_NOTIFICATION обслуговуючій базовій станції. Повідомлення відповіді на HO\_NOTIFICATION включає ACK/NACK, представляє відповідь цільових базових станцій, (відповідь сусідніх базових станцій відносно передачі обслуговування, запрошеною обслуговуючою базовою станцією), і інформацію про пропускну спроможність і рівень обслуговування цільових базових станцій, який має бути наданий MSS. Обслуговуюча базова станція приймає повідомлення відповіді на HO\_NOTIFICATION від першої і другої цільових базових станцій і вибирає цільові базові станції, що допускають надання оптимальної пропускну спроможності і оптимального рівня обслуговування MSS. Обслуговуюча базова станція, що вибирає другу цільову базову станцію в якості кінцевої цільової базової станції, передає повідомлення підпорядкування HO\_NOTIFICATION.

Процес передачі обслуговування згідно із запитом базової станції в традиційній системі зв'язку IEEE 802.16e показано на рисунку 1.7.

Обслуговуюча базова станція передає повідомлення MOB\_HO\_RSP MSS після передачі повідомлення підпорядкування HO\_NOTIFICATION другій цільовій базовій станції. Повідомлення MOB\_HO\_RSP включає інформацію N\_RECOMMENDED, вибрану обслуговуючою базовою станцією, тобто інформацію, пов'язану з пропускну спроможністю і рівнем обслуговування, який має бути наданий MSS від вибраних цільових базових станцій (другій базовій станції на рисунку 1.7) і цільових базових станцій.

Після прийому повідомлення MOB\_HO\_RSP MSS розпізнає, що передача обслуговування запрошена обслуговуючою базовою станцією, так що MSS вибирає кінцеву цільову базову станцію, що виконує операцію передачі обслуговування MSS, на основі інформації про N\_RECOMMENDED, включеною в повідомлення MOB\_HO\_RSP.

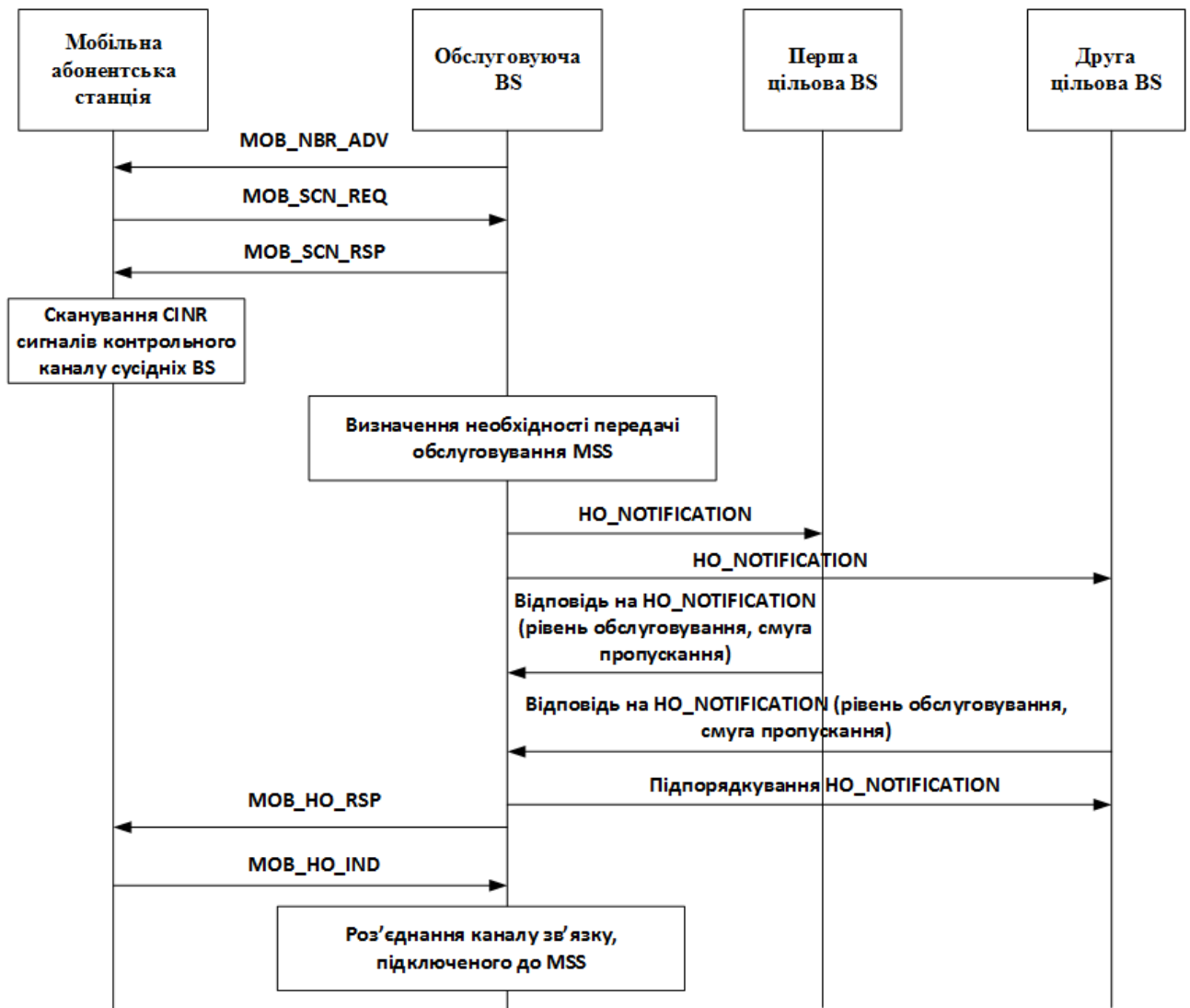


Рисунок 1.7 – Алгоритм-схема потоку сигналів, що показує процес передачі обслуговування згідно із запитом базової станції в традиційній системі зв'язку IEEE 802.16e

Після цього MSS передає повідомлення MOB\_HO\_IND обслуговуючій станції у відповідь на повідомлення MOB\_HO\_RSP. Коли повідомлення MOB\_HO\_IND прийняте в обслуговуючій базовій станції, обслуговуюча базова станція розпізнає, що обслуговування MSS 700 передається цільовій базовій станції, на основі повідомлення MOB\_HO\_IND, з тим щоб обслуговуюча базова станція роз'єднала канал зв'язку, що сполучає її станцію з MSS. Якщо канал зв'язку, котрий сполучає MSS з обслуговуючою базовою станцією, був роз'єднаний, обслуговування MSS передається другій цільовій базовій станції.

Згідно з традиційною системою зв'язку IEEE 802.16e обслуговування MSS передається сусідній базовій станції. Обслуговування MSS передається

цільовій базовій станції, яка відмінна від обслуговуючої базової станції, коли CINR сигналу контрольного каналу обслуговуючої базової станції зменшується до такої міри, що MSS не може належним чином обмінюватися даними з обслуговуючою базовою станцією, або коли передача обслуговування запрошена MSS або обслуговуючою базовою станцією. Проте, якщо розривши з'єднання MSS виникає при операції передачі обслуговування в традиційній системі зв'язку IEEE 802.16e, MSS відстежує усі смуги частот способом, аналогічним роботі MSS після того, як MSS включається для того, щоб виявити сигнал контрольного каналу, що має найбільш високе значення CINR, і вибирає базову станцію, яка передала сигнал контрольного каналу, що має найбільш високе значення CINR, в якості базової станції для MSS. Окрім цього, якщо з'єднання MSS виникає, коли MSS обмінюється даними з обслуговуючою базовою станцією в традиційній системі зв'язку IEEE 802.16e, MSS відстежує усі смуги частот способом, аналогічним розриву з'єднання MSS, з тим щоб розпізнати сигнал контрольного каналу, що має найбільш високе значення CINR, і вибирає базову станцію, яка передала сигнал контрольного каналу, що має найбільш високе значення CINR, в якості базової станції для MSS.

Згідно з вищеописаними двома випадками, MSS відстежує усі смуги частот, хоча вона обмінюється даними з обслуговуючою базовою станцією, вимагаючи відносно тривалого періоду часу для її вибору, тим самим знижуючи якість обслуговування. Тому необхідно надати вдосконалену процедуру, дозволяючи MSS, що піддалася розриву з'єднання в ході обміну даними, відновити обмін даними з мінімальною тимчасовою затримкою.

#### 1.6 Формулювання мети та постановка задачі дослідження

Було сформульовано наступні задачі:

Запропонувати алгоритм вибору обслуговуючої базової станції у системах зв'язку стандарту IEEE 802.16e, що знижує тривалість переключення мобільної станції з однієї базової станції на іншу;

Оцінити ефективність запропонованого алгоритму, а саме: дослідити залежність тривалості переключення мобільної станції з однієї базової станції на іншу та середньої втрати пакетів від швидкості мобільної станції у системах зв'язку стандарту IEEE 802.16e.

Метою даної дипломної роботи є зниження тривалості переключення мобільної станції з однієї базової станції на іншу у бездротовій системі зв'язку стандарту IEEE 802.16e.

### 1.7 Висновок

В цьому розділі було проаналізовано існуючі алгоритми вибору обслуговуючої базової станції у бездротових системах зв'язку стандарту IEEE 802.16e.



## РОЗДІЛ 2. УДОСКОНАЛЕНИЙ АЛГОРИТМ ВИБОРУ ОБСЛУГОВУЮЧОЇ БАЗОВОЇ СТАНЦІЇ У БЕЗДРОТОВІЙ СИСТЕМІ ЗВ'ЯЗКУ СТАНДАРТУ IEEE 802.16E

### 2.1 Удосконалений алгоритм

Запропоновано вибір обслуговуючої базової станції, коли мобільна абонентська станція (MSS) піддається розриву з'єднання в ході обміну даними в системі зв'язку IEEE 802.16e, системі зв'язку з широкосмуговим безпроводним доступом. У подальшому описі вираження "MSS піддається розриву з'єднання" і "відбувається розрив з'єднання в MSS" використовуються для того, щоб описати розрив з'єднання при виклику. Згідно із запропонованим MSS може миттєво вибирати обслуговуючу базову станцію (BS), коли MSS піддається розриву з'єднання в ході обміну даними, так щоб MSS могла заново встановити зв'язок відносно обслуговуючої базової станції впродовж короткого періоду часу. Окрім цього запропоновано призначення коду виміру дальності, при розриві з'єднання для того, щоб мінімізувати час, потрібний для повторного входу в мережу MSS, коли MSS піддається розриву з'єднання в системі зв'язку IEEE 802.16e.

Розрив з'єднання означає, що MSS від'єднується від обслуговуючої базової станції в ході обміну даними. Розрив з'єднання – це роз'єднання лінії зв'язку, сполучаючою MSS з обслуговуючою базовою станцією, тобто роз'єднання виклику. Це виконується при умові, що розрив з'єднання відбувається в MSS після того, як MSS прийняла повідомлення сповіщення про сусідній мобільний вузол (MOB\_NBR\_ADV). Якщо розрив з'єднання відбувається в MSS, періодичний вимір дальності не може зазвичай виконуватися між MSS і обслуговуючою базовою станцією. У попередніх алгоритмах, періодичний вимір дальності періодично виконується SS, що має зміщення часу і потужність передачі, налагоджену за допомогою початкового виміру дальності, так, щоб SS могла настроїти стан каналу відносно базової станції.

Процес виявлення розриву з'єднання за допомогою MSS за допомогою процедури періодичного виміру дальності показано на рисунку 2.1.

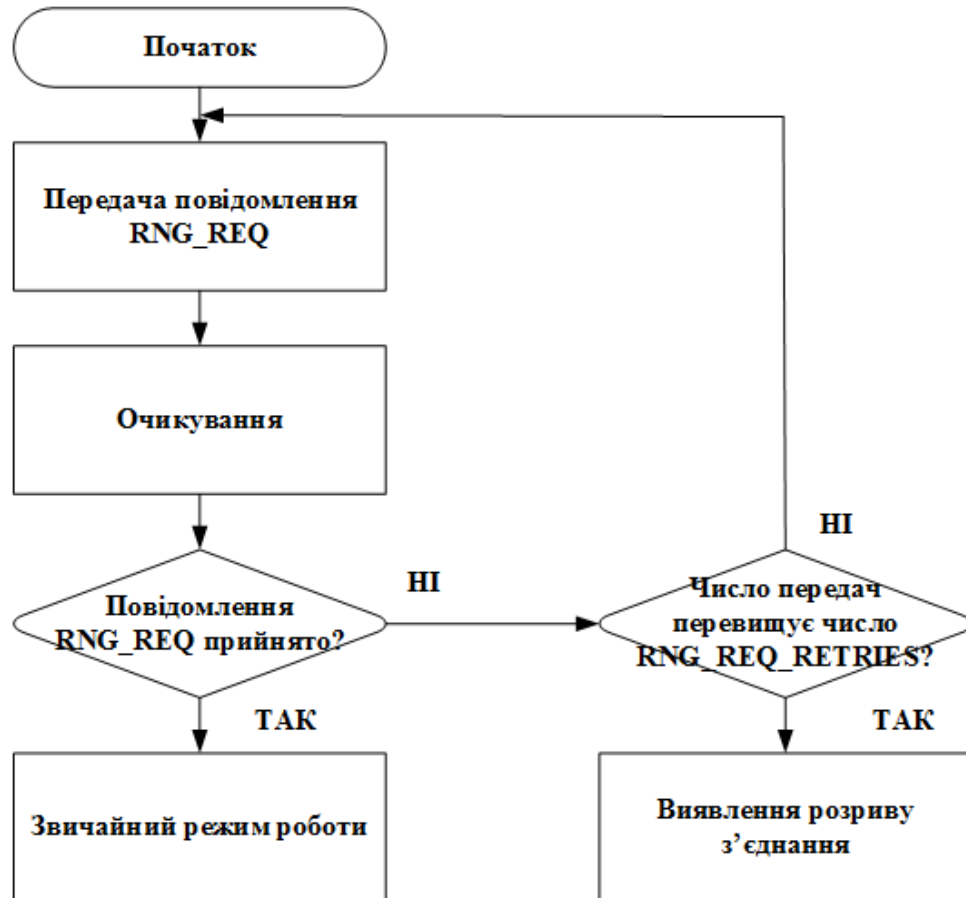


Рисунок 2.1 – Блок-схема процесу виявлення розриву з'єднання за допомогою MSS за допомогою процедури періодичного виміру дальності в системі зв'язку IEEE 802.16e

MSS, яка отримує початкову синхронізацію відносно обслуговуючої базової станції, (рисунок 2.1), передає повідомлення запиту на вимір дальності (RNG\_REQ) обслуговуючій базовій станції. Конфігурація повідомлення RNG\_REQ ідентична конфігурації повідомлення RNG\_REQ (таблиця 1.5). MSS чекає повідомлення відповіді по виміру дальності (RNG\_RSP), який є повідомленням відповіді на повідомлення RNG\_REQ. Конфігурація повідомлення RNG\_RSP ідентична конфігурації повідомлення RNG\_REQ (таблиця 1.6). MSS визначає, передане або ні їй повідомлення RNG\_RSP від обслуговуючої базової станції. Якщо повідомлення RNG\_RSP передане MSS від обслуговуючої базової станції, процедура переходить до наступного етапу.

Оскільки процес виміру дальності завершений, MSS працює в звичайному режимі.

Якщо повідомлення RNG\_RSP не передане MSS від обслуговуючої базової станції, процедура переходить далі. MSS визначає, перевищує або ні число передач повідомлення RNG\_REQ число для RNG\_REQ\_RETRIES. При цьому число для RNG\_REQ\_RETRIES представляє максимальне число передач повідомлення RNG\_REQ за допомогою MSS в змозі, в якому MSS не приймає повідомлення RNG\_RSP від базової станції. Якщо визначено, що число передач повідомлення не перевищує число для RNG\_REQ\_RETRIES, процедура повертається назад. Якщо на етапі 4 визначено, що число передач повідомлення RNG\_REQ перевищує число для RNG\_REQ\_RETRIES, процедура переходить до етапу 6. На етапі 6 MSS виявляє розрив з'єднання, що відбувається в MSS.

Процес виявлення розриву з'єднання за допомогою обслуговуючої базової станції за допомогою процедури періодичного виміру дальності показано на рисунку 2.2.

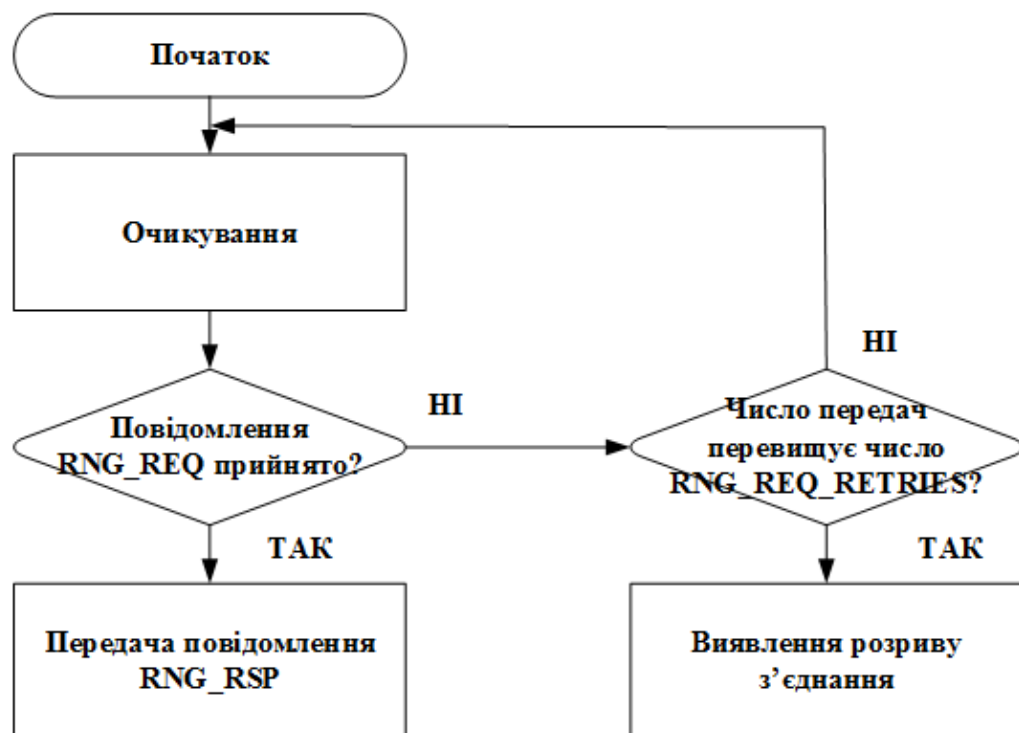


Рисунок 2.2 – Блок-схема процесу виявлення розриву з'єднання за допомогою обслуговуючої базової станції за допомогою процедури періодичного виміру дальності в системі зв'язку IEEE 802.16e

Обслуговуюча базова станція, (рисунок 2.2), яка отримує початкову синхронізацію відносно MSS, чекає повідомлення RNG\_REQ, переданого від MSS. Далі обслуговуюча базова станція визначає, передана або ні їй повідомлення RNG\_REQ від MSS. Якщо повідомлення RNG\_REQ передане обслуговуючій базовій станції від MSS, процедура переходить далі. Обслуговуюча базова станція передає повідомлення RNG\_RSP MSS у відповідь на повідомлення RNG\_REQ.

Якщо повідомлення RNG\_REQ, згідно існуючому алгоритму, не передане обслуговуючій базовій станції від MSS на етапі 2, процедура переходить до етапу 3. На етапі 3 обслуговуюча базова станція визначає, перевищує або ні число передач повідомлення RNG\_REQ число для RNG\_REQ\_RETRIES. При цьому обслуговуюча базова станція може збільшити число передач повідомлення RNG\_REQ на 1, якщо обслуговуюча базова станція не приймає повідомлення RNG\_REQ впродовж заздалегідь визначеного часу (RNG\_REQ\_TIMEOUT). Якщо на етапі визначено, що число передач повідомлення RNG\_REQ не перевищує число для RNG\_REQ\_RETRIES, процедура повертається назад до попереднього етапу. Якщо визначено, що число передач повідомлення RNG\_REQ перевищує число для RNG\_REQ\_RETRIES, процедура переходить далі по етапу. Обслуговуюча базова станція виявляє розрив з'єднання, що відбувається в MSS. Отже, так само, як і при звичайній процедурі передачі обслуговування, обслуговуюча базова станція роз'єднує канал зв'язку, тобто роз'єднує виклик по відношенню до MSS, яка піддається розриву з'єднання.

MSS ініціалізував значення CONSECUTIVE\_BAD\_FRAME (рисунок 2.3), який є параметром підрахунку числа кадрів, що мають низьку якість ("дефектних кадрів"), як 0 (CONSECUTIVE\_BAD\_FRAME=0). Дефектний кадр означає кадр, що має низьку якість, який не може бути використаний для передачі даних, навіть якщо помилки, що виникли в кадрі, виправлені. Як видно на цьому етапі MSS залишається в стані очікування. Потім, згідно алгоритму, MSS приймає кадр лінії "вниз". Далі, на наступному етапі MSS

виконує контроль циклічним надмірним кодом (CRC) відносно прийнятого кадру лінії "вниз". На даному MSS визначає, виникає або ні помилка в кадрі лінії "вниз".

Отже, обслуговуюча базова станція визначає процес виявлення розриву з'єднання за допомогою використання стану лінії "вниз", що показано на рисунку 2.3.

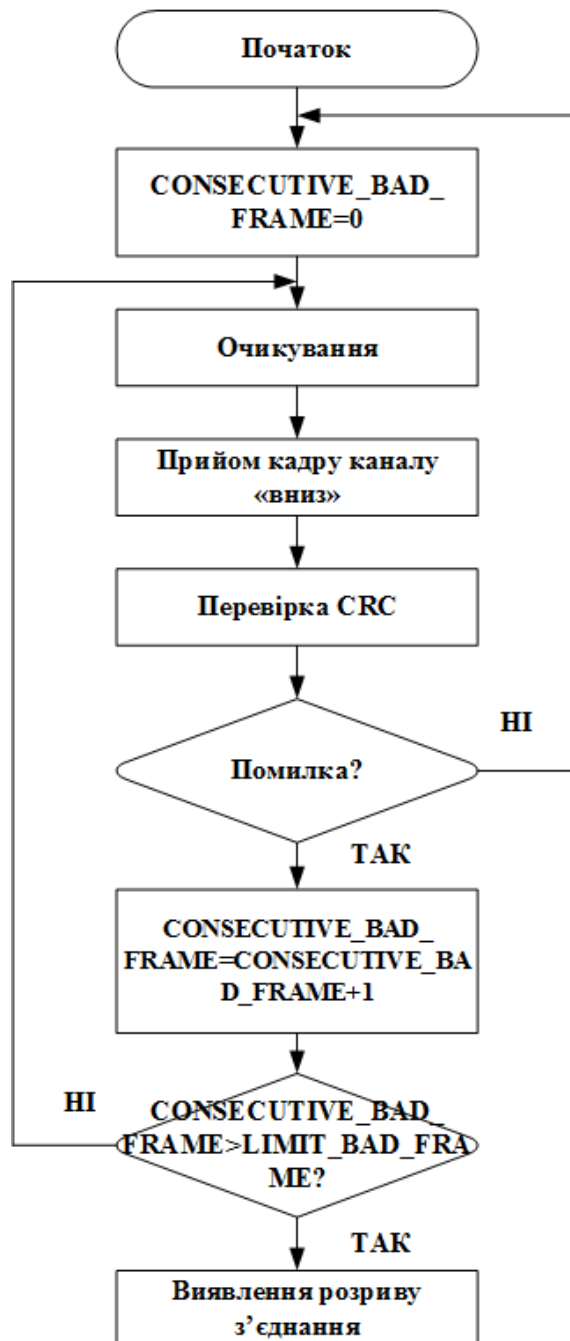


Рисунок 2.3 – Блок-схема процесу виявлення розриву з'єднання за допомогою MSS за допомогою стану лінії "вниз" в системі зв'язку IEEE 802.16e

Якщо визначено, що помилка не згенерована в кадрі лінії "вниз", процедура повертається назад. Якщо визначено, що помилка згенерована в кадрі лінії "вниз", процедура переходить далі. MSS визначає, що прийнятий кадр каналу "вниз" – це дефектний кадр, тобто MSS збільшує значення `CONSECUTIVE_BAD_FRAME` на 1 ( $CONSECUTIVE\_BAD\_FRAME = CONSECUTIVE\_BAD\_FRAME + 1$ ). MSS визначає, перевищує або ні значення `CONSECUTIVE_BAD_FRAME` заздалегідь визначене граничне число дефектних кадрів (`LIMIT_BAD_FRAME`). Якщо визначено, що значення `CONSECUTIVE_BAD_FRAME` не перевищує `LIMIT_BAD_FRAME`, процедура повертається до попереднього етапу. Якщо визначено, що значення `CONSECUTIVE_BAD_FRAME` перевищує `LIMIT_BAD_FRAME`, процедура переходить до наступного етапу. MSS виявляє розрив з'єднання, що відбувається в MSS.

Оскільки канал зв'язку, який сполучає MSS з обслуговуючою базовою станцією, може бути роз'єднаний, якщо MSS піддається розриву з'єднання, MSS повинна виконати пошук обслуговуючих базових станцій для того, щоб наново встановити зв'язок з новою обслуговуючою базовою станцією (рисунки 2.1-2.3). Згідно з попереднім рівнем техніки MSS, що виявляє розрив з'єднання, повинна відстежувати усі смуги частот способом, аналогічним роботі MSS після того, як MSS включена так, щоб виявляти опорний канал, тобто сигнал контрольного каналу, що має найбільш високе значення `CINR`, і вона вибирає базову станцію, яка передала сигнал контрольного каналу, що має найбільш високе значення `CINR`, як цільову для MSS. MSS також приймає преамбулу кадру лінії "вниз", переданого від цільової базової станції, і отримує синхронізацію системи відносно цільової базової станції, тим самим вибираючи цільову базову станцію в якості нової обслуговуючої базової станції. Як бачимо із алгоритму, нова обслуговуюча базова станція, відмінна від поточної обслуговуючої базової станції MSS, тобто базовій станції, що допускає виконання операції передачі обслуговування MSS, стає цільовою. Згідно із запропонованим новим алгоритмом розрив з'єднання може відбуватися в MSS

в ході обміну даними після того, як MSS прийняла повідомлення MOB\_NBR\_ADV, так що не обов'язково виконувати етап відстежування усіх смуг частот, заданих в MSS способом, аналогічним роботі MSS після того, як MSS включена для того, щоб виявляти сигнал контрольного каналу, що має найбільш високе значення CINR, для вибору обслуговуючої базової станції на основі сигналу контрольного каналу. Запропоновано, що нова обслуговуюча базова станція вибирається з цільових базових станцій, котрі допускають обслуговування в якості нової обслуговуючої базової станції, коли відбувається розрив з'єднання в MSS, тим самим мінімізуючи затримку зв'язку, для поліпшення якості обслуговування абонентів.

Згідно із запропонованим алгоритмом вибору базової станції MSS, котра піддається розриву з'єднання в ході обміну даними після прийому повідомлення MOB\_NBR\_ADV, може вибрати обслуговуючу базову станцію іншим способом в порівнянні з MSS, яка піддається розриву з'єднання в ході операції передачі обслуговування. З цієї причини процедура MSS для вибору обслуговуючої базової станції описується далі з урахуванням двох випадків: мобільних станцій MSS, тобто стану без передачі обслуговування MSS і стану з передачею обслуговування MSS.

На рисунку 2.4 показано, що мобільна абонентська станція MSS виявляє розрив з'єднання, котрий відбувається в MSS. На далі, мобільна станція MSS виявляє інформацію про сусідні базові станції, включені в повідомлення MOB\_NBR\_ADV, яке передане MSS від обслуговуючої базової станції до того, як відбувається розрив з'єднання в MSS, і привласнює параметру  $i$ , використовуюваному для відстежування смуг частот сусідніх базових станцій, значення 0 ( $i=0$ ). Конфігурація повідомлення MOB\_NBR\_ADV ідентична конфігурації повідомлення MOB\_NBR\_ADV (таблиця 1.7), і інформація про сусідні базові станції включає число сусідніх базових станцій, ідентифікатори сусідніх базових станцій і частоту фізичного каналу. Окрім цього, параметр  $i$  представляє число сусідніх базових станцій, що піддаються відстежуванню

смуг частот. MSS послідовно вибирає інформацію про сусідні базові станції по одній ( $i=i+1$ ) для того, щоб відстежувати смуги частот сусідніх базових станцій.

Далі продемонстровано блок-схему процедури вибору обслуговуючої базової станції, на той момент, коли відбувається розрив з'єднання без передачі обслуговування в системі зв'язку IEEE 802.16e.

Цю блок-схему показано нижче на рисунку 2.4

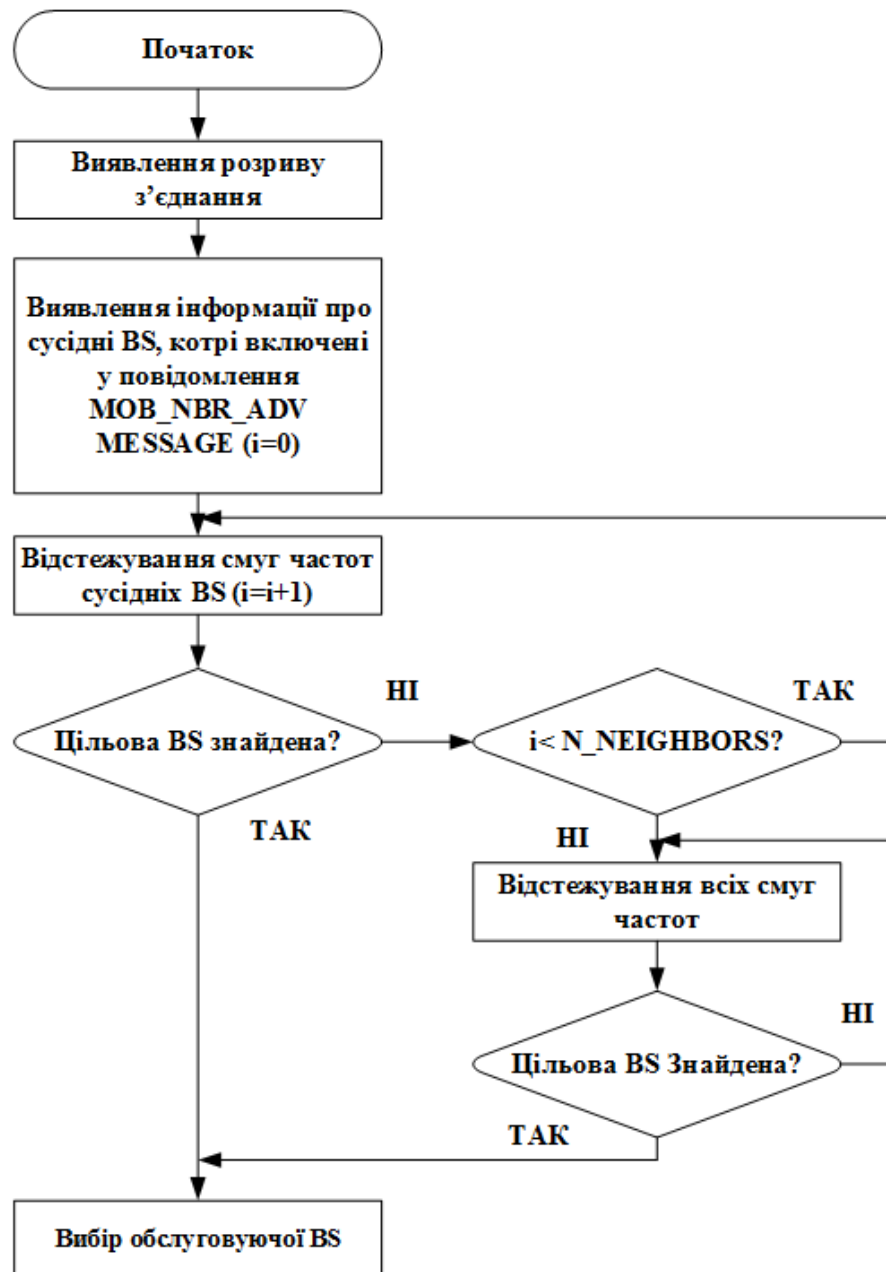


Рисунок 2.4 – Блок-схема процедури вибору обслуговуючої базової станції, коли відбувається розрив з'єднання без передачі обслуговування в системі зв'язку IEEE 802.16e



MSS визначає, виявлена або ні цільова базова станція, за допомогою відстежування смуг частот сусідніх базових станцій. Як згадувалося вище, цільова базова станція означає базову станцію, що допускає обслуговування в якості нової обслуговуючої станції MSS. Наприклад, базова станція, що надає сигнал контрольного каналу, що має значення CINR більше заздалегідь певного CINR, може бути вибрана в якості цільової базової станції. Якщо визначено, що цільова базова станція не виявлена за допомогою відстежування смуг частот сусідніх базових станцій, процедура переходить далі. MSS визначає, менше або ні параметр  $i$ , що представляє число сусідніх базових станцій, що піддаються відстежуванню смуг частот, числа сусідніх базових станцій ( $N\_NEIGHBORS$ ), включених в повідомлення MOB\_NBR\_ADV. Якщо визначено, що параметр  $i$ , що представляє число сусідніх базових станцій, що піддаються відстежуванню смуг частот, менше  $N\_NEIGHBORS$ , процедура повертається назад до попереднього етапу.

Якщо визначено, що параметр  $i$ , що представляє число сусідніх базових станцій, що піддаються відстежуванню смуг частот, не менше  $N\_NEIGHBORS$ , процедура переходить далі. Оскільки MSS не може вибрати цільову базову станцію з сусідніх базових станцій, MSS відстежує усі смуги частот, задані в MSS. MSS визначає, вибрана або ні цільова базова станція. Якщо визначено, що цільова базова станція не виявлена, процедура повертається назад. Якщо визначено, що цільова базова станція виявлена, процедура переходить до наступного етапу.

Якщо визначено, що цільова базова станція виявлена за допомогою відстежування смуг частот сусідніх базових станцій, процедура переходить далі по алгоритму. MSS вибирає одну цільову базову станцію з виявлених цільових базових станцій в якості нової обслуговуючої базової станції для MSS. Якщо виявлені безліч цільових базових станцій, MSS вибирає одну цільову базову станцію в якості нової обслуговуючої базової станції для MSS на основі значення CINR.

Процедура вибору обслуговуючої базової станції, коли розрив з'єднання відбувається в MSS після того, як MSS передала повідомлення MOB\_MSSHO\_REQ, виконується операція передачі обслуговування за запитом MSS в системі зв'язку IEEE 802.16e, показано на рисунку 2.5.

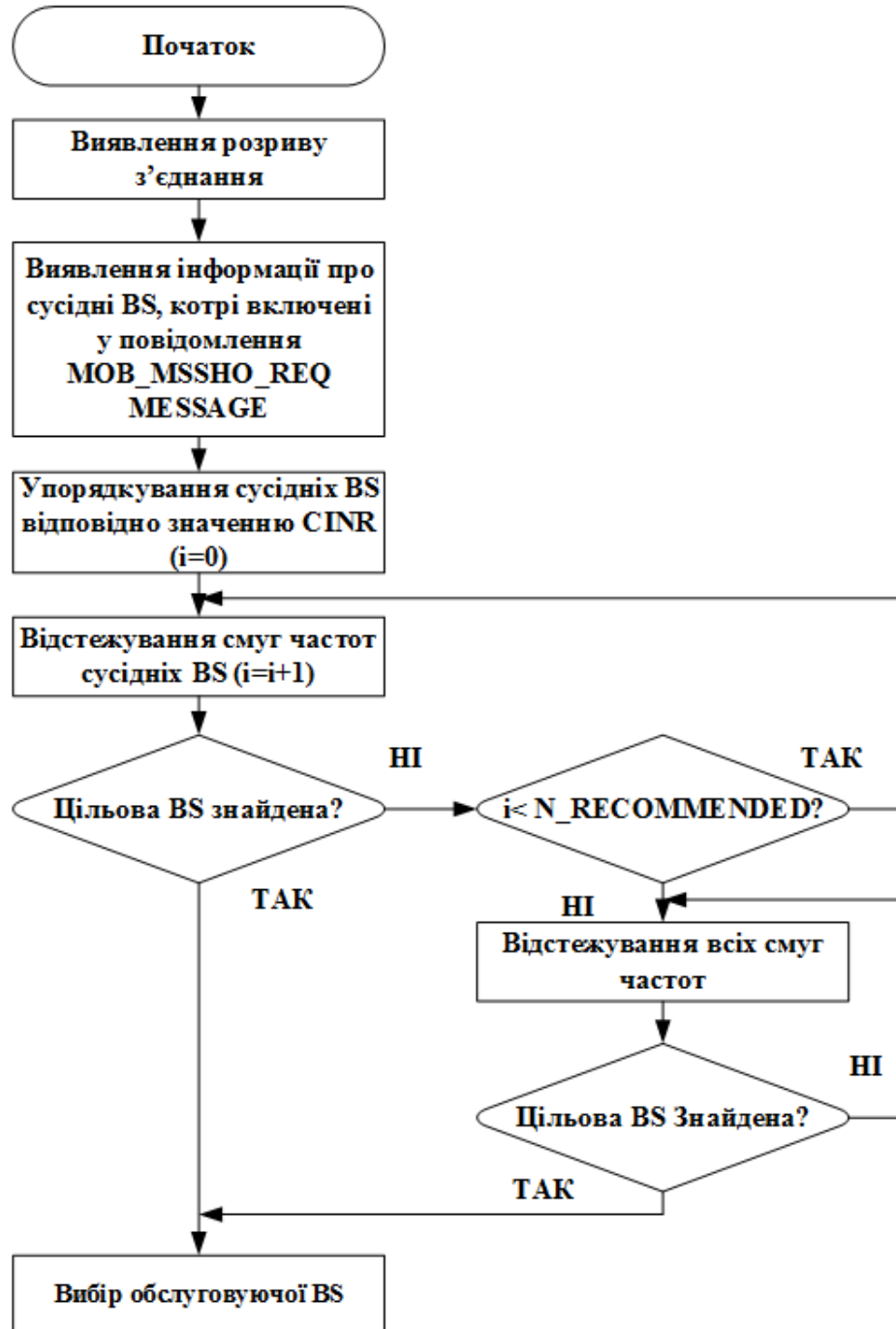


Рисунок 2.5 – Блок-схема процедури вибору обслуговуючої базової станції, коли відбувається розрив з'єднання після того, як MSS передала повідомлення MOB\_MSSHO\_REQ в той час, як виконується операція передачі обслуговування за запитом MSS в системі зв'язку IEEE 802.16e

На рисунку 2.5 видно, що MSS виявляє розрив з'єднання, що відбувається в MSS. На данному етапі MSS виявляє інформацію про сусідні базові станції, включені в повідомлення MOB\_MSSHO\_REQ, яке передане обслуговуючій базовій станції до того, як відбувається розрив з'єднання в MSS. Інформація про сусідні базові станції, включені в повідомлення MOB\_MSSHO\_REQ, - це інформація по N\_RECOMMENDED, який представляє число базових станцій, передавальних MSS сигнал контрольного каналу, що має значення CINR більше заздалегідь визначеного значення CINR, отриманого за допомогою сканування CINR сигналів контрольного каналу, що передаються від N\_NEIGHBORS, включених в повідомлення MOB\_NBR\_ADV. Тобто інформація про сусідні базові станції, включені в повідомлення MOB\_MSSHO\_REQ, - це інформація про сусідні базові станції, що допускають обслуговування в якості цільової обслуговуючої станції для MSS, яка вибирається з N\_NEIGHBORS, включених в повідомлення MOB\_NBR\_ADV.

MSS послідовно упорядковує виявлені сусідні базові станції згідно зі значенням CINR і привласнює параметру  $i$ , використовуваному для відстежування смуг частот сусідніх базових станцій, значення 0 ( $i=0$ ). Параметр  $i$  представляє число сусідніх базових станцій, що піддаються відстежуванню смуг частот. MSS послідовно вибирає інформацію про сусідні базові станції по одній ( $i=i+1$ ) згідно зі значенням CINR сусідніх базових станцій для того, щоб відстежувати смуги частот сусідніх базових станцій.

MSS визначає, виявлена або ні цільова базова станція, за допомогою відстежування смуг частот сусідніх базових станцій. Цільова базова станція - це базова станція, що допускає обслуговування в якості нової обслуговуючої станції MSS. Наприклад, базова станція, що надає сигнал контрольного каналу, що має значення CINR більше заздалегідь певного CINR, може бути вибрана в якості цільової базової станції. Якщо на етапі 1209 визначено, що цільова базова станція не виявлена за допомогою відстежування смуг частот сусідніх базових станцій, процедура переходить до наступного етапу. MSS визначає, менше або ні параметр  $i$ , що представляє число сусідніх базових станцій, що

піддаються відстежуванню смуг частот, числа сусідніх базових станцій (N\_RECOMMENDED), включених в повідомлення MOB\_MSSHO\_REQ. Визначено, що параметр  $i$ , що представляє число сусідніх базових станцій, що піддаються відстежуванню смуг частот, менше N\_RECOMMENDED, у повідомленні MOB\_MSSHO\_REQ, процедура повторюється.

Якщо визначено, що параметр  $i$ , що представляє число сусідніх базових станцій, що піддаються відстежуванню смуг частот, перевищує N\_RECOMMENDED, процедура переходить далі по етапу пошуку. Оскільки MSS не може вибрати цільову базову станцію з сусідніх базових станцій, MSS відстежує усі смуги частот, задані в MSS. Далі MSS визначає, вибрана або ні цільова базова станція. Якщо визначено, що цільова базова станція не виявлена, процедура повертається назад. Якщо визначено, що цільова базова станція виявлена, процедура переходить далі по етапу.

Якщо визначено, що цільова базова станція виявлена за допомогою відстежування смуг частот сусідніх базових станцій, процедура переходить до наступного етапу. MSS вибирає одну цільову базову станцію з виявлених цільових базових станцій в якості нової обслуговуючої базової станції для MSS. Якщо виявлено безліч цільових базових станцій, MSS вибирає одну цільову базову станцію в якості нової обслуговуючої базової станції для MSS на основі значення CINR.

Слід зауважити, що якщо розривши з'єднання відбувається в MSS до того, як MSS прийняла повідомлення MOB\_HO\_RSP, тоді як виконується операція передачі обслуговування за запитом обслуговуючої базової станції, це може прирівнюватися до випадку, при якому розривши з'єднання відбувається в MSS після того, як MSS, що приймає повідомлення відповіді по виділенню інтервалу сканування мобільних вузлів (MOB\_SCN\_RSP) в режимі без передачі обслуговування MSS, просканувала значення CINR сигналів контрольного каналу, що передаються від сусідніх базових станцій. Тому, хоча рисунок 2.6 показує процедуру вибору обслуговуючої базової станції, коли розривши з'єднання відбувається в MSS до того, як MSS прийняла повідомлення

MOB\_HO\_RSP, якщо розривши з'єднання відбувається в MSS до того, як MSS прийняла MOB\_HO\_RSP в той час, як виконується операція передачі обслуговування за запитом обслуговуючої базової станції, це може прирівнюватися до випадку, при якому розривши з'єднання відбувається в MSS після того, як MSS, що приймає повідомлення MOB\_SCN\_RSP в режимі без передачі обслуговування MSS, просканував значення CINR сигнал контрольний канал, передається від сусідній базовий станція.

Коли MSS виявляє розрив з'єднання, що відбувається в MSS, виявляє інформацію про сусідні базові станції, включені в повідомлення MOB\_NBR\_ADV, яке передане MSS від обслуговуючої базової станції до того, як відбувається розрив з'єднання в MSS (рисунок 2.6). MSS послідовно упорядковує виявлені сусідні базові станції згідно зі значенням CINR і привласнює параметру  $i$ , використовуваному для відстежування смуг частот сусідніх базових станцій, значення 0 ( $i=0$ ). Параметр  $i$  представляє число сусідніх базових станцій, що піддаються відстежуванню смуг частот. MSS послідовно вибирає інформацію про сусідні базові станції по одній ( $i=i+1$ ) згідно зі значенням CINR сусідніх базових станцій для того, щоб відстежувати смуги частот сусідніх базових станцій.

MSS визначає, виявлена або ні цільова базова станція, за допомогою відстежування смуг частот сусідніх базових станцій. Якщо визначено, що цільова базова станція не виявлена за допомогою відстежування смуг частот сусідніх базових станцій, процедура переходить до наступного етапу. MSS визначає, менше або ні параметр  $i$ , що представляє число сусідніх базових станцій, що піддаються відстежуванню смуг частот, числа сусідніх базових станцій ( $N\_NEIGHBORS$ ), включених в повідомлення MOB\_NBR\_ADV. Якщо визначено, що параметр  $i$ , що представляє число сусідніх базових станцій, що піддаються відстежуванню смуг частот, менше  $N\_NEIGHBORS$ , включених в повідомлення MOB\_NBR\_ADV, процедура повертається назад.

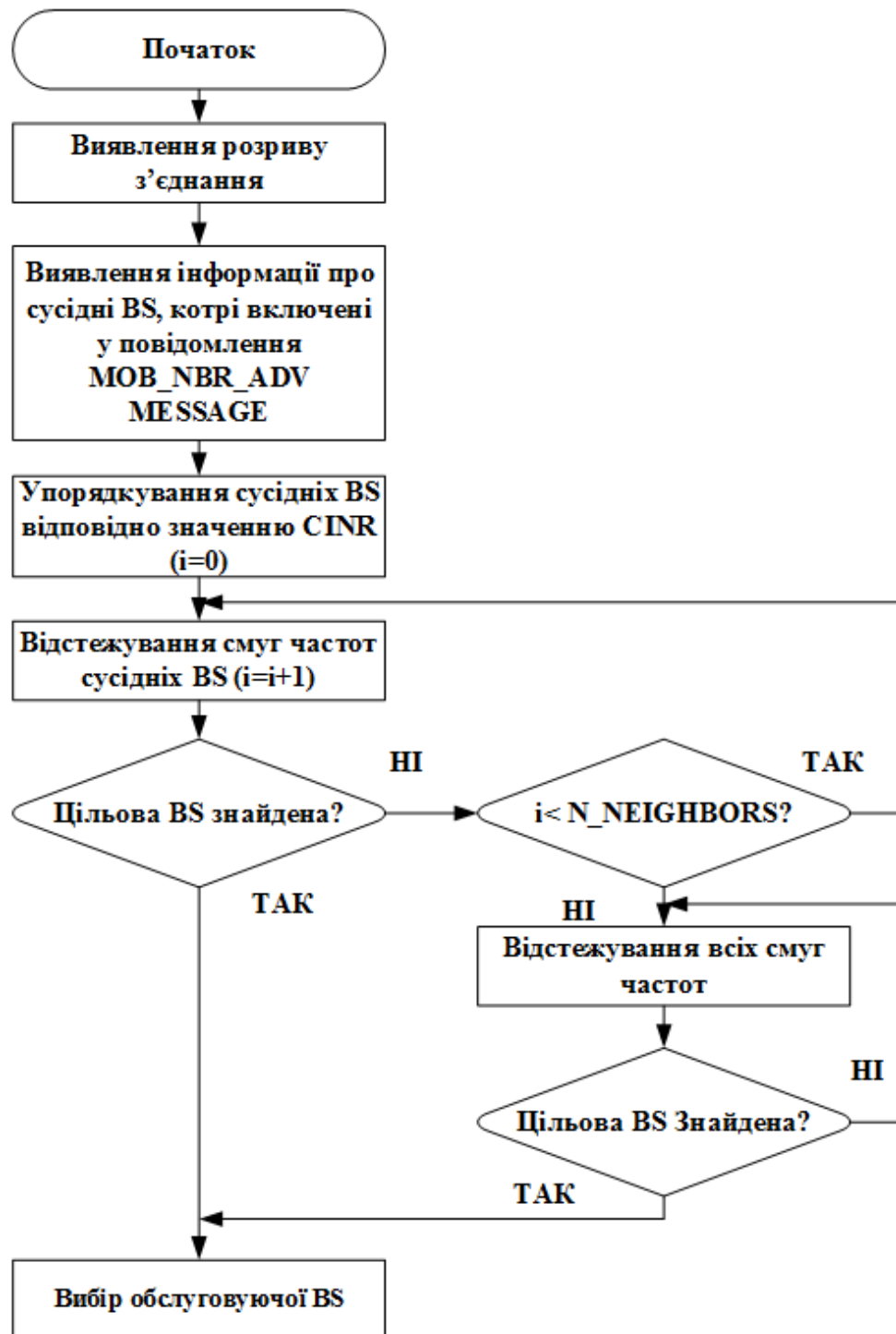


Рисунок 2.6 – Блок-схема процедури вибору обслуговуючої базової станції, коли відбувається розрив з'єднання після того, як MSS прийняла повідомлення MOB\_HO\_RSP

Якщо визначено, що параметр  $i$ , що представляє число сусідніх базових станцій, що піддаються відстежуванню смуг частот, перевищує  $N\_NEIGHBORS$ , включене в повідомлення MOB\_NBR\_ADV, процедура переходить до наступного етапу. Оскільки MSS не може вибрати цільову

базову станцію з сусідніх базових станцій, MSS відстежує усі смуги частот, задані в MSS. Далі MSS визначає, вибрана або ні цільова базова станція. Якщо визначено, що цільова базова станція не виявлена, процедура повторюється. У разі, коли цільова базова станція виявлена, то процедура йде далі.

Якщо визначено, що цільова базова станція виявлена за допомогою відстежування смуг частот сусідніх базових станцій, процедура повторюється. MSS вибирає одну цільову базову станцію з виявлених цільових базових станцій в якості нової обслуговуючої базової станції для MSS. Якщо безліч цільових базових станцій виявлена за допомогою попереднього етапу, MSS вибирає одну цільову базову станцію в якості нової обслуговуючої базової станції для MSS на основі значення CINR.

MSS виявляє розрив з'єднання, що відбувається в MSS, а також виявляє інформацію, пов'язану з сусідніми базовими станціями, включеними в повідомлення MOB\_NO\_RSP, яке передане MSS від обслуговуючої базової станції до того, як відбувається розрив з'єднання в MSS. Як описано з посиланням на таблиці 1.4, інформація про сусідні базові станції, включені в повідомлення MOB\_NO\_RSP, уявляє інформацію про цільові базові станції N\_RECOMMENDED, які вибрані з цільових базових станцій з підтримкою передачі обслуговування і допускають надання пропускнуої спроможності і рівня обслуговування, запрошеного MSS.

MSS послідовно упорядковує виявлені сусідні базові станції згідно з рівнем обслуговування і привласнює параметру  $i$ , використовуваному для відстежування смуг частот сусідніх базових станцій, значення 0 ( $i=0$ ). Потім процедура переходить до наступного етапу. Параметр  $i$  представляє число сусідніх базових станцій, що піддаються відстежуванню смуг частот. MSS послідовно вибирає інформацію про сусідні базові станції по одній ( $i=i+1$ ) згідно з рівнем обслуговування, що надається сусідніми базовими станціями для того, щоб відстежувати смуги частот сусідніх базових станцій.

Повідомлення MOB\_NO\_RSP передається від MSS обслуговуючій базовій станції в ході операції передачі обслуговування, що виконується за

запитом MSS. Операція обслуговування, що виконується за запитом MSS, повинна відрізнитися від операції передачі обслуговування. Як видно, це показано на рисунку 2.7.

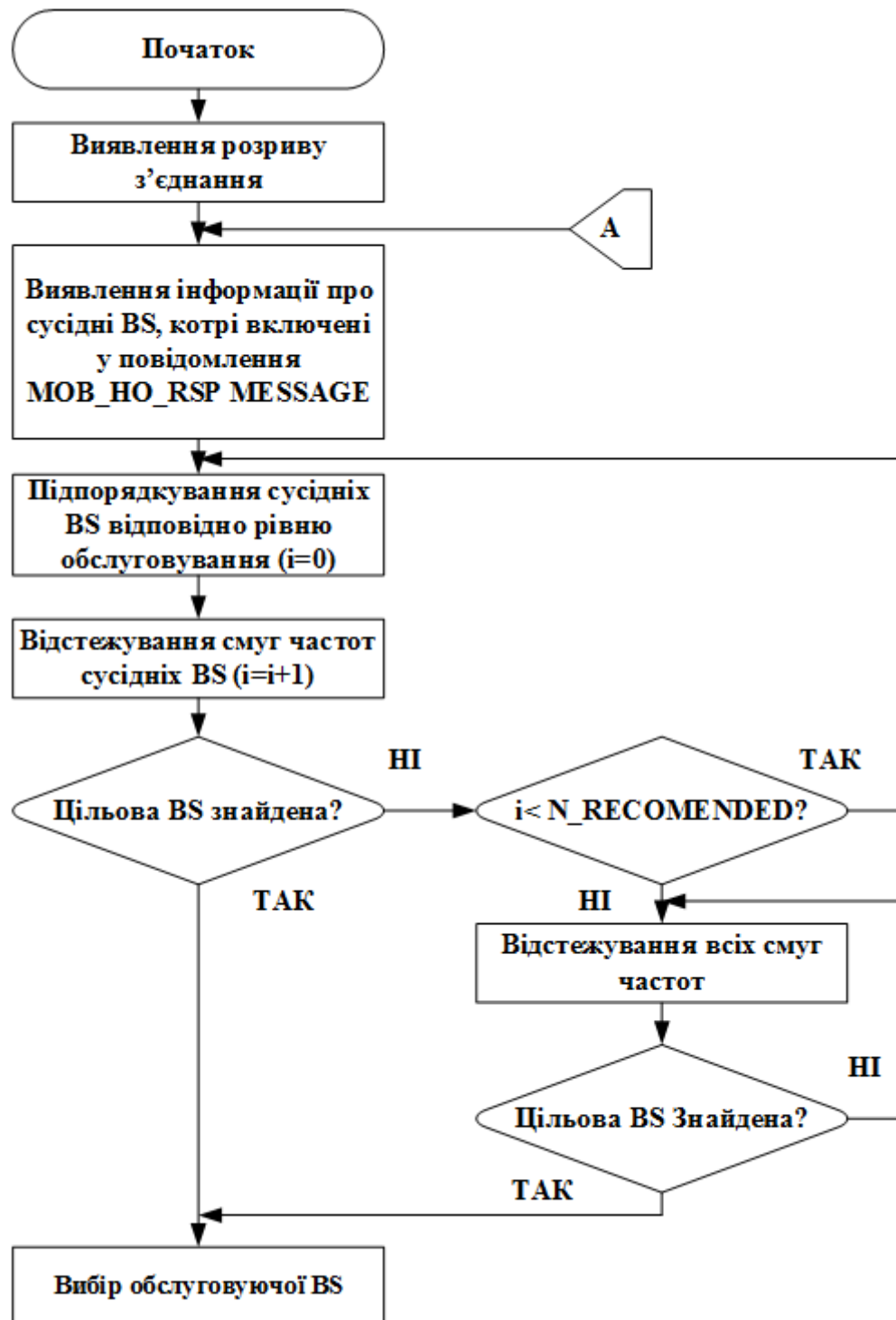


Рисунок 2.7 – Блок-схема процедури вибору обслуговуючої базової станції, коли відбувається розрив з'єднання після того, як MSS прийняла повідомлення MOB\_NO\_RSP в ході операції передачі обслуговування в системі зв'язку IEEE 802.16e



Слід зазначити, що MSS визначає, виявлена або ні цільова базова станція, за допомогою відстежування смуг частот сусідніх базових станцій. Якщо визначено, що цільова базова станція не виявлена за допомогою відстежування смуг частот сусідніх базових станцій, процедура переходить далі. MSS визначає, менше або ні параметр  $i$ , що представляє число сусідніх базових станцій, що піддаються відстежуванню смуг частот, числа сусідніх базових станцій ( $N\_RECOMMENDED$ ), включених в повідомлення MOB\_HO\_RSP. Якщо визначено, що параметр  $i$ , що представляє число сусідніх базових станцій, що піддаються відстежуванню смуг частот, менше  $N\_RECOMMENDED$ , включених в повідомлення MOB\_HO\_RSP, процедура повертається назад.

Якщо визначено, що параметр  $i$ , що представляє число сусідніх базових станцій, що піддаються відстежуванню смуг частот, перевищує  $N\_RECOMMENDED$ , включене в повідомлення MOB\_HO\_RSP, процедура переходить до наступного етапу. Оскільки MSS не може виявити цільову базову станцію з сусідніх базових станцій, MSS відстежує усі смуги частот, задані в MSS. MSS визначає, вибрана або ні цільова базова станція. Якщо визначено, що цільова базова станція не виявлена, процедура повертається до попереднього етапу. Якщо визначено, що цільова базова станція виявлена, процедура переходить далі.

Якщо на етапі визначено, що цільова базова станція виявлена за допомогою відстежування смуг частот сусідніх базових станцій, процедура переходить до наступного етапу. MSS вибирає одну цільову базову станцію з виявлених цільових базових станцій в якості нової обслуговуючої базової станції для MSS. Якщо безліч цільових базових станцій виявлено за допомогою етапу, MSS вибирає одну цільову базову станцію в якості нової обслуговуючої базової станції для MSS на основі значення CINR, і так далі.

Слід зазначити, що повідомлення MOB\_HO\_IND передається від MSS обслуговуючій базовій станції в ході операції передачі обслуговування, що виконується за запитом MSS або обслуговуючій базовій станції, і операція

обслуговування, що виконується за запитом MSS, повинна відрізнятися від операції передачі обслуговування, що виконується за запитом обслуговуючої базової станції, в способі вибору обслуговуючої базової станції, показаному на рисунку 2.8.

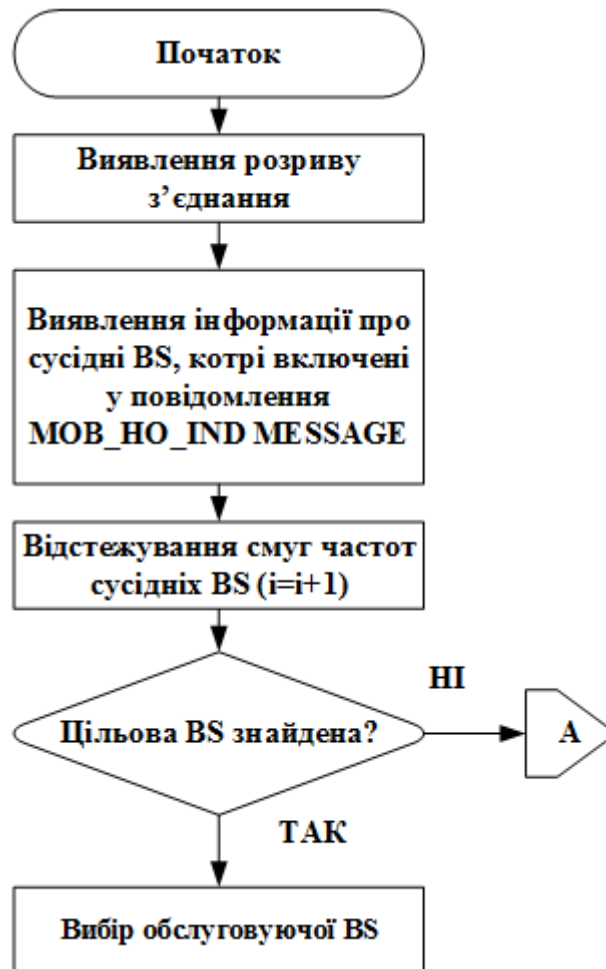


Рисунок 2.8 – Блок-схема процедури вибору обслуговуючої базової станції, коли відбувається розрив з'єднання після того, як MSS передала повідомлення MOB\_HO\_IND в ході операції передачі обслуговування в системі зв'язку IEEE 802.16e

На наступному етапі MSS виявляє розрив з'єднання, що відбувається в MSS (рисунок 2.8). MSS розпізнає інформацію про сусідні базові станції, включені в повідомлення MOB\_HO\_IND, яке передане обслуговуючій базовій станції до того, як відбувається розрив з'єднання в MSS. Повідомлення MOB\_HO\_IND включає інформацію про кінцеву цільову базову станцію MSS. Конфігурація повідомлення MOB\_HO\_IND ідентична конфігурації повідомлення MOB\_HO\_IND (таблиця 2.1).

На етапі MSS відстежує смугу частот цільової базової станції, виявленої з повідомлення MOB\_NO\_IND. Після цього процедура переходить до етапу. На цьому етапі MSS визначає, виявлена або ні цільова базова станція, виявлена з повідомлення MOB\_NO\_IND, в якості цільової базової станції MSS. Якщо на етапі визначено, що цільова базова станція, виявлена з повідомлення MOB\_NO\_IND, не виявлена в якості цільової базової станції MSS, процедура переходить до етапу (рисунок 2.7). Окрім цього, якщо на етапі визначено, що цільова базова станція, виявлена з повідомлення MOB\_NO\_IND, не виявлена в якості цільової базової станції MSS, процедура переходить до наступного етапу. На етапі MSS вибирає виявлену цільову базову станцію в якості нової обслуговуючої станції для MSS.

Види виміру дальності, використовувані для системи зв'язку IEEE 802.16e, класифікуються на початковий, обслуговуючий періодичний вимір дальності, і вимір дальності при запитах на смугу пропускання так само, що і види виміру дальності, використовувані для системи зв'язку IEEE 802.16a.

Початковий вимір дальності, періодичний вимір дальності і вимір дальності при запитах на смугу пропускання, використовувані для системи зв'язку IEEE 802.16e, ідентичні таким же видам виміру дальності системи зв'язку IEEE 802.16a, тому вони не описуються додатково нижче.

Процедура виміру дальності MSS за допомогою використання коду виміру дальності при розриві з'єднання для надання можливості MSS наново встановлювати зв'язки IEEE 802.16e, далі на рисунок 2.9.

У зв'язку з попереднім рівнем техніки, базова станція повинна призначити доступні коди виміру дальності згідно з цілями виміру дальності, тобто згідно з типом виміру дальності. У системі зв'язку IEEE 802.16e код виміру дальності створюються за допомогою сегментації послідовності псевдо шуму ( $PN$ ), що має заздалегідь визначену довжину у бітах (наприклад, 215-1 біт), на заздалегідь визначені блоки коду виміру дальності. Наприклад, може бути створено максимум  $Q$  кодів виміру дальності ( $RC - 1 - RC - Q$ ).

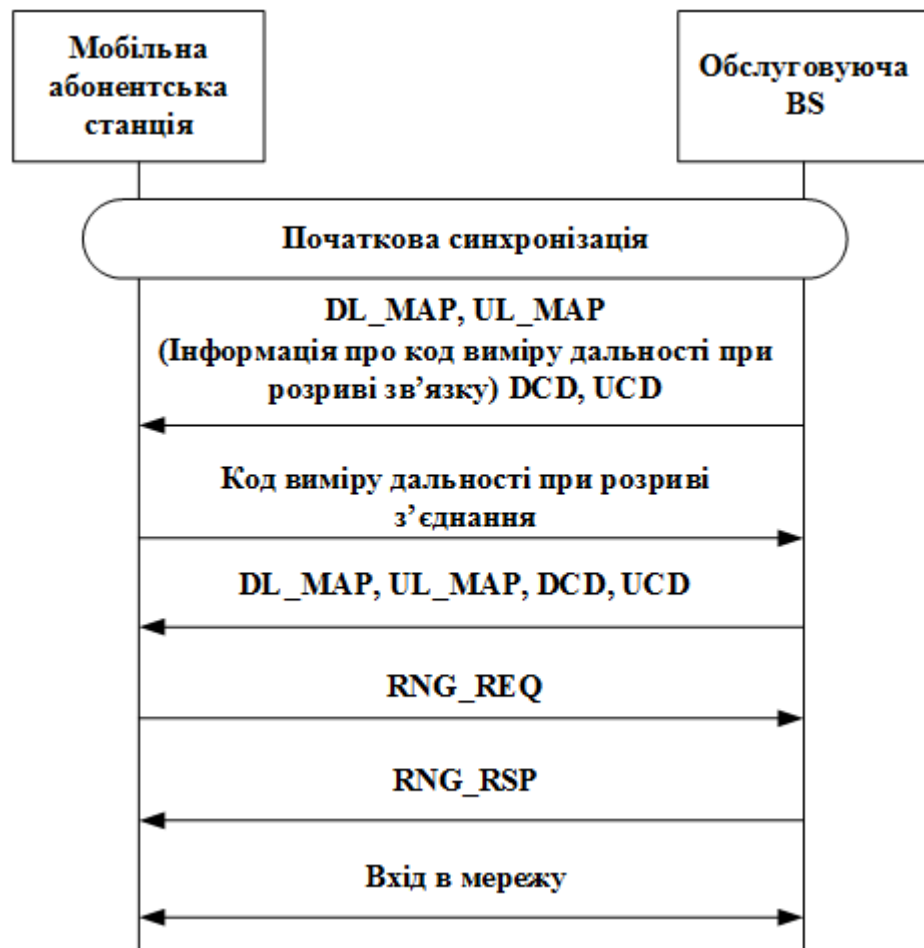


Рисунок 2.9 – Блок-схема процедури виміру дальності розриву з'єднання MSS, яка піддається розриву з'єднання, за допомогою використання коду виміру дальності в системі зв'язку IEEE 802.16e

У поточній системі зв'язку IEEE 802.16e  $Q$  кодів виміру дальності призначаються по-різному згідно з цілями виміру дальності, тобто згідно з початковим виміром дальності, періодичним виміром дальності і виміром дальності при запитах на смугу пропускання. Наприклад,  $N$  кодів виміру дальності призначені для початкового виміру дальності,  $M$  кодів виміру дальності призначені для періодичного виміру дальності і  $L$  кодів виміру дальності призначені для виміру дальності при запитах на смугу пропускання. Загальне число ( $Q$ ) кодів виміру дальності дорівнює сумі  $N$  кодів виміру дальності для початкового виміру дальності,  $M$  кодів виміру дальності для періодичного виміру дальності і  $L$  кодів виміру дальності при запитах на смугу пропускання ( $Q = N + M + L$ ).

Проте, згідно із справжнім винаходом  $Q$  кодів виміру дальності по-різному призначаються відповідно до призначення чотирьох видів виміру дальності, тобто початкового виміру дальності, періодичного виміру дальності, виміри дальності при запитах на пропускну спроможність і виміри дальності при розриві з'єднання. Наприклад,  $A$  кодів виміру дальності призначені для початкового виміру дальності,  $B$  кодів виміру дальності призначені для періодичного виміру дальності,  $C$  кодів виміру дальності призначені для виміру дальності при запитах на пропускну спроможність, і  $D$  кодів виміру дальності призначені для виміру дальності при розриві з'єднання. При цьому загальне число ( $Q$ ) кодів виміру дальності дорівнює сумі  $A$  кодів виміру дальності для початкового виміру дальності,  $B$  кодів виміру дальності для періодичного виміру дальності,  $C$  кодів виміру дальності для виміру дальності при запитах на смугу пропускання і  $D$  кодів виміру дальності для виміру дальності при розриві з'єднання ( $Q = A + B + C + D$ ).

Окрім цього вимір дальності розриву з'єднання, запропонований справжнім винаходом, означає вимір дальності, що виконується, в першу чергу, для повторного встановлення зв'язку, коли відбувається розрив з'єднання в ході обміну даними. Операція виміру дальності розриву з'єднання фактично аналогічна операції для початкового виміру дальності. Коли MSS, в якій відбувається розрив з'єднання, виконує виміри дальності при розриві з'єднання за допомогою використання кодів виміру дальності при розриві з'єднання, базова станція визначає, що MSS намагається наново встановити зв'язок з базовою станцією після того, як відбувається розрив з'єднання в MSS, тому базова станція, в першу чергу, наново встановлює зв'язок з MSS.

Коли досягається початкова синхронізація між MSS і обслуговуючою базовою станцією, MSS приймає повідомлення DL\_MAP, повідомлення UL\_MAP, повідомлення DCD і повідомлення UCD від обслуговуючої базової станції рисунок 2.16. Як описано вище, в одному варіанті здійснення справжнього винаходу повідомлення UL\_MAP включає інформацію про коди виміру дальності при розриві з'єднання. Обслуговуюча базова станція – це нова

обслуговуюча базова станція, вибрана MSS після того, як відбувається розрив з'єднання в MSS.

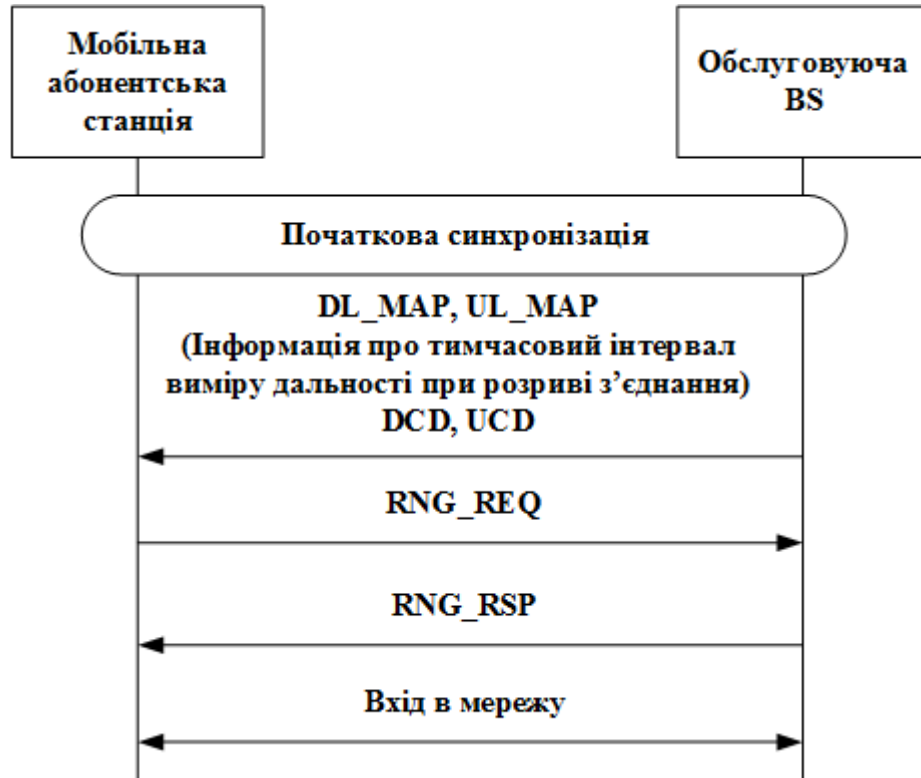
MSS передає код виміру дальності при розриві з'єднання обслуговуючої базової станції так, щоб BS могла розпізнати, що MSS намагається наново встановити зв'язок після того, як відбувається розрив з'єднання в MSS. Після прийому коду виміру дальності при розриві з'єднання від MSS обслуговуюча базова станція може розпізнати, що MSS намагається наново встановити зв'язок з обслуговуючою базовою станцією після розриву з'єднання, тому обслуговуюча базова станція передає повідомлення DL\_MAP, повідомлення UL\_MAP, повідомлення DCD і повідомлення UCD MSS. Повідомлення UL\_MAP, що передається MSS на етапі, може включати інформацію, пов'язану з призначенням тимчасового інтервалу, для надання можливості MSS передавати повідомлення RNG\_REQ впродовж тимчасового інтервалу.

MSS передає повідомлення RNG\_REQ, що включає закодовану інформацію і інформацію про колишню обслуговуючу базову станцію, яка обмінювалася даними з MSS до того, як MSS піддалася розриву з'єднання, обслуговуючій базовій станції впродовж тимчасового інтервалу, що відповідає призначенню тимчасового інтервалу, включеному в повідомлення UL\_MAP для того, щоб наново встановити зв'язок з обслуговуючою базовою станцією. Потім обслуговуюча базова станція передає повідомлення RNG\_RSP MSS у відповідь на повідомлення RNG\_REQ.

Процедура виміру дальності при розриві з'єднання MSS за допомогою використання тимчасового інтервалу для надання можливості наново встановлювати зв'язок впродовж короткого періоду часу, описана з посиланням на рисунок 2.10.

Оскільки MSS – це MSS для повторного встановлення зв'язку з обслуговуючою базовою станцією після розриву з'єднання, обслуговуюча базова станція в першу чергу призначає ресурси MSS так, щоб MSS могла виконати процедуру входу в мережу без конфліктів. Процедура входу в мережу MSS включає реєстрацію і аутентифікацію між MSS і обслуговуючою базовою

станцією. Після прийому повідомлення RNG\_RSP від обслуговуючої базової станції MSS виконує процедуру входу в мережу відносно обслуговуючої базової станції.



*Рисунок 2.10 – Схема процедури виміру дальності при розриві з'єднання MSS, яка піддається розриву з'єднання, за допомогою використання тимчасового інтервалу виміру дальності в системі зв'язку IEEE 802.16e*

Коли досягається початкова синхронізація між MSS і обслуговуючою базовою станцією, MSS приймає повідомлення DL\_MAP, повідомлення UL\_MAP, повідомлення DCD і повідомлення UCD від обслуговуючої базової станції (рис. 2.10). Як описано вище, в одному варіанті здійснення справжнього винаходу повідомлення UL\_MAP включає інформацію про тимчасові інтервали виміру дальності при розриві з'єднання. Обслуговуюча базова станція - це нова обслуговуюча базова станція, вибрана MSS після того, як відбувається розрив з'єднання в MSS. Повідомлення UL\_MAP може включати інформацію про зрушення виміру дальності при розриві з'єднання, тобто інформацію про тимчасовий інтервал виміру дальності при розриві

з'єднання. Інформаційний елемент виміру дальності при розриві з'єднання (Drop\_Ranging IE) повідомлення UL\_MAP представлений в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Вимір дальності повідомлення UL\_MAP

Синтаксис	Розмір	Примітки
Drop_Ranging IE {	-	-
UIUC 4 біта	4 біта	-
Drop Ranging Offset	12 біт	Показує час початку пакетної передачі відносно значення Allocation Start Time, заданого в повідомленні UL_MAP
Зарезервоване }	4 біта	-

Окрім цього, MSS передає повідомлення RNG\_REQ обслуговуючій базовій станції за допомогою тимчасового інтервалу виміру дальності при розриві з'єднання так, щоб обслуговуюча базова станція могла розпізнати, що MSS намагається наново встановити зв'язок з обслуговуючою базовою станцією після того, як відбувається розрив з'єднання в MSS. Після прийому повідомлення RNG\_REQ від MSS обслуговуюча базова станція може розпізнати, що MSS намагається наново встановити зв'язок після розриву з'єднання, тому обслуговуюча базова станція передає повідомлення RNG\_RSP MSS у відповідь на повідомлення RNG\_REQ. Оскільки MSS – це MSS для повторного встановлення зв'язку з обслуговуючою базовою станцією після розриву з'єднання, обслуговуюча базова станція в першу чергу призначає ресурси MSS так, щоб MSS могла виконати процедуру входу в мережу без конфліктів. Після прийому повідомлення RNG\_RSP від обслуговуючої базової станції MSS виконує процедуру входу в мережу відносно обслуговуючої базової станції.

Згідно із запропонованим число цільових базових станцій, які мають бути відстежені для надання можливості MSS наново встановлювати зв'язок з цільовою базовою станцією, коли MSS піддається розриву з'єднання при



виконанні зв'язку з обслуговуючою базовою станцією, може бути зменшене, так щоб MSS могла наново встановлювати зв'язок з цільовою базовою станцією в системі зв'язку з широкосмуговим безпроводним доступом, використання схеми OFDM/OFDMA, такий як система зв'язку IEEE 802.16e. Окрім цього, коли MSS наново встановлює зв'язок з обслуговуючою базовою станцією в системі зв'язку IEEE 802.16e, MSS повідомляє нову обслуговуючу базову станцію про повторне встановлення зв'язку за допомогою використання кодів виміру дальності розриву з'єднання. Отже, нова обслуговуюча базова станція може в першу чергу призначати ресурси MSS так, щоб MSS могла наново встановити зв'язок з новою обслуговуючою базовою станцією впродовж короткого періоду часу, тим самим, підвищуючи якість обслуговування системи зв'язку IEEE 802.16e.

## 2.2 Дослідження ефективності застосування удосконаленого алгоритму вибору обслуговуючої базової станції

Сусідні соти, по відношенню до обслуговуючої станції, управляються контролером базових станцій (BSC) у порядку убутання рівня сигналу. Як тільки перша сота в списку перестане бути обслуговуючою, BSC активує процедуру хендовера. Хендовер відбувається при різкому погіршенні якості наданого сектором сервісу, або при дуже великому видаленні абонента від базової станції. Використовується для перерозподілу навантаження між сусідніми секторами. Якщо сектор, обслуговуючий абонента, перевантажений трафіком, то мобільна станція може бути переключено на сусідній, менш завантажений сектор з прийнятною якістю з'єднання.

Пошук нової частоти всередині обслуговуючого сектору (перший тип хендоверу) відбувається при наступних 2х умовах:

- серед сусідніх секторів немає кандидатів з більш високим рівнем сигналу;
- на частоті присутня велика кількість бітових помилок (інтерференція).

Дослідження залежності тривалості хендвера та втрати пакетів даних від швидкості мобільної станції у системі мобільного WiMAX проводилось за допомогою стандартних та розроблених програм у середовищі Matlab.

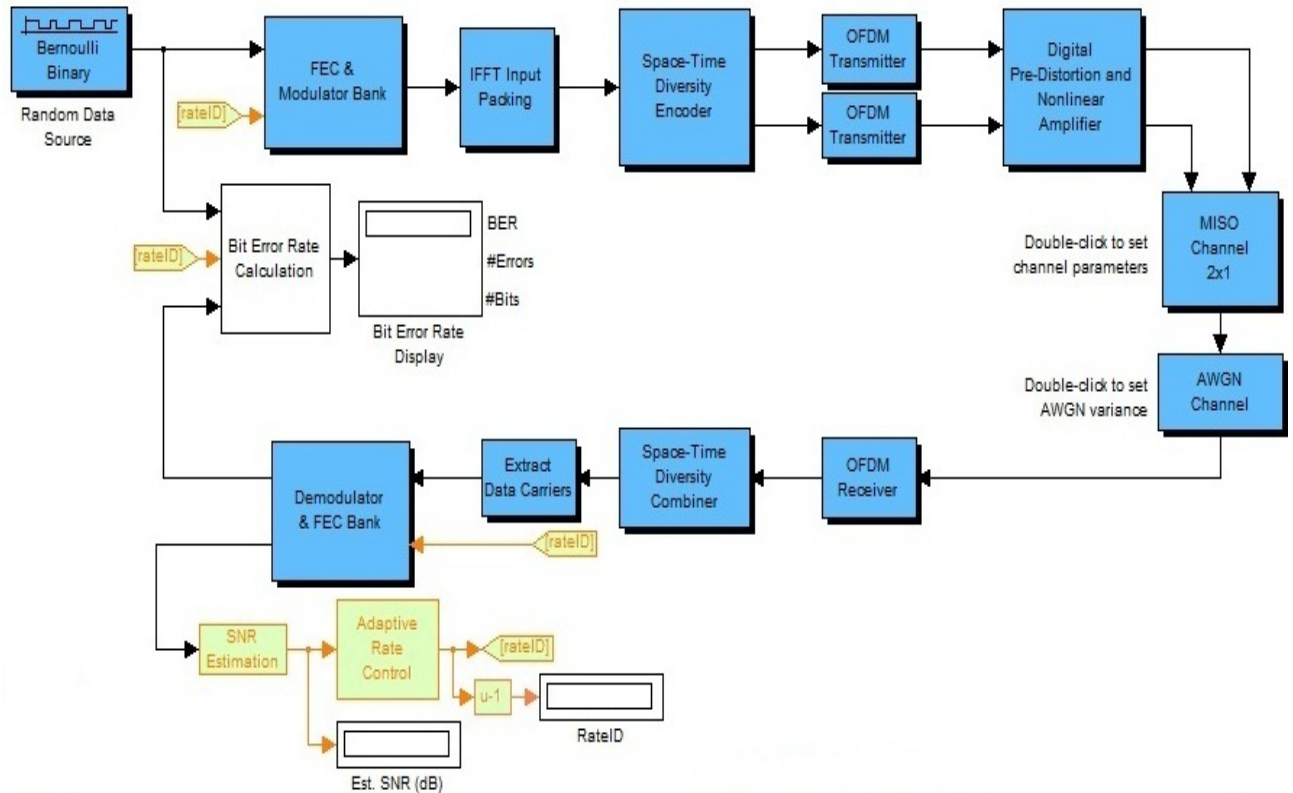
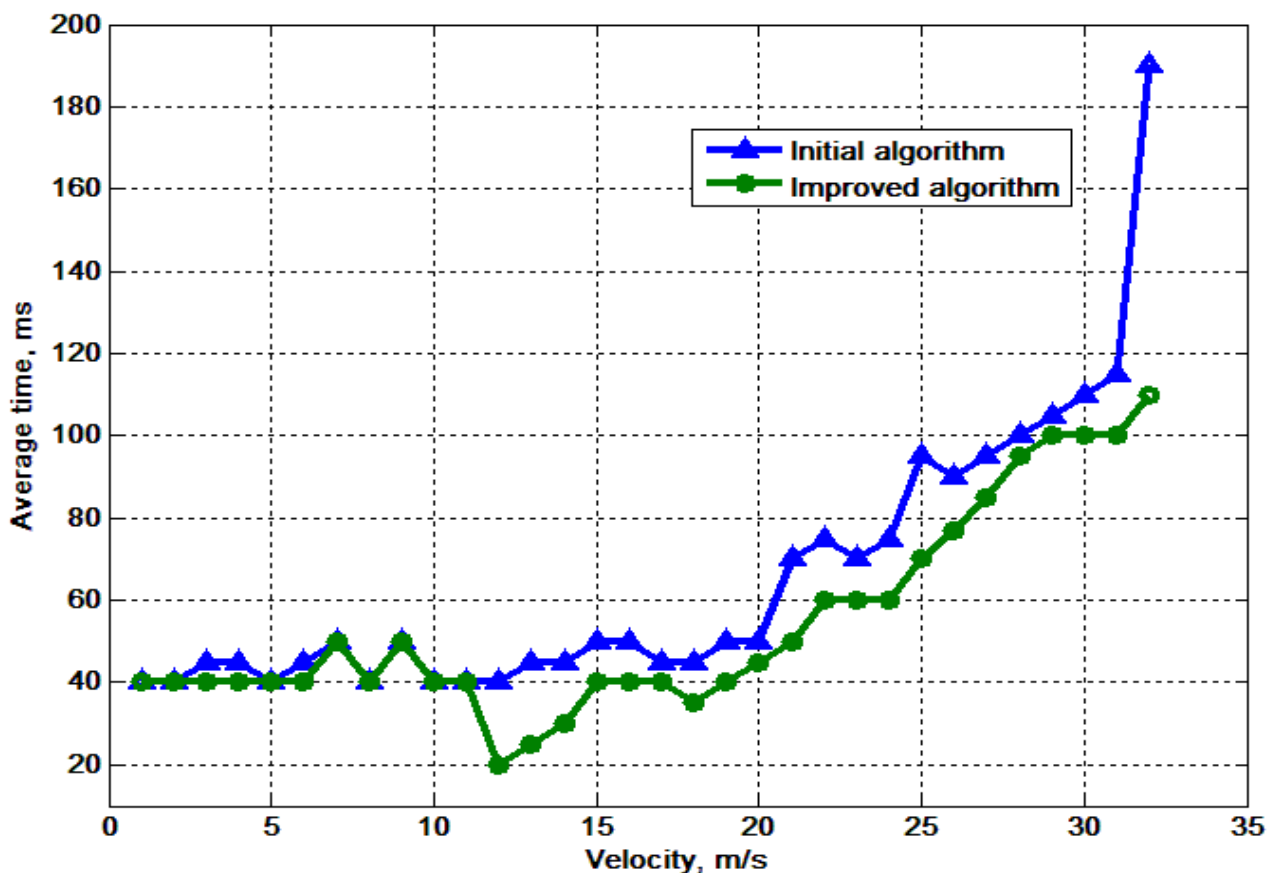


Рисунок 2.11 – Структура імітаційної моделі

Моделювання було зроблено для швидкості мобільної станції від 1 до 32 м/с з кроком в 1 м/с. Для кожної швидкості, час початку для мобільної станції встановлюється довільно і моделювання з відповідною швидкістю проходить 10 разів. Для багатьох додатків, таких як VoIP (Voice over IP), передача повинна бути виконана плавно без помітної затримки або втрати пакетів. Для підтримки цих додатків швидкість досягає, WiMAX вимагає повної мобільності, до 120 км/год, а час очікування на передачу має бути менше 50 мс.

Втрата з відповідною втратою пакетів, що становить менше 1 %. Швидкість абонентської мобільної станції досягає 32 м/с дорівнює 115 км/год, що трохи нижче зазначеної гранично допустимої 120 км/год для плавного перемикання каналів.

Як показано на рисунку 2.12, час очікування на передачу спочатку базується в районі 40 мс і не перетинає межі нижче 50 мс, поки швидкість мобільної станції не досяг 20 м/с (крім кількох винятків, які перевищили ліміт усього на декілька мс). Далі спостерігається стійке зростання часу передачі даних (до 150 мс) при швидкості мобільної станції до 32 м/с. Рисунок 2.13 також показує, що затримки передачі для різних співвідношень сигнал/шум (Signal/Noise Ratio (SNR)) – 7 дБ і 3 дБ, різні. Тобто, для підтримки більш високого SNR, мобільна станція вимагає більшого часу для сканування каналів.



*Рисунок 2.12 – Залежність тривалості хендовера від швидкості мобільної станції в системі WiMAX*

На рисунку 2.13 показано залежність середньої втрати пакетів, що змінюється від швидкості мобільної станції для різних порогових рівнів. Зі збільшенням швидкості втрата пакетів неухильно зростає. Також втрата пакетів пропорційна SNR (чим вище SNR, тим більше може бути втрачено пакетів).

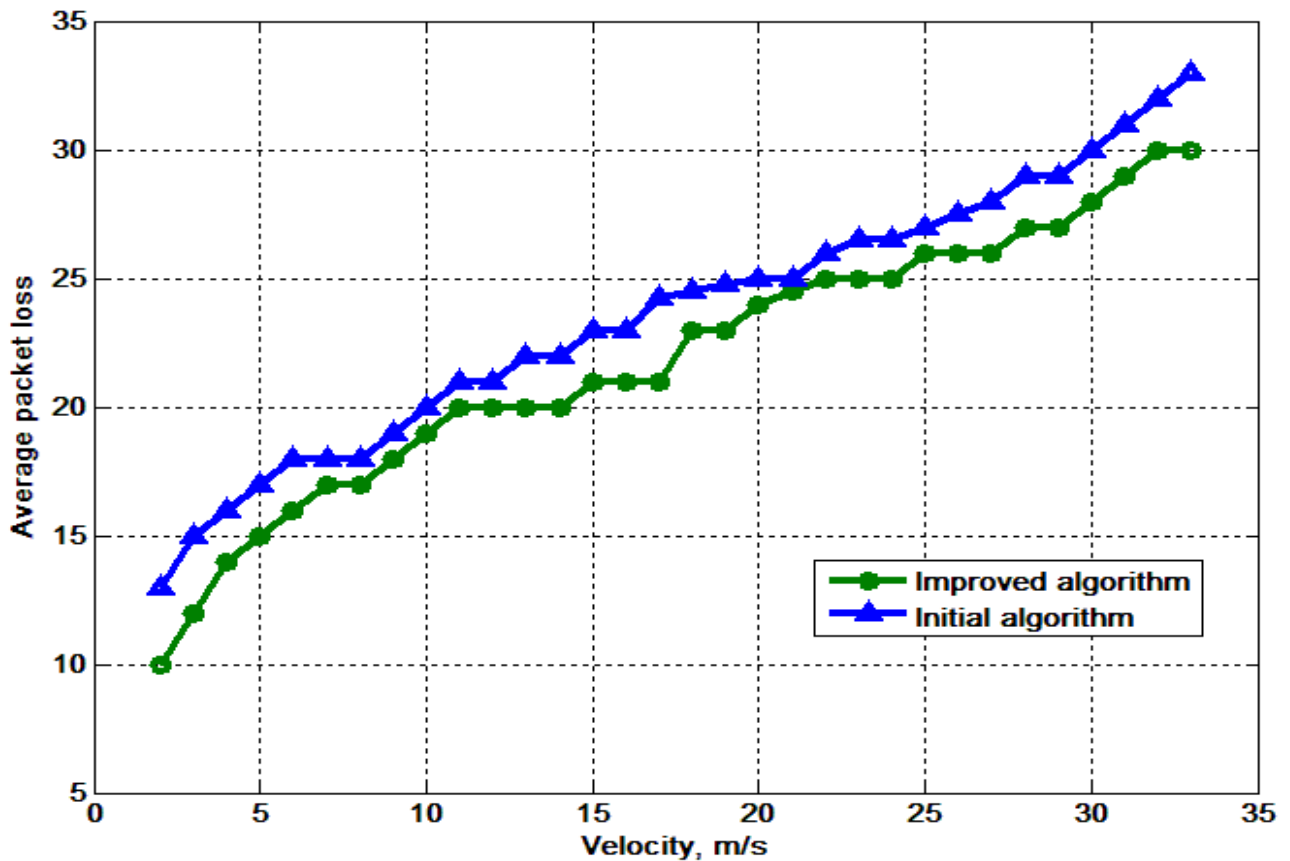


Рисунок 2.13 – Залежність середньої втрати пакетів від швидкості мобільної станції в системі WiMAX

### 2.3 Висновок

1 Запропоновано удосконалений алгоритм вибору обслуговуючої базової станції у системах зв'язку стандарту IEEE 802.16e, що на відміну від відомого, обирає нову базову станцію не з усіх, а спочатку тільки з числа сусідніх, інформація про яких була передана в спеціальному повідомленні. Це дозволяє у знизити часову затримку поновлення обміну даними при розриві з'єднання у бездротовій системі зв'язку стандарту IEEE 802.16e.

2 Досліджено залежність тривалості переключення мобільної станції з однієї базової станції на іншу від швидкості мобільної станції у системах зв'язку стандарту IEEE 802.16e. Встановлено, що при швидкості мобільної станції до 10 м/с різниці між застосуванням удосконаленого алгоритму та існуючих немає. При швидкості мобільної станції вище 10 м/с спостерігається зниження часу тривалості переключення у середньому на 10 мс.

3 Досліджено залежність середньої втрати пакетів від швидкості мобільної станції у системах зв'язку стандарту IEEE 802.16e. Встановлено, що при застосуванні удосконаленого алгоритму спостерігається зниження середньої втрати пакетів приблизно на 12%.

### РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

В розділі проводяться економічні розрахунки витрат на дослідження та розробку алгоритму вибору обслуговуючої базової станції у бездротових системах зв'язку стандарту IEEE 802.16e. Таким чином з'явиться можливість зменшення часу тривалості переключення на 10 мс та зменшення середньої втрати пакетів на 12%.

3.1 Визначення трудомісткості розробки алгоритму вибору обслуговуючої базової станції у бездротових системах зв'язку стандарту IEEE 802.16e

Розробка і дослідження ефективності алгоритму є складним процесом, який має специфічні особливості. Його розробка, створення і апробація здійснюються за фазами життєвого циклу. Він включає три стадії: розробка (проектування), моделювання (створення) і використання (оцінка ефективності розробленої експериментальної моделі). Кожна стадія поділяється на етапи:

- проектування;
- реалізація;
- тестування і випробування алгоритму;
- аналіз результатів тестування.

До етапу «проектування» відноситься аналіз технічного завдання на розробку але, перш за все, аналіз та дослідження методів та алгоритмів обслуговуючої базової станції у бездротових системах зв'язку. З пояснювальної записки сюди потрібно віднести написання вступу і першого розділу.

До етапу «реалізація» відносяться удосконалений алгоритм вибору обслуговуючої базової станції у бездротовій системі зв'язку стандарту IEEE 802.16E. З пояснювальної записки на цьому етапі проводиться написання другого розділу.

На етапі «тестування» проводиться дослідження ефективності застосування удосконаленого алгоритму вибору обслуговуючої базової станції.

Трудомісткість продукції – показник, який характеризує витрати робочого часу на виробництво будь-якої споживчої вартості або на виконання конкретної технологічної операції.

Трудомісткість розробки алгоритму можливо розрахувати по формулі:

$$t = t_O + t_A + t_L + t_P + t_H + t_D, \text{ год.}, \quad (3.1)$$

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

$t_A$  – дослідження розвитку мобільного зв'язку у світі, аналіз алгоритму обслуговуючої базової станції у бездротових системах зв'язку;

$t_L$  – тривалість вивчення літературних джерел за темою тощо;

$t_P$  – витрати праці на розробку алгоритму;

$t_H$  – витрати праці на оцінку ефективності застосування удосконаленого алгоритму вибору обслуговуючої базової станції;

$t_D$  – витрати праці на оформлення документації (за умови роботи однієї людини).

Оцінка витрат праці на кожен показник залежить від конкретних умов і визначається тривалістю окремого робочого процесу (табл. 3.1). Зважаючи на той факт, що дослідження, пов'язані з обробкою складних сигналів в телекомунікаційних системах, охоплюють великий пласт інформації, приймаємо:

Таблиця 3.1 – Тривалість робочих процесів

Назва робочого процесу	Тривалість, год.
підготовка і опис поставленого завдання	$t_O = 5$
дослідження розвитку мобільного зв'язку у світі, аналіз алгоритму обслуговуючої базової станції у бездротових системах зв'язку	$t_A = 35$
вивчення літературних джерел	$t_L = 85$
розробка алгоритму	$t_P = 35$

Продовження таблиці 3.1

Назва робочого процесу	Тривалість, год.
оцінку ефективності застосування удосконаленого алгоритму вибору обслуговуючої базової станції	$t_H = 17$
підготовка документації по завданню	$t_D = 25$

Таким чином, визначивши трудомісткість окремих показників, розрахуємо сумарну трудомісткість розробки експериментальної моделі по формулі 3.1:

$$t = 5 + 35 + 85 + 35 + 17 + 25 = 202, \text{ год.}$$

### 3.2 Розрахунок витрат на розробку алгоритму

Витрати на розробку алгоритму  $K_{EK}$  включають витрати на заробітну плату інженерів телекомунікацій  $Z_{ЗП}$  і вартість машинного часу  $Z_{МЧ}$ , необхідного для розробки алгоритму та оцінки його ефективності, і розраховуються за формулою:

$$K_{IM} = Z_{ЗП} + Z_{МЧ}, \text{ грн.} \quad (3.2)$$

Заробітна плата – винагорода, обчислена, у грошовому виразі, яку за трудовим договором власник або уповноважений ним орган виплачує працівникові за виконану ним роботу. Розмір зарплати залежить від складності та умов виконуваної роботи, професійно-ділових якостей працівника, результатів його праці та господарської діяльності підприємства.

Заробітна плата виконавців визначається за формулою:

$$Z_{ЗП} = t \cdot C_{ЗП}, \text{ грн.} \quad (3.3)$$

де  $t$  – загальна трудомісткість розробки алгоритму та імітаційної моделі, яка визначається за формулою 3.1, годин;

$C_{ЗП}$  – середньогодинна заробітна плата інженера в галузі телекомунікацій, (основна і додаткова), з урахуванням відрахувань на соціальні потреби, грн/годину.



Визначення мінімальної середньої годинної оплати інженера телекомунікацій обчислюється з урахуванням 8-ми годинного робочого графіку на добу і 5-ти денної робочої неділі, та знаючи його середній щомісячний оклад.

На 01.12.2017 року оклад складає 5500 грн. Єдиний соціальний внесок складає 22%, тобто 1210 грн. Отже, з урахуванням премій (20%), можливих надбавок (10%) і відрахувань на соціальні потреби, заробітна плата інженера телекомунікацій складає 7150 грн.

Таким чином, середня заробітна плата за одну годину роботи становить:

$$C_{зп} = 7150/176 = 40,63, \text{ грн/год.}$$

Таким чином, витрати на оплату праці розробника, з урахуванням формули 3.3, складають:

$$З_{зп} = 202 \cdot 40,63 = 8207,26, \text{ грн.}$$

Розрахунок вартості машинного часу, необхідного для розробки алгоритму та імітаційної моделі включає витрати на необхідне програмне та апаратне забезпечення і витрати на електроенергію, і здійснюється за формулою 3.4:

$$З_{мч} = C_o + C_{ел}, \text{ грн.}, \quad (3.4)$$

де  $C_o$  – витрати на обладнання. Відповідні дані наведені в таблиці 3.2;

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

Таблиця 3.2 – Вартість необхідного програмного та апаратного забезпечення

Найменування	Вартість, грн
Ноутбук HP Pavilion g5-1311SE	5500,00
Миша Assero 68007-BK	200,00
Операційна система Windows 8.1 64-bit	2523,00
Разом:	8223,00

Витрати на електроенергію ( $C_{EL}$ ) залежать від часу роботи на ЕОМ ( $T_{EOM}$ ) та собівартості машино-години роботи ЕОМ ( $C_{MЧ}$ ), і розраховується за формулою:

$$C_{EL} = C_{MЧ} \cdot T_{EOM}, \text{ грн.} \quad (3.5)$$

Розрахунок вартості машино-години ЕОМ проведемо по формулі 3.6:

$$C_{MЧ} = W \cdot \Pi_{EL}, \text{ грн/год.}, \quad (3.6)$$

Де  $W$  – потужність ЕОМ,  $W=0,5 \text{ кВт/год}$ ;

$\Pi_{EL}$  – вартість 1кВт за годину електроенергії.

Поточні тарифи на електроенергію для населення України, встановлені відповідно до постанови НКРЕКУ України № 220 від 01.03.2017 року (діючі з 1 березня 2017 року) представлені на рисунку 3.2.

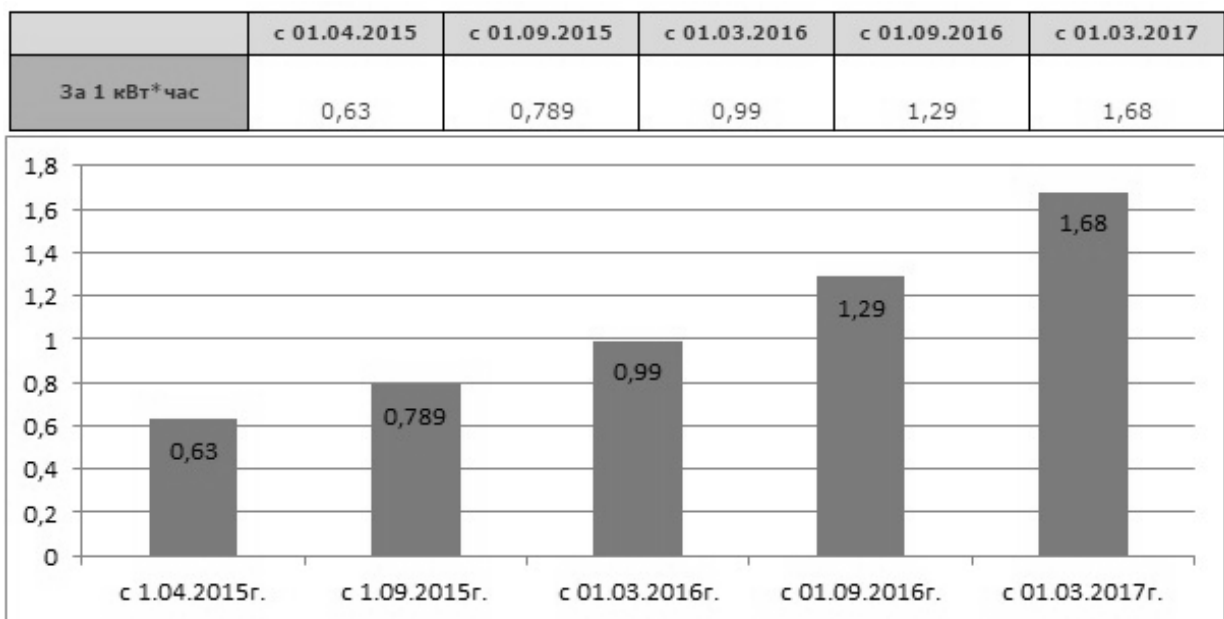


Рисунок 3.2 – Тарифи на електричну енергію, для технічних цілей, яка витрачається в багатоквартирних будинках та гуртожитках.

Таким чином, вартість машино-години ЕОМ за формулою 3.6 складе:

$$C_{MЧ} = 0.5 \cdot 1.68 = 0.84, \text{ грн/год.}$$

Час роботи на ЕОМ складає фактичні витрати часу на розробку алгоритму та імітаційної моделі. Згідно з рисунком 3.1, тривалість зайняла 18 тижнів або 126 днів. З урахуванням того, що ЕОМ працювала в середньому по 5 годин на добу отримуємо:

$$T_{\text{ЕОМ}} = 126 \cdot 5 = 630 \text{ год.}$$

Таким чином вартість електроенергії, за формулою 3.5, складатиме:

$$C_{\text{ЕЛ}} = 0.84 \cdot 630 = 529, \text{ грн.}$$

Враховуючи відому вартість витрат на обладнання та витрачену електроенергію проведемо розрахунок вартості машинного часу, який є необхідним для розробки алгоритму та імітаційної моделі на ЕОМ за формулою 3.4:

$$З_{\text{МЧ}} = 8223 + 529 = 8752, \text{ грн.}$$

Отже, витрати на вдосконалення алгоритму розподілу піднесучих в системі мобільного зв'язку LTE складають, виходячи з формули 3.2:

$$K_{\text{ПЗ}} = 8223 + 8752 = 16975, \text{ грн.}$$

Визначені таким чином витрати на розробку алгоритму вибору обслуговуючої базової станції у бездротових системах зв'язку стандарту IEEE 802.16e є одноразовими капітальними витратами і складають 16975 грн.

Також до затрат треба віднести витрати на «матеріали», які враховують: витрати на носії даних, папір для друкувальних пристроїв і архівну обробку документації. В процесі розробки було потрібно:

- CD-диск вартістю 8 грн.;
- Аркуші паперу формату А4 для друку документації, вартість одного аркуша 0,6 грн. Загальна сума склала 55 грн.;
- Обкладинка документів, вартість за роботу 75 грн.

Загальна вартість витрат на матеріали складає:

$$З_{\text{М}} = 8 + 55 + 75 = 138, \text{ грн.}$$

Діаграма відображає вагу обчислених значень вартості розробки експериментальної (рис. 3.3)

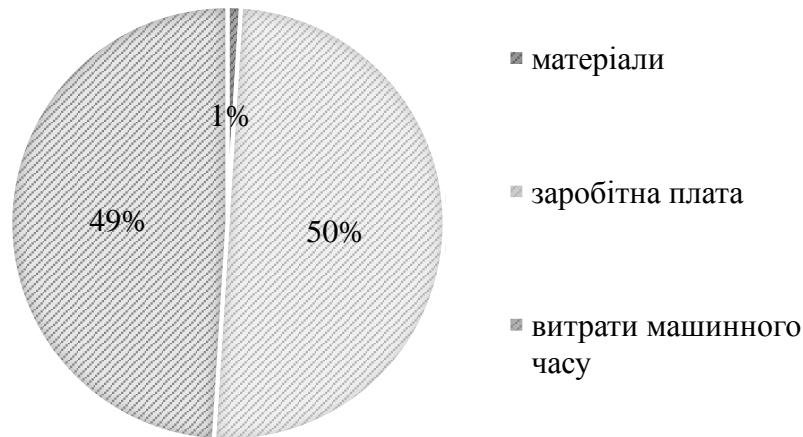


Рисунок 3.3 – Склад витрат на вдосконалення алгоритму вибору обслуговуючої базової станції у бездротових системах зв'язку стандарту IEEE 802.16e

### 3.3 Розрахунок доходу

Дохід – це виручка від реалізації продукції, робіт та послуг. Загальний дохід складається з доходу від підключення абонентів в мережу та доходу від абонентської плати.

Можлива кількість абонентів проектованої мережі становить 1990, вартість підключення абонентів до мережі – 1000грн. Тоді дохід на підключення становитиме:

$$D_{\text{підкл}} = 1990 \cdot 1000 = 1990000 \text{ грн}$$

Середня місячна плата становить 100 грн/міс. Дохід від річної абонентської плати:

$$D_{\text{абонпл}} = 1990 \cdot 100 \cdot 12 = 2388000 \text{ грн}$$

Загальний дохід:

$$D = D_{\text{підкл}} + D_{\text{абонпл}} = 1990000 + 2388000 = 4378000 \text{ грн.}$$

Прибуток - це частина чистого доходу, що залишається підприємству після відшкодування всіх витрат, пов'язаних з виробництвом, реалізацією продукції та іншими видами діяльності. Він визначається за формулою:

$$П = D - C = 4378000 - 1049850,11 = 3328149,89 \text{ грн}$$

За другий рік без підключення абонентів прибуток складатиме:

$$П = D_{\text{абонпл}} - C = 2388000 - 1049850,11 = 1338149,89 \text{ грн}$$

Проект на побудову широкопasmової бездротової мережі на технології WiMAX повністю окупиться за перший рік.

### 3.4 Висновок

В економічному розділі розраховано час, що необхідний для вдосконалення алгоритму вибору обслуговуючої базової станції у бездротових системах зв'язку стандарту IEEE 802.16e, заробітну плату робітників інженерів телекомунікацій, затрати на матеріали. Встановлено, що затрати на розробку алгоритму та імітаційної моделі складають 16975 грн. Дохід, який в перший та другий рік складає відповідно 4378000 грн та 2388000 грн, а також прибуток, що становить 3328149,89 грн та 1338149,89 грн відповідно за перший та другий рік.

## ВИСНОВКИ

В роботі розглянуто та проаналізовано існуючі алгоритми вибору обслуговуючої базової станції у бездротових системах зв'язку стандарту IEEE 802.16e.

Результати роботи згідно цілі та задач такі:

- 1) досліджені існуючі алгоритми вибору обслуговуючої базової станції у бездротових системах зв'язку IEEE 802.16;
- 2) запропоновано вдосконалений алгоритм вибору обслуговуючої базової станції у системах зв'язку стандарту IEEE 802.16e;
- 3) досліджено тривалість переключення мобільної станції та втрати пакетів даних від швидкості мобільної станції у системі зв'язку стандарту IEEE 802.16e.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Національна електронна бібліотека (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Спутниковая\\_связь](http://ru.wikipedia.org/wiki/Спутниковая_связь). - Загол. з екрана.
- 2 Wheeler H. A. Fundamental limitations of small antennas.– Proceedings of the IRE, Dec. 1947, pp. 1479–1488.
- 3 Національна електронна бібліотека (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL: – <http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-10242000-22130026/unrestricted/Thesis.pdf>. - Загол. з екрана.
- 4 Dovgal O.A., Galushko S.A. Fusion Splicing. // «Widening our horizons». – 2011. – №6. – С. 13.
- 5 Шифрин Я. С. Статистическая теория антенн: Справочник по антенной технике. Т.1 // М.: Радиотехника. 1997. – С. 148-205.
- 6 Герасіна О.В., Довгаль О.А. Дослідження тривалості передачі даних та втрати пакетів від швидкості мобільної станції у системах WiMAX.– М.: Efektivni nastroje modernich ved. – 2014. – С. 55-57.
- 7 Chu, L. J. Physical limitations of omnidirectional antennas.– Journal of Applied Physics, Dec. 1948, v.19, p. 1163–1175.
- 8 Harrington R.F. Effect of Antenna Size on Gain, Bandwidth, and Efficiency. – J. Res. Nat. Bur. Stand., Jan/Feb 1960, v.64-D, p.1–12.
- 9 Fante R. Quality Factor of General Ideal Antennas.– IEEE Trans. Ant. Prop., March 1969, v.AP-17, p. 151–155.
- 10 Веселаго В.Г. Электродинамика веществ с одновременно отрицательными значениями  $\epsilon$  и  $\mu$ . – Успехи физических наук. – 1967. Т.92 – №7. С. 517–526.
- 11 Гончаренко И.В. Компьютерное моделирование антенн. Все о программе MMANA – М.: ИП РадиоСофт, Журнал «Радио». 2002 – 80 с.
- 12 Національна електронна бібліотека (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL: <http://ceta.mit.edu/pier/pier65/16.06102703.Hudlicka.MN.pdf>. - Загол. з екрана.

13 Національна електронна бібліотека (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL: <http://flux.aps.org/meetings/YR00/MAR00/abs/S9240.html>. - Загол. з екрана.

14 Національна електронна бібліотека (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу: [-http://gltrs.grc.nasa.gov/reports/2004/TM-2004-213403.pdf](http://gltrs.grc.nasa.gov/reports/2004/TM-2004-213403.pdf). - Загол. з екрана.

15 Wu M.-F. Meng F.-Y. Wu Q. Wu J. Li L.-W. Miniaturization of a Patch Antenna with Dispersive Double Negative Medium Substrates. – Microwave Conference Proceedings, 2005 Asia-Pacific Conference Proceedings. – 2005. - vol. 4.

16 Wu B.-I., Wang W., Pacheco J., Chen X., Grzegorzczak T., Kong J. A., A study of using metamaterials as antenna substrate to enhance gain. - Progress In Electromagnetics Research. – 2005. - PIER 51, Pp. 295–328.

17 Ziolkowski R. W. Design, Fabrication, and Testing of Double Negative Metamaterials, Department of Electrical and Computer Engineering. -University of Arizona.-1230 E. Speedway Blvd. Tucson AZ 85721-0104.- vol. 40.

18 Recommendation ITU-R V.431-6. Nomenclature of the frequency and wavelength bands used in telecommunications. – 1994, Série V.

19 Санкт-Петербургский государственный ун-т телекоммуникации им. проф. М.А. Бонч-Бруевича: Труды учебных заведений связи . - СПб.: Санкт-Петербургский гос. ун-т телекоммуникаций им., 2008. – С. 79-85.

20 Національна електронна бібліотека (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL: <http://www.inauka.ru/blogs/article90863/print.html+описание+программы+feko&cd=1&hl=ru&ct=clnk&gl=ua>. - Загол. з екрана.

21 Довгаль О.А., Миргород А.А. Анализ особенностей распространения радиоволн в минисотовых сетях. // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2013. № 5. С. 242-247.

22 Ahson S., Piyas M. WiMAX: Technologies, Performance Analysis, and QoS / S. Ahson, M. Piyas //CRC Press. – 2007. – P. 296.



23 А.М. Берлянт, А.В. Востокова, В.И. Кравцова и др.; МГУ им. М.В. Ломоносова; Под ред. А.М. Берлянта; Рец.: Г.Д. Курошев, О.И. Дубровин: Картоведение. - М.: Аспект Пресс, 2003– 90с.

24 Берлин А.Н. Цифровые сотовые системы связи. / А.Н. Берлин. – М.: Эко-Трендз, 2007. – 296 с. – ISBN 978-5-88405-087-7.

25 Вишневский В., Портной С., Шахнович И. «Энциклопедия WiMAX. Путь к 4G». "Техносфера". 2009 – 120с.

26 В.М. Вишневский, А.И. Ляхов, С.Л. Портной, И.В. Шахнович «Широкополосные беспроводные сети передачи информации» М. Техносфера, 2005– 90с.

27 Шварц М. Сети связи: протоколы, моделирование и анализ / пер. с англ. М.: Наука, 1992. - 157 с.

28 Sweeney D. WiMAX Operator's Manual: Building 802.16 Wireless Networks / D. Sweeney //Apress. – 2005. – P. 210.

29 Берлин А.Н.: Цифровые сотовые системы связи. - М.: Эко-Трендз, 2007– 108с.

30 Пескова С.А.: Сети и телекоммуникации.- М.: Академия, 2007. 11-21с.

31 Національна електронна бібліотека (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL:[http://ru.wikipedia.org/wiki/Полезная нагрузка](http://ru.wikipedia.org/wiki/Полезная_нагрузка).- Загол. з екрана.

## ДОДАТОК А. Перелік матеріалів дипломної роботи

- 1 Титульна сторінка.doc
  - 2 Завдання.doc
  - 3 Реферат.doc
  - 4 Список умовних скорочень.doc
  - 5 Зміст.doc
  - 6 Вступ.doc
  - 7 Розділ 1.doc
  - 8 Розділ 2.doc
  - 9 Розділ 3.doc
  - 10 Висновки.doc
  - 11 Список використаної літератури.doc
  - 12 Додаток А.doc
  - 13 Додаток Б.doc
  - 14 Додаток В.doc
- Презентація.pptx

**ДОДАТОК Б. Відгуки керівників розділів****Б.1 Відгук керівника економічного розділу**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Керівник розділу

---

(підпис)

---

(ініціали, прізвище)

## ДОДАТОК В. ВІДГУК

на дипломну роботу магістра на тему:

«Вдосконалення алгоритму вибору базової станції в

системі бездротового зв'язку»

студентки групи 172м-16-1

Задорожня Ольга Вячеславівна

Пояснювальна записка складається зі вступу, трьох розділів і висновків, розташованих на \_\_\_ сторінках та містить \_\_\_ рисунків і \_\_\_ таблиць та \_\_\_ джерел.

Мета дипломної роботи є актуальною, оскільки вона направлена на зниження тривалості переключення мобільної станції з однієї базової станції на іншу у бездротовій системі зв'язку стандарту IEEE 802.16e.

При виконанні роботи автор продемонстрував відмінний рівень теоретичних знань і практичних навичок, запропонований новий алгоритм вибору обслуговуючої базової станції. Для підвищення основних характеристик було розраховано економічний ефект, що скорочує витрати на розробку ПЗ.

Практична значимість роботи полягає у зниженні часової затримки поновлення обміну даними при розриві з'єднання у бездротовій системі зв'язку стандарту IEEE 802.16e.

В цілому дипломна робота задовольняє усім вимогам і може бути допущена до захисту, а її автор Задорожня Ольга Вячеславівна заслуговує на оцінку «\_\_\_\_\_» та присвоєння кваліфікації «професіонал в галузі радіоелектроніки та телекомунікацій».

Керівник дипломної роботи,

к.ф.-м.н., доцент

О.Ю. Гусев

## **РЕЦЕНЗІЯ**

**на дипломну роботу магістра на тему:**

**«Вдосконалення алгоритму вибору базової станції в**

**системі бездротового зв'язку»**

**студентки групи 172м-16-1**

**Задорожня Ольга Вячеславівна**

Пояснювальна записка складається зі вступу, трьох розділів і висновків, розташованих на \_\_\_ сторінках, та містить \_\_\_ рисунків, \_\_\_ таблиць і \_\_\_ джерел.

Актуальність зниження тривалості переключення мобільної станції з однієї базової станції на іншу бездротовій системі зв'язку стандарту IEEE 802.16e є безперечною.

В роботі на основі аналізу існуючих алгоритмів вибору базових станцій в системах OFDM-OFDMA та проблеми багатопроменевого розповсюдження сигналу сформульовані задачі, вирішенню яких присвячений розділ 2.

Запропоновано удосконалений алгоритм вибору обслуговуючої базової станції в системі зв'язку IEEE 802.16e для підвищення її пропускної спроможності та скорочення часу пошуку соти при розриві з'єднання.

Перевагою даної роботи є також виконане моделювання тривалості передачі даних та втрати пакетів від швидкості мобільної станції у системах WiMAX.

В цілому дипломна робота задовольняє усім вимогам, а її автор Задорожня Ольга Вячеславівна заслуговує на оцінку «\_\_\_\_\_» та присвоєння кваліфікації «професіонал в галузі радіоелектроніки та телекомунікацій».

**Рецензент**