

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:

**«Пристрій збору даних із використанням
технології WIMAX»**

Завідувач кафедри

Керівник проекту

Проектував студент

А.С. Опанасюк

О.В. Бережна

Є.С. Романенко

Суми
2021 р.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 62 аркушів, 19 рисунків, 11 джерел літератури.

Графічна частина роботи включає в себе: схему алгоритму роботи пристрою, структурну та функціональну електричну схему.

Пояснювальна записка містить три розділів: огляд літератури і постановку завдання проектування, розробку алгоритму функціонування пристрою та структурну схему, розробку структурної схеми пристрою та алгоритму його функціонування, розробку функціональної схеми пристрою.

Перший розділ містить загальну інформацію про АСУ ТП, бездротові технології, WIMAX, основні функції та види, а також постановку завдання на проектування.

Другий розділ присвячений розробці алгоритму функціонування та структурної схеми проектованого пристрою.

Третій розділ присвячений розробці функціональної схеми пристрою.

ЗМІСТ

СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧОК.....	4
ВСТУП.....	5
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ І ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ПРОЕКТУВАННЯ.....	7
1.1 Засоби автоматизації.....	7
1.2 Принцип дії.....	8
1.3 Проблема останньої милі.....	9
1.4 Бездротові системи передачі даних.....	10
1.5 Технологія WiMAX.....	15
1.6 Постанова завдання.....	20
2 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ ТА АЛГОРИТМУ ЙОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ.....	21
2.1 Розробка структурної схеми WiMAX.....	21
2.2 Розробка алгоритму роботи пристрою WiMAX.....	34
3 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ.....	40
3.1 Функціональна схема мережі зв'язку.....	40
3.2 Розробка обладнання WiMAX на базі «систем на кристалі».....	42
ВИСНОВОК.....	56
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	57
ДОДАТОК А.....	59
ДОДАТОК Б.....	61

					<i>ЕЛІТ 6.172.461 ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Романенко Е.С</i>			Пристрій збору даних із використанням технології WiMAX Пояснювальна записка	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Бережна О.В.</i>					3	62
<i>Реценз.</i>						<i>СумДУ, гр. ТК-71</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Бережна О.В.</i>						
<i>Утверд.</i>		<i>Опанасюк А.С.</i>						

СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧОК

WIMAX - Worldwide Interoperability for Microwave Access

WI-FI - Wireless Fidelity

WMAN - Metropolitan Area Network

WPAN - Wireless personal area network

WLAN - Wireless Local Area Network

WWAN - Wireless Wide Area Network

АСУ ТП - Автоматизована система управління технологічним процесом

SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition

DCS - Digital Combat Simulator

ESD - Electronic Software Delivery

FDD - Feature driven development

TDD - Test Driven Development

БС – Базова станція

					ЕЛІТ 6.172.461 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ док.м.	Подпись	Дата		4

WiMAX на основі стандарту IEEE 802.16 визначає бездротові мережі, що поєднують ключові характеристики широкосмугових стільникових мереж, а також мереж коротких діапазонів, а саме мобільність та високу пропускну здатність даних. IEEE 802.16 - це дуже активний і швидко розвивається стандарт, який служить фундаментальною основою для систем WiMAX. В даний час розробляється кілька поправок, що стосуються окремих технічних аспектів або можливостей, включаючи 802.16g, 802.16h, 802.16i, 802.16j, 802.16k та 802.16m.

Fujitsu розробила економічний, повністю інтегрований процесор основний смуги частот MAC і PHY для змішаних сигналів для додатків BWA. Ця SoC призначена для підтримки частот від 2 до 11 ГГц як в ліцензійних, так і в неліцензійних діапазонах. Процесор підтримує всі доступні смуги пропускання від 1,75 до 20 МГц. Fujitsu WiMAX SoC повністю відповідає стандарту WiMAX IEEE 802.16 і може бути налаштована для використання як в BS, так і SS [3-4].

					<i>ЕЛІТ 6.172.461 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		6

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ І ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1 Засоби автоматизації

В даний час на промислових підприємствах експлуатуються та впроваджуються системи управління технологічними процесами. Особливо якщо мова йде про масштабне виробництво із тисячами працівників та величезною кількістю обладнання. Методи автоматизації робочих процесів часто використовуються для оптимізації та підвищення продуктивності компанії.

Автоматизація систем управління технологічними процесами - це набір інструментів та методів, які дозволяють керувати технологічними операціями на виробництві з мінімальним втручанням людини. Прийняття рішень та подальше планування процесів залишається за обслуговуючим персоналом.

АСУ ТП має єдину систему операторського управління технологічним процесом у вигляді 1 або декількох панелей управління, обробки та архівування інформації про процес, типові елементи автоматики: датчики, виконавчі пристрої, пристрої управління.

Основними перевагами впровадження АСУ ТП є:

- вища надійність роботи обладнання, менший ризик серйозних аварій;
- забезпечення автоматизованого ефективного управління технологічними процесами у звичайному, перехідному та доаварійному режимах роботи. виробництво продукції заданої якості і кількості;
- забезпечення персоналу ретроспективною інформацією в повному обсязі для аналізу, оптимізації та планування роботи устаткування, а також і його ремонту
- поліпшення умов праці експлуатаційного персоналу;
- захист обладнання та персоналу у разі загрози аварії;
- своєчасне надання оперативному персоналу надійної інформації про хід технологічного процесу, стан обладнання та технологічних засобів управління;

					ЕЛІТ 6.172.461 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ док.м.	Подпись	Дата		7

Використання сучасних систем АСУ ТП дозволяє не тільки ефективно керувати виробничим місцем а й контролювати його, але частково усунути вплив фактора людини на управління, що дозволяє уникнути помилок. В даний час існують актуальні проблеми підвищення автономності систем управління, перерозподілу функцій у бік збільшення тягаря прийняття рішень на АСУ. У цьому випадку важливими є питання розвитку інтелектуальної складової АСУ ТП щодо створення алгоритмів реагування в реальному часі на критичні ситуації, що виникають. Активне використання бездротових технологій в АСУ ТП підвищує вимоги безпеки до несанкціонованого доступу [2].

1.2 Принцип дії

Сучасні АСУ ТП, розробляються з використанням програмованих мікропроцесорних контролерів, крім забезпечення надання всіх необхідних функцій, що забезпечує широкий спектр додаткових функцій, забезпечуючи високий рівень надійності, мають високоефективний інтерфейс людина-машина та високорозвинену гнучку структуру.

Схема роботи АСУ ТП представляє необхідні зміни їх параметрів за допомогою інтелектуальних методів вимірювання та подальшої роботи.

Весь комплекс складається з датчиків, польових приладів та виконавчих механізмів. Показники фіксують дані, які потрібно контролювати. Вони також подають сигнали промисловим контролерам. Інший елемент - це програмовані машини. Їх часто називають ПЛК. Це система управління процесами середнього рівня. Тут машини запускають, керують та зупиняють, виконують аварійні відключення та контролюють всі функції.

В цей час диспетчер контролює виробничий процес. Ще одним завданням диспетчера є дистанційний контроль роботи всіх механізмів. На вищому рівні виконуються регулярні звіти та архівування отриманих даних.

Оператори отримують всю інформацію, необхідну для моніторингу. Дані відображаються у вигляді діаграми. На їх основі блок управління приймає рішення та надсилає сигнали машинам.

					ЕЛІТ 6.172.461 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ док.м.	Подпись	Дата		8

Індивідуальні автоматичні системи управління та автоматизовані пристрої, об'єднані в один комплекс, можуть бути компонентами САУ. Такі як системи спостереження та збору даних (SCADA), розподілені системи управління (DCS), системи аварійного захисту (ESD) та інші менші системи управління.

Усе промислове обладнання та технічні системи можуть працювати під контролем системи SCADA. SCADA - наглядний контроль та збір даних. Основною метою системи є моніторинг та контроль обладнання за участю людини.

Ця система є портовим програмним пакетом, який налаштовується та встановлюється на комп'ютерах інженерних та робочих станцій. Забезпечує збір, архівування, візуалізацію та найважливіші дані з ПЛК. Після отримання даних система порівнює дані із заданими значеннями керованих параметрів і у разі відхилення від вхідного параметру інформує оператора через сигнал, що дозволяє йому вжити необхідних заходів. Водночас система реєструє все, що відбувається, включаючи діяльність оператора, забезпечуючи тим самим контроль діяльності оператора у випадку аварії чи іншої ненормальної ситуації. Це забезпечує особисту відповідальність вищого оператора

Основні функції та завдання SCADA:

- Передача даних у системи вищого рівня (системи MES / ERP);
- Обмін даними з різних комунікаційних пристроїв з об'єктом управління;
- Моніторинг тривоги та повідомлень тривоги;
- Обробка даних у режимі реального часу;
- Створення звітів про технологічний процес;
- Впровадження SCADA HMI - інтерфейс людина-машина з відображенням інформації на ПК або панелях оператора
- Ведення бази даних;

1.3 Проблема останньої милі

Існуючі системи дротового цифрового зв'язку вже не можуть повністю задовольнити зростаючий попит на високошвидкісний ширококутний доступ. Найважливішими їх недоліками є тривалий час встановлення, проблеми з розширенням, великі витрати та проблема "останньої милі".

									Лист
									9
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата					

Проблема останньої милі завжди була актуальною для операторів зв'язку. Сьогодні існує безліч технологій останньої милі, і перед кожним оператором постає завдання вибрати технологію, яка оптимально вирішить цю проблему будь-якого типу трафіку своїм абонентам. Універсального рішення цієї проблеми не існує. Кожна технологія має свою область застосування, свої переваги та недоліки. На вибір цього технологічного рішення впливає кілька факторів, включаючи:

- стратегію оператора, цільову групу, послуги, які вона в даний час пропонує до надання послуги;
- час, необхідний для запуску мережі та початку надання послуг.
- обсяг інвестицій у мережу період розробки та окупності;
- існуюча мережева інфраструктура та ресурси, необхідні для підтримання її в належному стані;

Загальні принципи організації "останньої милі":

1. Пункт взаємозв'язку провайдера повинен розташовуватися в достатній близькості від місця проживання клієнтів. Відстань обчислюється залежно від ступеня ослаблення сигналу в середовищі передачі.
2. Клієнт повинен мати відповідне обладнання, здатне підключатися до пункту з'єднання постачальника. Тип пристрою залежить від організації "останньої милі".

Технології останньої милі поділяються на бездротові та дротові, залежно від природи середовища передачі. Неважко здогадатися, що бездротові мережі - це ті, в яких інформація передається безпосередньо по повітрю (різними методами передачі хвиль: WiFi, WiMAX, радіопередача, оптичний бездротовий зв'язок).

WiMAX є одним із проблеми ширококутового доступу до транспортних мереж і, крім того, позбавити користувачів необхідності кабельного з'єднання. WiMAX призначений для забезпечення високошвидкісного, безпечного бездротового доступу з підтримкою контролю якості на периферії мережі [7, 8].

1.4 Бездротові системи передачі даних

										Лист
										10
Изм.	Лист	№ док.м.	Подпись	Дата						

Системи управління процесами, які часто розповсюджуються, в даний час характеризуються тенденцією до модернізації за умови, що основні засоби виробництва залишаються незмінними. Якість виробництва змінюється за короткий час завдяки модернізації АСУ ТП, включаючи використання бездротових технологій, що економить час та витрати порівняно з розгортанням кабельних мереж.

Бездротові технології служать для передачі інформації на відстань між двома і більше точками, не вимагаючи зв'язку з їх проводами. Для передачі інформації можна використовувати інфрачервоне, радіохвилі, оптичне чи лазерне випромінювання.

Біля будинків бездротова технологія в основному використовується, коли кабель не можна використовувати (з технічних, організаційних чи економічних причин) або коли потрібен обмін даних з користувачами, які рухаються по ньому. Цього не слід плутати з мобільним зв'язком: це не здійснення обміну інформацією безпосередньо в процесі руху, а можливість роботи в мережі з будь-якої точки приміщення [7].

Загалом, технології бездротової передачі даних, як і кабельні технології, можна розділити на 2 великі групи. В одному з них прямий зв'язок встановлюється протягом усього сеансу зв'язку, незалежно від фактичного навантаження каналу, а також у кабельних мережах з комутацією каналів. Ця технологія забезпечує синхронний зв'язок - на одному кінці є передача, а на іншому - одночасно прийом. Інші групові технології схожі на систему з комутацією пакетів - вони не забезпечують синхронізацію, але зв'язок встановлюється лише для самої передачі, тому ємність каналу використовується набагато ефективніше. Перший тип технології більше підходить для телефонних розмов (хоча він також часто використовується для передачі даних), другий тип технології в першу чергу призначений для передачі даних.

Широке поширення в більшості сфер суспільства отримали системи бездротової передачі даних, так як мали інші переваги: низька вартість, мобільність, незалежність від кабельна інфраструктура, високошвидкісний доступ до Інтернету, простота підключення та використання. За дальності дії:

- Бездротова широкопasmово мережа (WWAN). Приклади технологій - CSD, GPRS, EDGE, EV-DO, HSPA.

										Лист
										11
Изм.	Лист	№ док.им.	Подпись	Дата					ЕлІТ 6.172.461 ПЗ	

- Бездротові мережі метрополітену (WMAN)
- Бездротові локальні мережі (WLAN). Приклади технологій - Wi-Fi
- Бездротові персональні мережі (WPAN). Прикладом цієї технології є Bluetooth.



Рисунок 1.1 - Бездротові технології по дальності дії

Оскільки теоретично можна підключитися до бездротової мережі з будь-якого місця за допомогою відповідного мережевого адаптера, більшість моделей бездротових мережевих адаптерів та передавачів використовують шифрування.

Деякі пристрої, що шифруються за допомогою коду ESSID. Це восьмизначний код, який допомагає захистити вашу мережу від зловмисників. Слід також пам'ятати про стандартні засоби ідентифікації мережі, такі як паролі користувачів. Деякі бездротові мережі перевіряють незареєстровані MAC-адреси (кожен мережевий адаптер має унікальну MAC-адресу) і дозволяють доступ до мережі лише зареєстрованим мережевим адаптерам. Для кращого рівня безпеки мережеві адаптери та передавачі вузлів повинні збігатися.

Найвідоміші бездротові технології включають: Wi-Fi, Wi-Max, Bluetooth, бездротовий USB та ZigBee. Кожна з цих технологій має свої унікальні характеристики, які визначають відповідні сфери застосування:

- Bluetooth дозволяє таким пристроям, як портативні комп'ютери, персональні комп'ютери, мобільні телефони, ноутбуки, принтери, цифрові камери, миші, клавіатури, джойстики, навушники та гарнітури, обмінюватися даними, використовуючи надійну, недорогу та всюдисущу радіочастоту короткого діапазону. Ці пристрої можуть спілкуватися в межах від 10 до 100 метрів навіть у різних приміщеннях.
- Протокол UWB був розроблений WiMedia Alliance і в 2007 році затверджений як міжнародний стандарт ISO / IEC 26907. WiMedia UWB - це стандарт для ширококутового бездротового зв'язку короткого діапазону. Протокол розглядає аспекти фізичного рівня (PHY) та підшарів доступу до медіа (MAC) у зв'язку між пристроями. Максимальна швидкість передачі даних між пристроями WiMedia UWB становить 480 Мбіт / с (як у випадку з кабелем USB), тоді як пристрої працюють в діапазоні частот 3,1 - 10,6 ГГц. UWB конкурує з Bluetooth.
- ZigBee є стандартом для недорогих безшумних бездротових мереж із сітчастою топологією. Низькі витрати дозволяють широко використовувати цю технологію для бездротового управління та моніторингу, а завдяки низькому енергоспоживанню датчики мережі можуть працювати протягом тривалого часу, використовуючи автономні джерела живлення. Протокол був розроблений альянсом ZigBee. Цей союз служить органом, який визначає стандарти високого рівня для ZigBee; він також публікує профілі програм і дозволяє виробникам вихідних компонентів виробляти сумісні продукти. Нижні рівні цього стандарту розроблені IEEE і визначені стандартами IEEE 802.15.4-2006
- Wi-Fi був створений у 1991 році корпорацією NCR / AT&T. Wireless Fidelity - це торгова марка Wi-Fi Alliance для бездротових мереж на основі стандарту IEEE 802.11. Схема мережі Wi-Fi зазвичай включає принаймні одну точку доступу (так званий інфраструктурний режим) і принаймні одного клієнта. Також можливе підключення двох клієнтів у режимі точка-точка, коли точка доступу не використовується, а клієнти підключаються

					<i>ЕлІТ 6.172.461 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		13

за допомогою мережних адаптерів "безпосередньо". Точка доступу передає свій ідентифікатор мережі (SSID) за допомогою спеціальних пакетів сигналізації зі швидкістю 0,1 Мбіт / с кожні 100 мс. Отже, 0,1 Мбіт / с - це найнижча швидкість передачі даних для Wi-Fi. Якщо клієнт знає SSID мережі, він може визначити, чи можна підключитися до точки доступу. Коли дві точки доступу з однаковими ідентифікаторами SSID знаходяться в радіусі дії, приймач може вибирати між ними на основі даних про потужність сигналу.

Результати оцінки бездротових протоколів ZigBee, Bluetooth і Wi-Fi по швидкості передачі даних, енергоспоживанню і видалення вузлів представлені на рисунку 1.2.

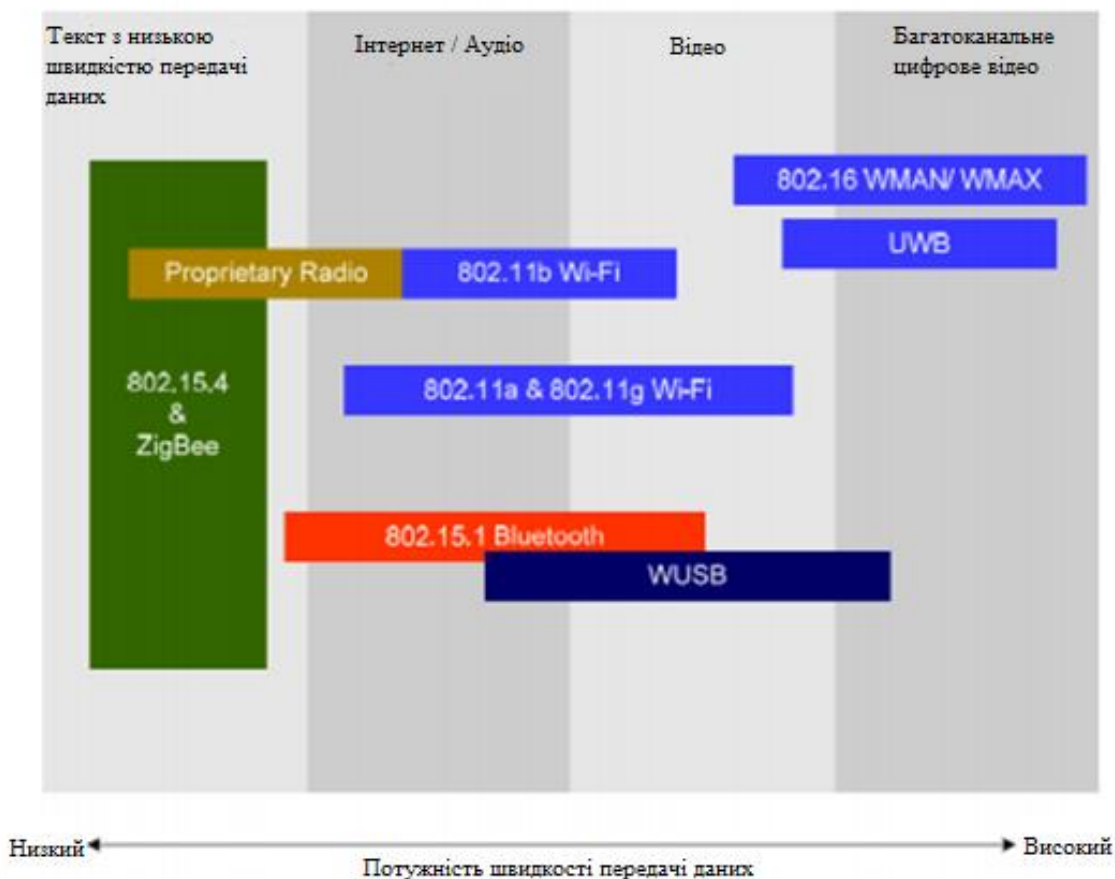


Рисунок 1.2 - Порівняння бездротових стандартів

Ці технології мають різні програми. Вони призначені для невеликих бездротових мереж в інтер'єрі та для побудови бездротових технологій. З іншого

боку, технологія WiMAX призначена для зовнішнього широкосмугового зв'язку та великих мереж. WiMAX був розроблений як міська мережа (MAN) [5].

1.5 Технологія WiMAX

Багато телекомунікаційних компаній роблять ставку на використання технології WiMAX для надання високошвидкісних послуг зв'язку. Назва "WiMAX" була створена WiMAX Forum, організацією, що займається просуванням та розвитком WiMAX. Форум описує WiMAX як "стандартну технологію, що забезпечує високошвидкісний бездротовий доступ до мережі як кандидатуру орендованим лініям та DSL" з максимальною швидкістю до 1 Гбіт/с.

WiMAX підходить для вирішення наступних завдань:

- Взаємозв'язок точок доступу Wi-Fi між собою та з іншими секторами Інтернету
- Створення точок доступу, не пов'язаних з географічним розташуванням
- Створення систем WiMAX для віддаленого моніторингу (SCADA)
- Надання бездротового широкосмугового доступу як альтернативи орендованим лініям та DSL
- Забезпечення високошвидкісних послуг передачі даних та телекомунікацій

WiMAX дозволяє отримати доступ до Інтернету на високій швидкості і з набагато більшим покриттям, ніж мережі Wi-Fi. Це дає можливість використовувати цю технологію як магістральні канали, як продовження традиційних DSL та орендованих ліній, а також локальних мереж. Цей підхід дозволяє створювати масштабовані високошвидкісні мережі в містах [1].

Існує дві різновиди широкосмугової технології WiMAX, які використовуються для різних додатків, і хоча вони базуються на одному і тому ж стандарті, кожна оптимізована для власного використання. 802.16d можна назвати оригінальною версією WiMAX. Він зосереджений на фіксованих додатках і забезпечує бездротовий еквівалент широкосмугової передачі даних DSL – ні рідко званий широкосмуговим WiMAX. Форум WiMAX описує цю

									Лист
									15
Изм.	Лист	№ док.м.	Подпись	Дата	ЕлІТ 6.172.461 ПЗ				

технологію як "технологію, засновану на стандартах, яка забезпечує бездротовий широкопasmовий доступ на останній милі як кандидатура кабелю та DSL.

Стандарт 802.16d може забезпечувати швидкість передачі даних до 75 Мбіт / с і тому є ідеальним для програм, що замінюють фіксований DSL, таких як широкопasmовий WiMAX, також це можна використовувати для зворотної передачі, де кінцеві дані можуть бути розподілені між окремими користувачами. Радіус комірки зазвичай становить біля 75 км

802.16e - спочатку WiMAX задумано як надійну технологію, оскільки людям на ходу потрібні високошвидкісні дані з меншою вартістю, ніж мобільні послуги, і тому з'явилася можливість для мобільної версії та була розроблена 802.16e. Покращені плани, щоб забезпечити мобільний зв'язок, 802.16e стандарт може забезпечувати швидкість передачі даних до 15 Мбіт / с та інтервал між комірками. Захват зазвичай складає від 2 до 4 км.

У стандарті 802.16 передбачена робота в діапазонах від 2 ... 11 ГГц і 10-66 ГГц. У діапазоні 10-66 ГГц радіозв'язок можлива лише в разі прямої видимості між фіксованими точками. Характеристики стандарту наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Характеристики стандарту 802.16

Стандарт	Принят	Смуги частот, ГГц	Моб .	Схема передачі	Швидкість передачі	Ширина Каналу, МГц
802.16	12.2001	11 - 66	ні	Одна несуча	32 - 134,4 Мбит/с	20, 25, 28
802.16-2004	06.2004	2 - 11	ні	Одна несуча или 256, або 2048 OFDM	1 - 75 Мбит/с	1,75; 3,5; 7; 14; 1,25; 5; 10; 15; 8,75
802.16-е	12.2005	2 - 11 (фикс.) 2 - 6(моб)	так	Одна несуча або 256, або 128, 512, 1024, 2048 OFDM	1 - 75 Мбит/с	1,25; 5; 10; 20

Загальний вигляд стандарту 802.16:

1. Стандарт 802.16: стек протоколів

Стек протоколів, застосовуваний в ідеалі 802.16, як показаний на рисунку

1.3. Загальна структура скидається на інші стереотипи серії 802, але має більше

підшарів. Нижній підрівень стосується фізіологічної передачі даних. Застосовується звичайна узкополосная радіосистема з нормальними схемами модуляції сигналу. Над фізичним рівнем розташовується інформаційний (з акцентом на 2 склад) підрівень, який ховає технологічні відмінності від значення передачі даних.

Ступінь передачі вироблено з 3-х підрівнів. Найнижчий з них стосується оборони даних, при якому надання даних трапляється по повітрю і на фізичному рівні не захищена від прослуховування. В даному підрівні проводиться дешифрування даних, а ще управління ключами доступу.

Далі йде загальна частка підрівні MAC. На даному рівні ієрархії присутні головні протоколи - тим більше протоколи управління з'єднаннями. Тут станція тримає під контролем всю систему. Він досить ефективний при розподілі черговості вхідного трафіку для абонентів, він грає вагому роль в управлінні вихідний трафік. Підшар MAC 802.16 виділяється від усіх стереотипів 802.x тим, що повністю орієнтований на включення. Цим чином, має можливість бути забезпечена конкретна якість пропозицій в наданні телефонних і мультимедійних пропозицій. Стандарт 802.16: фізичний рівень

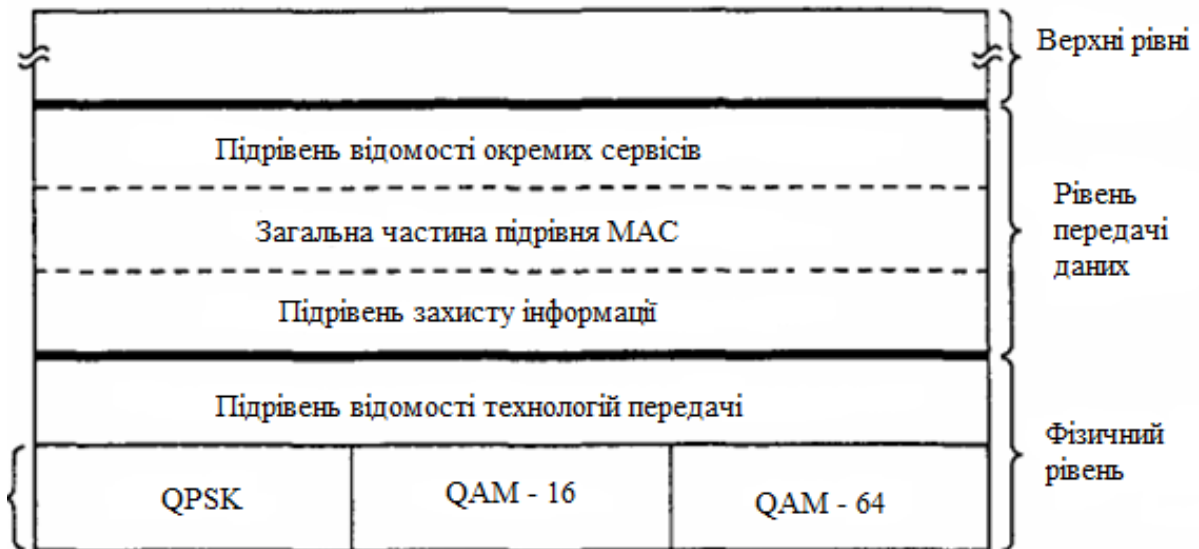


Рисунок 1.3 - Стандарт 802.16: стек протоколів

2. Стандарт 802.16: фізичний рівень

Для широкосмугових бездротових мереж необхідний розмашистий діапазон частот, який розташовується всього в діапазоні від 10 до 66 ГГц. Міліметрові хвилі мають 1 захоплюючу індивідуальність, якої не вистачає довгим мікрохвиль: вони поширюються не у всіх інструкціях (як звук), а прямолінійно (як світло). Таким чином, базова станція зобов'язана володіти великою кількістю антен, що охоплюють всілякі сектори навколишнього середовища. Окремі сектори не залежать один від одного, чого не можна сказати про стільникову радіостанцію.

Тому що потужність сигналу переданих міліметрових хвиль міцно зменшується з нарощуванням відстані від передавача (тобто базової станції), то і співвідношення сигнал / шум ще знижується. З цієї основи 802.16 користується 3 різні схеми модуляції в залежності від відстані абонентської станції. У разі якщо абонент близький до BS, застосовується QAM-64 з шістьма бітами на вибірку. На середніх відстанях застосовуються QFM-16 і 4 біта / бод. У разі якщо абонент виділений, для передачі застосовується двобітова схема QPSK. Фазові діаграми всіх 3-х способів були показані на рисунку 1.4.

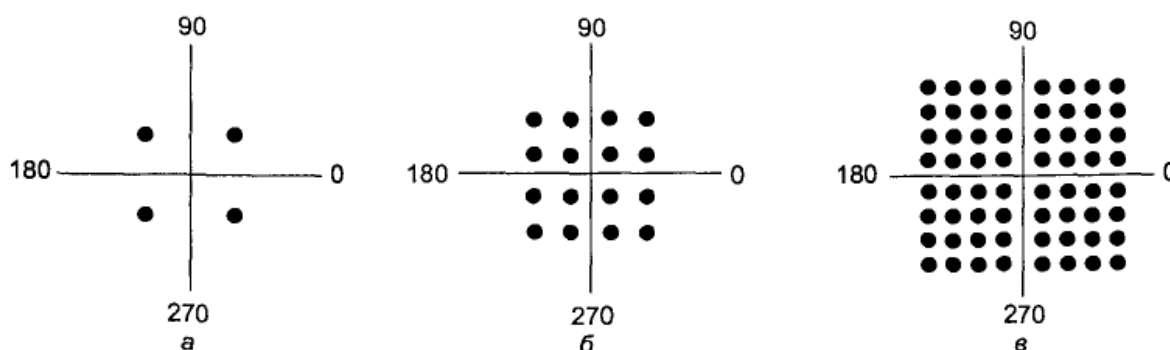


Рисунок 1.4 - Фазові діаграми застосовуваних методів

Стандарт 802.16 забезпечує гнучкість розподілу смуги пропускання. Використовуються дві схеми модуляції: FDD (частотний дуплексний зв'язок) і TDD (дуплексний зв'язок з розподілом часу). Базова станція періодично передає кадри, які поділяються на часові інтервали. Базова станція розбиває вхідний трафік на інтервали часу. Він повністю контролює цей напрямок передачі.

Вихідний трафік від абонентів управляється комплексно і залежить від необхідної якості обслуговування.

проводить обстеження нерідко, але не в буквально конкретні чинники часу. Абонент, власне що працює з постійною швидкістю передачі, має можливість ввести раз з особливих бітів власного кадру на одиницю, спонукаючи базисну станцію запитати його.

Будь-яка інша служба зусиль застосовується для всіх інших типів передач. Тут немає опитування, і станції, які бажають заарештувати канал, зобов'язані змагатися з іншими станціями, які вимагають такого ж класу пропозицій. Запит пропускної можливості вводиться з інтервалами, які видимі на карті розподілу вихідного струменя. У разі якщо запит стане вдалим, він стане записаний на належній карті розподілу входять струменів. В іншому випадку безуспішні члени зобов'язані продовжити змагання.

Стандарт визначає 2 форми розподілу смуги пропускання: для станції і для з'єднання. У першому випадку абонентська станція збирає всі вимоги власних абонентів (наприклад, комп'ютери мешканців будинку) і подає артільний запит. Згодом пропускна спроможність ділиться між користувачами на власний розсуд. В останньому випадку базисна станція обробляє кожне з'єднання окремо [4].

1.6 Постановка завдання

Метою роботи є розробка мережевого пристрою збору даних із використанням технології WIMAX, який повинен забезпечувати функціонування інформаційних мереж із використанням цієї технології, підвищення швидкості та стабільності обміну інформацією між вузлами мережі зв'язку і зменшення часу встановлення з'єднання між вузлами мережі.

Для досягнення цієї мети необхідно виконати наступне:

1. Визначити основні функції та завдання, які повинен виконувати пристрій збору даних із використанням технології WIMAX.
2. Розробити алгоритм функціонування пристрою збору даних.
3. Розробити схему електричну структурну пристрою WIMAX.
4. Розробити схему електричну функціональну пристрою.

										Лист
										20
Изм.	Лист	№ док.м.	Подпись	Дата					ЕлІТ 6.172.461 ПЗ	

2 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ ТА АЛГОРИТМУ ЙОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ

2.1 Розробка структурної схеми WiMAX

Базова станція розміщена в будівлі або ж на вежі і взаємодіє з абонентськими станціями по многоточечной схемою -точка - мультиточка. БС гарантує включення до базисної мережі і радіоканали до інших станцій. Радіус дії БС має можливість оформлять до 30 км (в прямому прицілі) при звичайному радіусі мережі 6-8 км. БС має можливість бути радіотерміналів або ж ретранслятором, застосовуваний для організації районного трафіку. Трансмісія має можливість протікати крізь кілька повторювачів, поки не доб'ється клієнта. Антени в даному випадку спрямовані.

Самий простий метод уявити мережі WiMAX як сукупність БС, що знаходяться на дахах висотних жител або ж веж, і клієнтських передавачів.

Радіомереж для обміну даними між БС і АС трудиться в мікрохвильовому діапазоні від 2 до 11 ГГц. Ця мережа в ідеалі має можливість гарантувати передачу технічних даних зі швидкістю до 75 Мбіт / с, і БС не треба відшукувати в прямому зоряне небо для користувача.

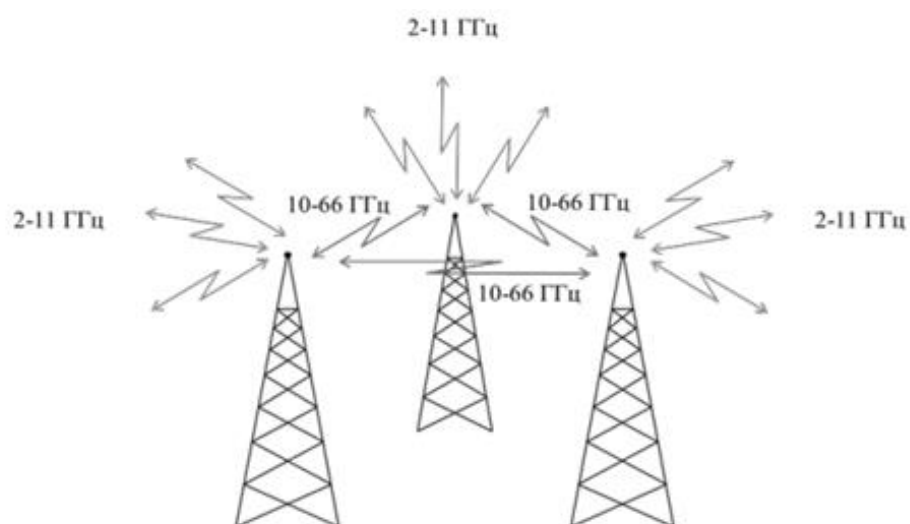


Рисунок 2.1 - Схематичне зображення мережі WiMAX

Діапазон частот від 10 до 66 ГГц використовується для встановити зв'язок між сусідніми базовими станціями за умови, що вони знаходяться в прямій видимості. Оскільки ця умова може не виконуватися в міському середовищі, зв'язок між базовими станціями іноді забезпечується за допомогою кабелів.

Більш детально, мережу WiMAX можна описати як поєднання бездротового сегмента та базової (магістральної) мережі. Перший описується стандартом IEEE 802.16, а другий визначається у специфікаціях форуму WiMAX. Основний сегмент пов'язує всі аспекти, які не пов'язані з абонентською радіомережею, тобто взаємозв'язок базових станцій, підключення до локальних мереж (включаючи Інтернет) тощо. Основний сегмент базується на протоколі IP та стандарті IEEE 802.3-2005 (Ethernet). Однак документи WiMAX Forum описують архітектуру в розділі, яка не стосується бездротової клієнтської мережі [2-4].

Таблиця 2.1 – Головні режими для стандарту IEEE 802.16

Діапазон частот, ГГц	Договір смуги частот, МГц	Загальна ширина виділення смуг, МГц	Тип бездротового доступу
2.5	2500-2530 2560-2570 2620-2630 2660-2670 2680-2690	70	Мобільний
3.5	2400-2450 3500-3550	100	Фіксоаний
5	5150-5350 5650-5725 5725-6425	95	Фіксоаний

Ці специфікації встановлюють вимоги до мереж WiMAX, такі як незалежність архітектури від функцій і структури транспортної мережі IP. У той же час, повинні надаватися послуги на основі IP (SMS через IP, MMS, WAP тощо), а також послуги мобільної телефонії та мультимедіа на основі VoIP.

Обов'язковою умовою є підтримка архітектури протоколами IPv4 та IPv6. Мережі WiMAX повинні бути легко масштабованими та гнучко мінливими та базуватися на принципі декомпозиції (побудовані на основі стандартних логічних модулів, пов'язаних між собою стандартними інтерфейсами).

Функції масштабованості та гнучкості повинні забезпечуватися експлуатаційними характеристиками, такими як щільність абонентів географічне покриття, смуги частот, топологія мережі, мобільність абонентів.

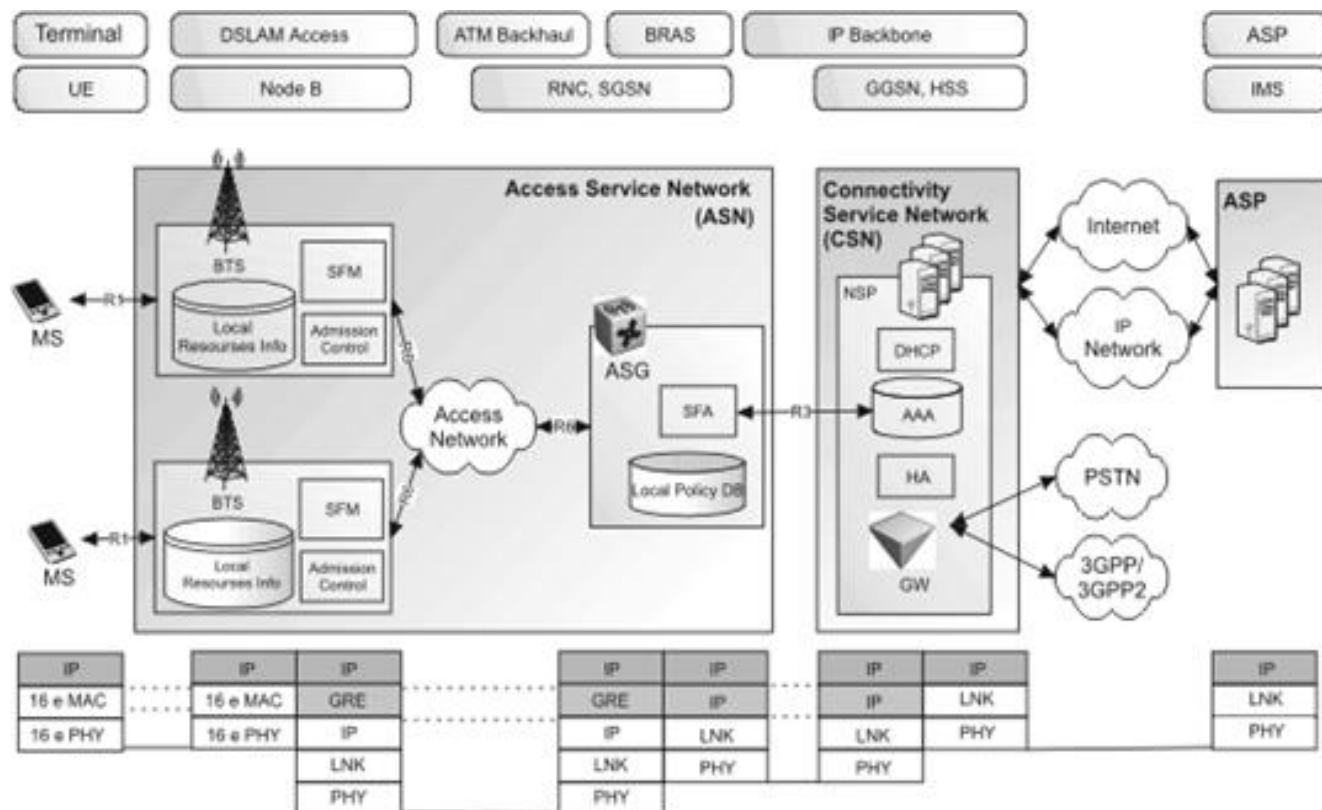


Рисунок 2.2 - Архітектура мережі WiMAX

Форум WiMAX пропонує два варіанти обміну протоколами в транспортній мережі (рисунок 2.3, рисунок 2.4) Різниця між рішеннями полягає в організації Інтерфейс R6 в площині користувача В обох варіантах дані передаються між BS і шлюзом ASN на основі протоколу тунелювання GRE (Generic Routing Encapsulation). Протокол IP-Ethernet, а будь-яка інша технологія передачі пакетних IP. Відмінності полягають у тому, що перед передачею пакетів на радіоінтерфейс конвергенція (обробка заголовків) організовується або на рівні

Ethe або безпосередньо на рівні IC. Інтерфейс R3 використовує локальну маршрутизацію IP-над-IP для передачі даних.

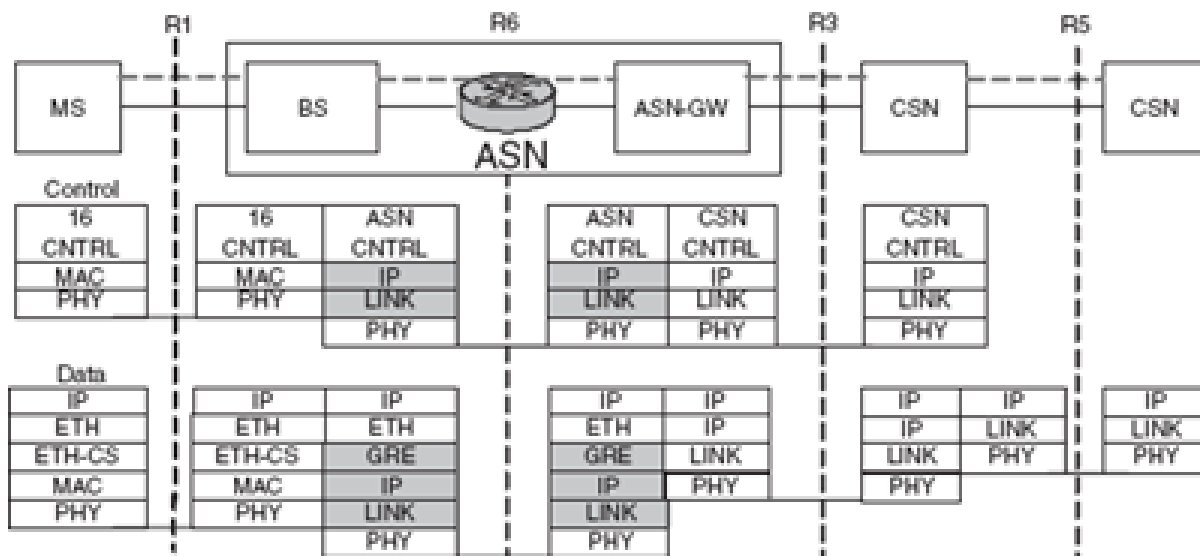


Рисунок 2.3 - Стек протоколів передачі інформації в транспортній мережі WiMAX, з використанням Ethernet.

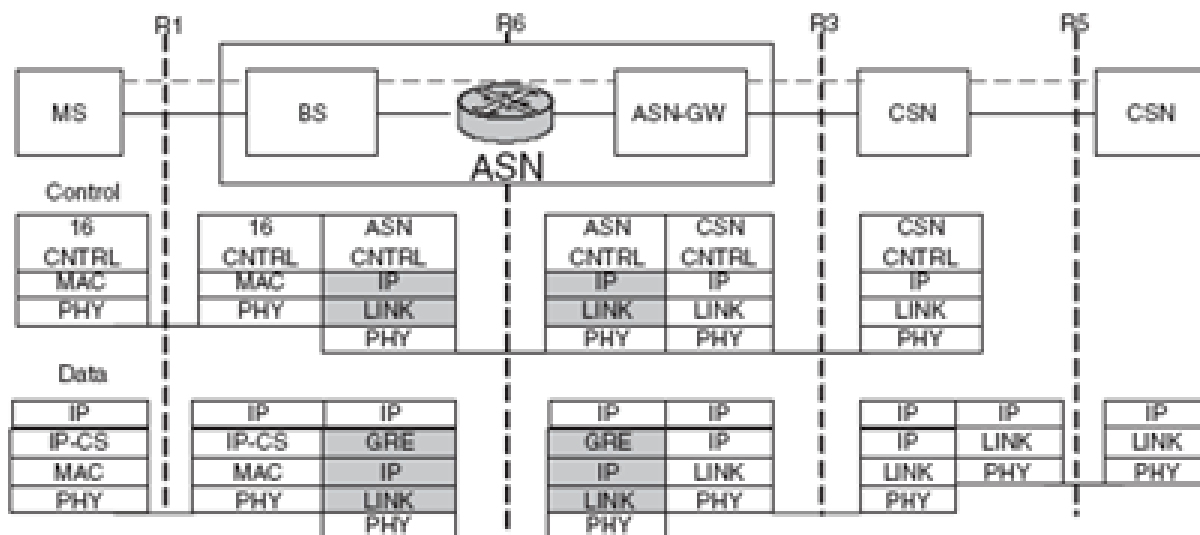


Рисунок 2.4 - Стек протоколів передачі інформації в транспортній мережі WiMAX, з використанням IP протоколів

Фізичний рівень WiMAX вироблено з різних блоків, які працюють спільно, щоб гарантувати гарну роботу широкопasmової системи зв'язку. Як і кожна інша

система зв'язку, WiMAX вироблено із 3-х частин - передавача, каналу і приймач. Передавач і приймач об'єднані з підтримкою бездротового або ж радіоканалу. Якраз в каналі знак пошкоджується шумом і пропадає, власне що призводить до втрати інформації. На рисунку 2.5 представлена докладна структурна схема. Крім того, гнучкість базових станцій WiMAX дозволяє використання різних факторів повторного використання частоти, що призводить до різних схем розгортання мережі, як це має місце у стільникових мережах.

Одним з переваги традиційних сигналів з OFDM вважається впровадження при їх формуванні та способі методів дискретної перебудови Фур'є. При формуванні сигналів з OFDM цифровий потік інформаційних знаків надходить на блок перешкодостійкого кодування, з виходу якого каналні знаки подаються на модулятор сигналів (рисунок 2.6). Модулятор сигналів виготовляє перебудову каналних знаків двійкового алфавіту в групові модуляційні знаки відповідно до підібраним законодавством маніпуляції. Далі ці знаки надходять на перетворювач перетворюючись в паралельний. Складання масового сигналу в цифровому вигляді виповнюється з підтримкою оборотного дискретного перебудови Фур'є; на даному ж рубежі виповнюється додавання в масовий знак пілотних піднесуть, які застосовуються для оцінки характеристик каналу. Перебудову сигналу в аналогову форму виконується з підтримкою ЦАП.

В реальних умовах апаратура формування сигналів з OFDM підключає в себе блоки перешкодостійкого кодування, перемеження, блоки тактовою та циклової синхронізації, блоки вступу захисного інтервалу та ін.

На фізичному рівні WiMAX орієнтується на застосування передачі сигналів, головні методи формування закономірних підканалів, методи маніпуляції, перешкодостійкого кодування, перемеження і скремблювання, а ще режим допомоги гібридних ARQ (HARQ).

На фізичному рівні еталон IEEE 802.16-2009 в режимі WirelessMAN-OFDMA використовуються сигнали з OFDM. Знак з OFDM, записаний на перерві тривалості 1-го знака з урахуванням повторюваного префікса (ЦП). Таким чином, в тимчасовій області знак з OFDM являє собою суперпозицію величезного числа відрізків гармонійних коливань різної частоти. На будь-якої частоті, застосовується маніпуляція ФМ-4.

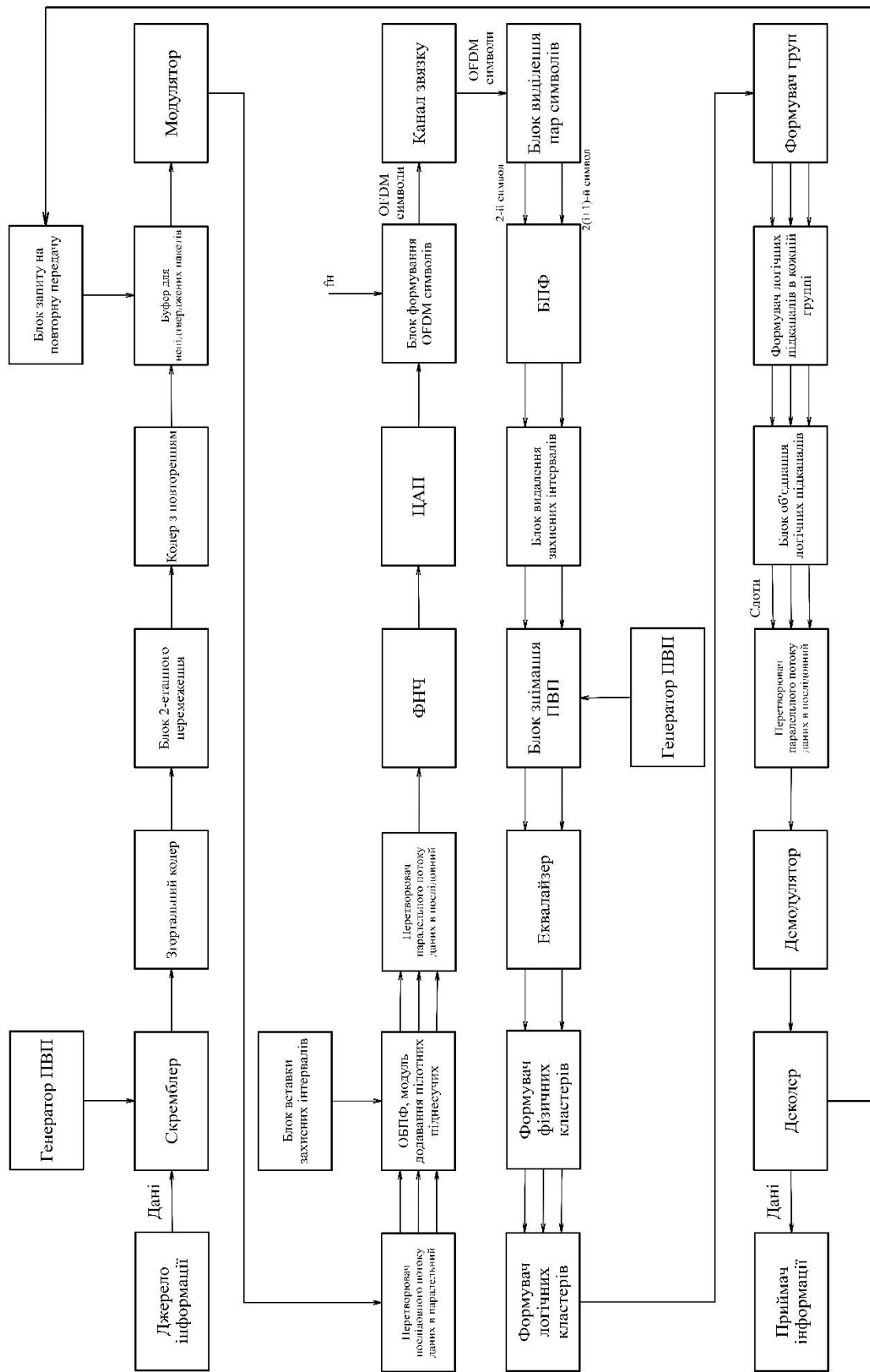


Рисунок 2.5 – Структурна схема WIMAX

Изм.	Лист	№ док.м.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

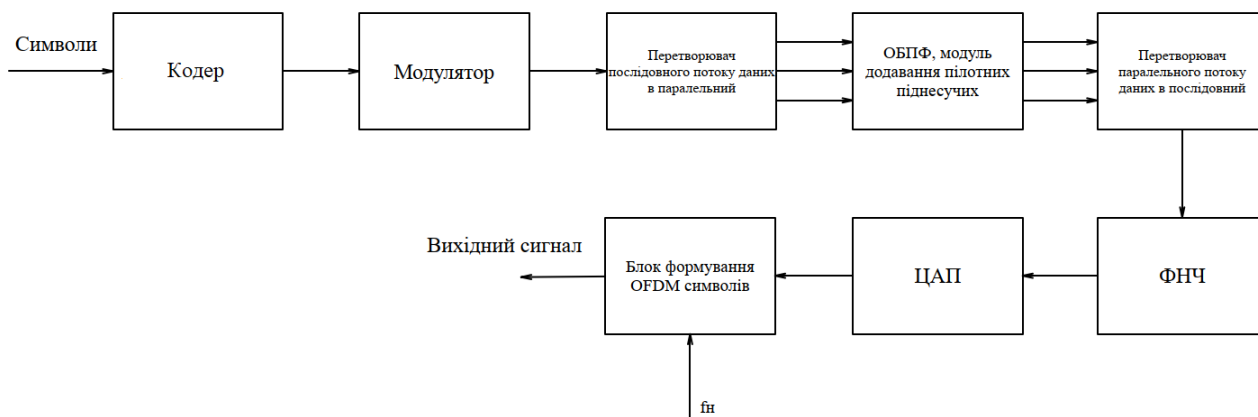


Рисунок 2.6 - Узагальнена структурна схема приладу формування сигналів з OFDM

Повторюваний префікс додається спочатку OFDMA-символу, являє собою копію останніх відліків OFDMA-символу і застосовується для боротьби з межсимвольною інтерференцією.

При включенні до мережі абонентський термінал зобов'язаний механічно кваліфікувати довжину повторюваного префікса, встановлену БС. При чому в процесі функціонування БС не замінює довжину повторюваного префікса. Зміна довжини префікса призведе до примусової пересінхронізації всіх абонентських терміналів [3-5].

Спосіб OFDMA дає собою комбінацію частотного і тимчасового алгоритмів ущільнення абонентів, в якій будь-який користувач отримує потрібну йому смугу частот і перерва часу. Спосіб ущільнення OFDMA вважається ґрунтом режиму WirelessMAN-OFDMA в ідеалі IEEE802.16e-2005, 2009.

Центральним думкою фізіологічного значення сіток WiMAX вважається поняття частотно-часового ресурсу (ЧВР). Будь прямокутник (рисунок 2.7), що займає на перерві часу знака OFDM раз частотний подканал, має можливість розглядатися як частотно-часовий ресурс. При організації многостанціонного доступу різним користувачам можуть призначатися всілякі ЧВР або ж групи ЧВР.

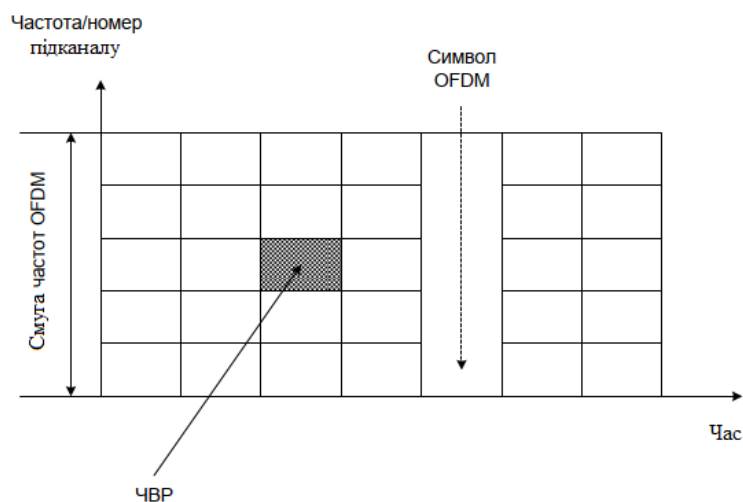


Рисунок 2.7 - Частотно-часовий ресурс в системах з OFDMA

ЧВР в системах WiMAX виступає роз'єм - сукупність підканалів і тимчасових інтервалів.

Габарити OFDMA слота знаходяться в залежності від режиму роботи (PUSC, FUSC, TUSC1, 2 та ін.), Спрямованості передачі (канал вгору або ж вниз) і методу формування підканалів (використовуються сусідні піднесучі або ж несуміжні).

Вірогідно належні габарити слотів:

- 1 підканал Ч 1 OFDMA-символ (режим FUSC в низхідному каналі, несуміжні піднесучі);
- 1 підканал Ч 2 OFDMA-символу (режим PUSC в низхідному каналі, несуміжні піднесучі);
- 1 підканал Ч 3 OFDMA-символу (режим PUSC в низхідному каналі, режими TUSC1, 2 в висхідному каналі, несуміжні піднесучі);
- 1 підканал Ч 2, 3 або ж 6 OFDMA-символів (режим AMC, сусідні піднесучі).

Слоти з'єднуються в області даних, які відрізняються будь-якому абоненту, групі абонентів або ж передбачені для передачі широкомовних повідомлень. Ці повідомлення вважаються широкомовними і містять опис характеристик кожній області даних, яка присутня в кадрі. Згодом такого, як AC видалена район даних конкретного обсягу, дані в цій області знаходяться по слотах зверху донизу і зліва направо.

1. Аналіз структури преамбули кадру

1-ий OFDMA-символ кадру в низхідному каналі вважається преамбулою. Піднесучі преамбули модулюються за допомогою ФМ-2 особливою псевдовипадковою послідовністю, яка залежить від застосовуваного БС розділу і сенсу змінної IDcell. OFDMA-символ преамбули вироблено з піднесучих, на яких передаються біти ПСП, що піднесуть, елементах захисний перерву і піднесучих з нульовою амплітудою. У будь-якому розділі з номерами $n = 0, 1, 2$ використовується конкретний комплект піднесучих. Застосовується будь-яка 3-тя піднесушная $P \{k, n\}$ з вихідним зрушенням рівним n . У розділі 0 амплітуда піднесучі, відповідної нульовій частоті, приймається рівною нулю.

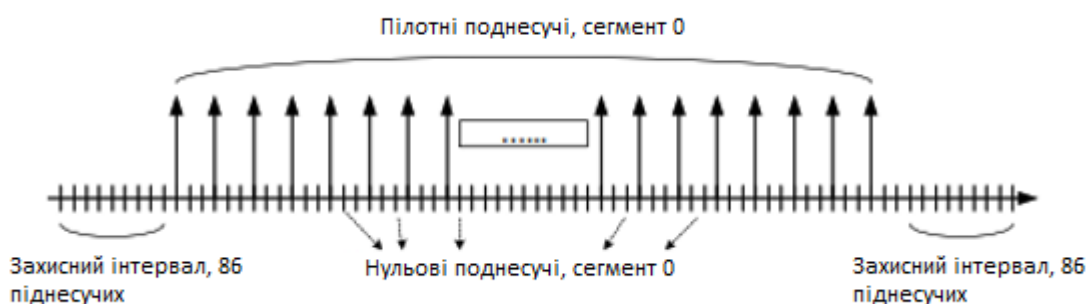


Рисунок 2.8 – Структура преамбули в частотній області

2. Види піднесучих OFDMA-символі

Піднесучі в OFDMA-символі поділяються на інформаційні, нульові і пілотні. Нульові піднесучі входять до складу захисного інтервалу, інформаційні - передбачені для передачі даних, а пілотні - для передачі популярних ПСП, спеціалізованих для коригування передавальної характеристики каналу зв'язку.

У всіляких зонах пілотні і інформаційні піднесучі вибираються по-різному: в зонах PUSC (PUSC - partial usage of the subchannels, неповне використання підканалов) і FUSC (FUSC - full usage of the subchannels, абсолютне впровадження підканалов) спадного каналу на початку вибираються пілотні піднесучі, інші інформаційні піднесучі з'єднуються в закономірні підканали, які використовуються лише тільки для передачі даних. Це означає, власне що в низхідному каналі в разі, коли частка інформаційних піднесучі не застосовується (кадр частково порожній), в діапазоні сигналу все одно будуть жити пілотні

піднесучі, а інтерполяцію в частотній області можливо стане втілити в життя у всій смузі займаних частот.

Беручи до уваги суцільне чисельність тих, що піднесучі і чисельність захисних піднесучіх можливо визначити чисельність піднесучіх. Ці поднесучі можуть бути пілотними або ж інформаційними (переносити дані).

3. Модуляція і кодування

На фізіологічному рівні систем WiMAX над переданими бітами виконуються належні каналні процедури: скремблювання (рандомізація), заводостійке кодування, перемеження, кодування повторенням і модуляція. Необов'язковими вважаються функції допомоги гібридних ARQ при реалізації перешкодостійкого кодування.



Рисунок 2.9 - Канальні процедури перебудови переданих бітів

Згодом скремблювання передаються біти надходять в блок перешкодостійкого кодування, далі знаки каналного алфавіту піддаються перемеженням і / або кодування повторенням і надходять на вхід модулятора. У модуляторі виконується відображення знаків каналного алфавіту в групі модуляційні знаки відповідно до обраної схемою маніпуляції. Згодом чого з придбаних знаків формуються закономірні підканали, і на заключному етапі з

впровадженням ОБПФ складаються відлік переданого OFDMA знака в тимчасовій області.

4. Скремблирование

Скремблирование - це статюра по модулю 2 переданих бітів з речовинами ПСП, яку створює генератор ПСП з задає полиномом вигляду $x^{15} + x^{14} + 1$ (рисунок 2.10). Генератор ПСП ініціалізується вектором 0b011011100010101.

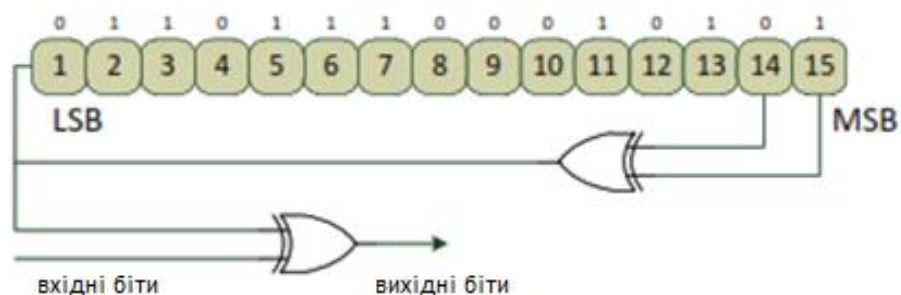


Рисунок 2.10 - Конструкція скремблера WiMAX

Скремблирование виконується над усіма переданими даними беручи до уваги повідомлення FCH. При цьому при скремблюванні всякого блоку даних, що підлягають заводостійкому кодуванню, зсувний регістр скремблера ініціалізується за новою. Байти даних надходять на вхід скремблера починаючи зі старшого розряду.

Зауважимо, власне що скремблювання виконується лише тільки над інформаційними бітами. Біти ПСП пілотних піднесучі скремблирование не піддавалося.

5. Завадостійке кодування

Для втілення перешкодостійкого кодування в стандартах IEEE 802.16e-2005, 2009 враховано 4 схеми: сверточное кодування (CC, Convolutional Coding), блочне турбокодування (BTC, Block Turbo Coding), сверточное турбокодування (CTC, Convolutional Turbo Coding) і кодування з маленької щільністю перевірок на чётность (LDPC, Low Density Parity Check). Завадостійке кодування виконується над блоками даних, величина яких орієнтується в залежності від схеми кодування, способу модуляції, числа повторень і інших характеристик.

6. Згорткове кодування

У мережах WiMAX сверточних код з кодовим обмеженням 7, показан на рисунку 2.11, вважається обов'язковим. Породжують черговості для наданого коду (генератори коду) мають картина $G1 = 1718$ для виходу X і $G2 = 1338$ для виходу Y. Ця схема перешкодостійкого кодування містить назву - Стандартний код NASA. Номінальна швидкість коду $R = 1/2$, використання виколлювання дозволяє ще отримати $R = 2/3$ і $R = 3/4$ (опціонально для HARQ є варіант з $R = 5/6$).

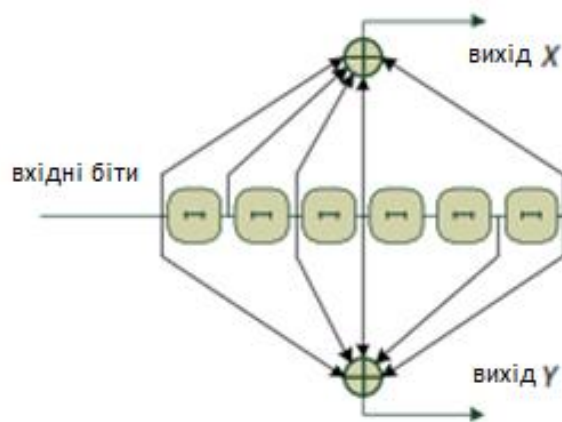


Рисунок 2.11 - Структурна схема заводостійкого кодера

Швидкість коду дорівнює $R = 1/2$. Для досягнення більш високих швидкостей кодування використовується виколлювання. У таблиці 2.2 представлені різноманітні схеми виколлювання початкової черговості каналних знаків на висновках X і Y і методи їх об'єднання на виході.

Таблиця 2.2 - Схеми викладання згортальної кода WiMAX

Швидкість	1/2	2/3	3/4
X	1	10	101
Y	1	11	110
XY	X_1X_2	$X_1X_1X_2$	$X_1X_1X_2X_3$

Де «1»- значить, власне що цей біт надходить на виході кодера, а «0» - цей біт видаляється. При кодуванні всякого блоку інформаційних бітів виповнюється ініціалізація регістра, що зрушує кодера останніми шістьма бітами блоку.

7. Перемеження

Згодом втілення скремблювання і завадостійкого кодування, над бітами всякого блоку належить бути виконано двоетапне перемеження. 1-ий період, власне що примикають в початковій черговості біти стануть розподілені не в примикають піднесучих. 2 період гарантує розподіл прилеглих бітів або ж в більш, або ж в менш важливі біти сигнального плеяди, власне що попередить довгі черговості менш достовірних бітів.

8. Манипуляція

У системах БШД використовують сигнали як двійковій (ФМ-2), наприклад і багатопозиційної (ФМ-4, КАМ-16, КАМ-64 і т. П.) Модуляції.

У мережах WiMAX IEEE 802.16e-2005, 2009 застосовуються методи модуляції ФМ-2 (тільки для пілотних піднесуть), ФМ-4, КАМ-16 і КАМ-64. Стереотип IEEE 802.16e-2005, 2009 визначає відповідні методи модуляції інформаційних піднесуть: ФМ-4, КАМ-16 і КАМ-64. При відображенні біт на сигнальну площину використовується маніпуляційний код Грея.

9. Кодування повторенням

Кодування повторенням дозволяє збільшити енергетичну ефективність тих частин знака, в яких це вважається важливим, і де використання обчислювально важких кодів з високою виправляє можливістю (BTC, CTC, LDPC)

У мережах WiMAX використовується двох-, чотирьох- і шестиразове повторення. У висхідному каналі при Q-кратному повторенні для передачі відрізняється в R один більш слотів, ніж в разі недоступності повторення. У низхідному каналі чисельність виділяються слотів має можливість змінюватися в межах $[Q \times W; Q \times W + (Q - 1)]$, де W - чисельність слотів, важливих для передачі даних без використання повторення.

10. Допомога HARQ

В технології WiMAX подані 2 провідних механізму автоматичного запиту на повторну передачу в разі промахи. В рамках механізм ARQ (Automatic Repeat Request) виповнюється часткове повторення передачі лише тільки пошкоджених і пропущених пакетів. При цьому передавач зобов'язаний берегти конкретне їх

кількість в буфері. Що не менше, цей спосіб ретрансляції економічніший щодо каналних ресурсів [4, 6].

2.2 Розробка алгоритму роботи пристрою WiMAX

WiMAX вироблено з таких складових: станція (базова і клієнтська), прилад що є з'єднанням між станціями, Інтернет. Для з'єднання базової станції з абонентською використовується високочастотний діапазон радіохвиль від 1,5 до 11 ГГц. У бездоганних умовах швидкість обміну наданому може досягати 70 Мбіт / с, при цьому не треба забезпечивание прямої видимості між базовою станцією і приймачем.

Конструкція мережі IEEE 802.16 ідентична з класичними GSM мережами (базові станції спрацьовують на відстанях до 10-ов км, для їх установки не в обов'язковому порядку зводити вежі - допускається апарат на дахах осель при дотримання умови прямої видимості між станціями).

Нинішня мережа WiMAX вироблено з 2-ух провідних компонент:

- БС, яка має можливість віступати як ретранслятор або ж підключітис до головного онлайну
- Абонент / кінцевий юзер, власне що отримую шірококутовій доступ крізь БС

WiMAX дає 2 типу бездротових пропозицій:

- Зона за межами мережі. Стеки протоколів відповідають стандарту IEEE 802.16. MAC. Мала антена на компі абонента робить злиття Wi-Fi з вежею. Використовується нижня смуга частот, в межах спектру Wi-Fi 2 ... 11 ГГц. Гігантські довжина хвиля спрощують об'їзд перешкоди.

- спектр прямої видимості. В даному випадку спілкування трапляється за підтримкою дзеркальної антени, розташованої на даху або ж щоглі і спрямованої на вежу. Дана асоціація міцної і більше постійною; більше Даних доставляється з найменшим чисельністю промахів. Передавача використовує масивні антени для передачі даних на комп'ютери / маршрутизатори, обладнані технологією WiMAX, на відстань до 30 миль, власне що дуже максимально можливий відстанню для даної технології. Локальна мережа, як правило реалізується на базі Wi-Fi, працює в парі з прилаштованим WiMAX. Зона видимості як правило формується між Абонентське локальними мережами і БС.

										Лист
										34
Изм.	Лист	№ док.им.	Подпись	Дата						

Розглянемо як приклад топологію мережі SkyMAN (рисунок 2.12). Сеть ШБД SkyMAN має можливість підключати 1 або ж кілька базових станцій (БС), з'єднаних бездротовими магістральними мережами SkyMAN або ж іншими каналами зв'язку. Будь-яка БС має від 1-го до 6 розділів.

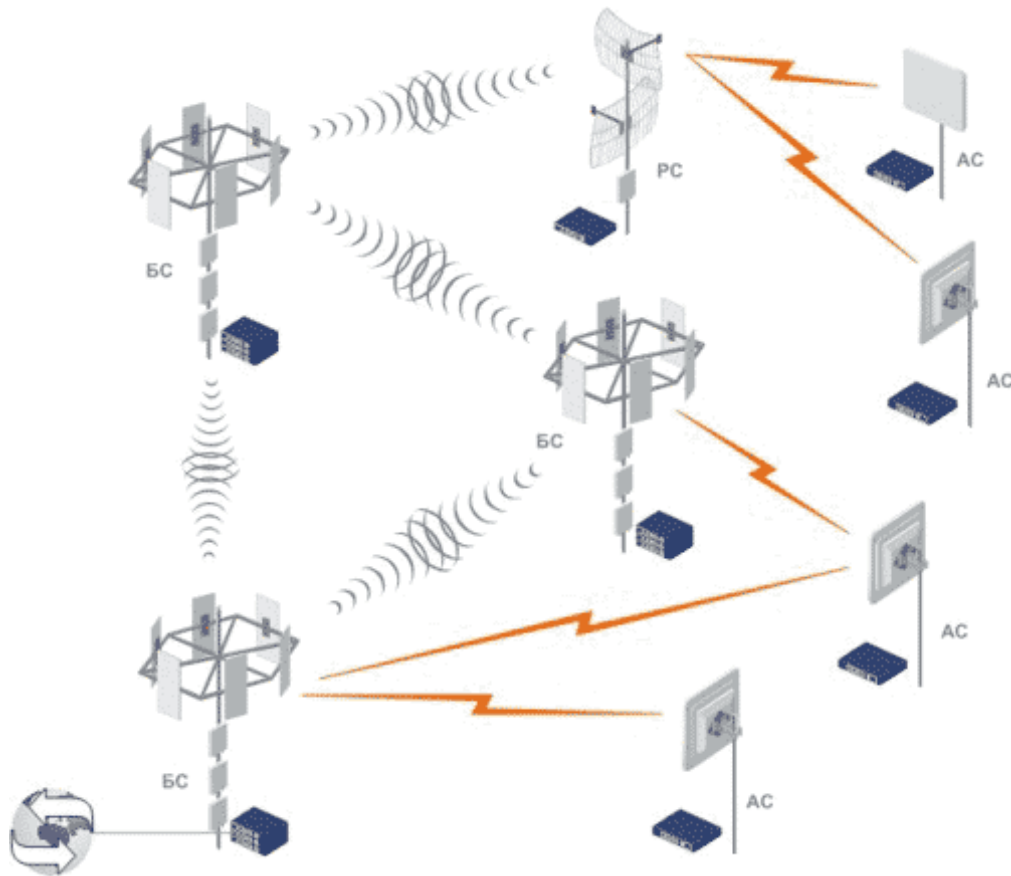


Рисунок 2.12 - Топологія мережі SkyMAN

Повторювані станції (PC) можуть бути включені в мережу, що збільшить дальність і дозволить обійти великі перешкоди, тим самим закриваючи БС від окремих БС. Термінали підключені до BS або RS по радіо. CS, що знаходиться в радіусі видимості більше, ніж одна BS, може бути зареєстрована в кожній з них, підтримуючи адаптивний вибір BS, що забезпечує кращу якість обслуговування. Ця особливість системи забезпечує гаряче резервування каналу AS-BS, що підвищує надійність мережі в цілому.

Стандарт 802.16e увібрав в себе всі раніше версії і на даний момент надає наступні режими:

- Fixed WiMAX - фіксований доступ;

- Nomadic WiMAX - сеансовий доступ;
- Portable WiMAX - доступ в режимі переміщення;
- Mobile WiMAX - мобільний доступ.

Як вже розповідалося вище, WiMAX використовується як для вирішення проблеми «останньої милі», і для надання доступу в мережу офісним та районним мережам. Між базисними станціями уточнюються з'єднання (прямої видимості), власне що користуються спектр частот від 10 до 66 ГГц, швидкість обміну наданому може досягати 140 Мбіт / с. При цьому, хоча б 1 базисна станція підключається до мережі провайдера з впровадженням традиційна дротова з'єднань. Втім, чим більше кількість БС підключено до провайдера, тим вище швидкість передачі даних і надійність мережі в цілому [3,7].

Пристрій складається з передатчика (рисунок 2.13) та приймача. Алгоритм роботи передатчика:

Крок 1. Формування вхідних даних.

Крок 2. Вхідні дані формуються. Якщо сформуалися то йде крок 3, якщо ні – повертаємося до кроку 1.

Крок 3. Генерування псевдовипадкової послідовності.

Крок 4. Скрумбування даних.

Крок 5. Відбувається згортальне кодування.

Крок 6. Здійснюється 2-х етапне перемеження.

Крок 7. Відбувається кодування з повторенням.

Крок 8. Записується сформований пакет непідтверджених даних. В разі необхідності відбувається запит на поторну передачу даних.

Крок 9. Модуляція даних.

Крок 10. Переторення послідовного потоку даних паралельний.

Крок 11. Дискретне переторення Фур'є.

Крок 12. Відбувається додавання пілотних піднесучих та вставка захисних інтервалів.

Крок 13. Переторення паралельного потоку даних послідовний.

Крок 14. Відбувається фільтрація нижніх частот сигналу.

Крок 15. Здійснюється перетворення сигналу з цифрової форми в аналогову.

Крок 16. Формування OFDM-символів.

											Лист
Изм.	Лист	№ док.м.	Підпись	Дата							36

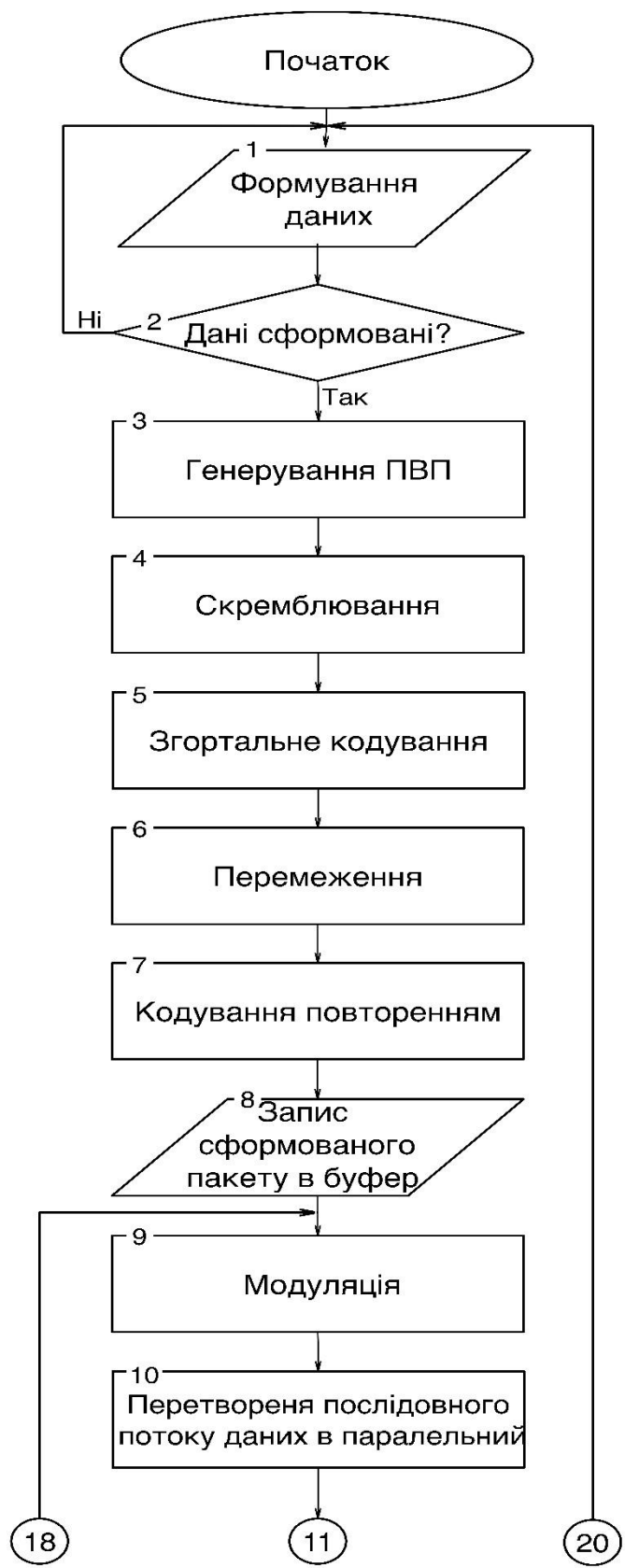
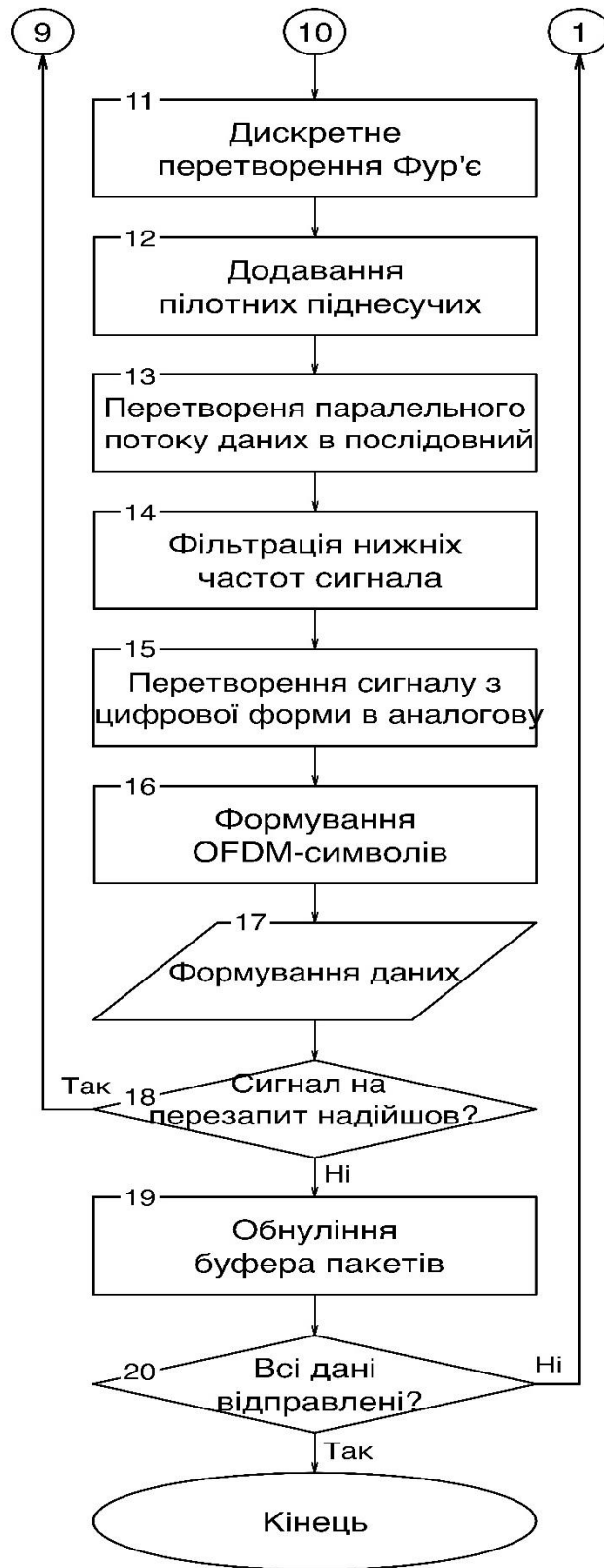


Рисунок 2.13 - Алгоритм передатчика



Продовження рисунку 2.13

Изм.	Лист	№ докцм.	Підпись	Дата

Крок 17. Відбувається формування даних.

Крок 18. Йде сигнал на перезапит, якщо операція відбулася успішно повертаємося до кроку 9, якщо ні – далі йде крок 19.

Крок 19. Обнуління буфера пакетів.

Крок 20. Відбувається відправка даних. Якщо всі данні були відправлені тоді процес передачі даних закінчується, якщо ні – повертаємося до кроку 1.

					ЕЛІТ 6.172.461 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докцм.	Подпись	Дата		39

3 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ

3.1 Функціональна схема мережі зв'язку

Стандартні технічні характеристики WiMAX визначають передачу трафіку та обмін сигналами лише на радіоінтерфейсі. Що стосується підключення BS до Інтернету, бездротових мереж доступу та мереж різних операторів, рішення щодо архітектури мережі приймаються оператором разом із виробником. Для уніфікації та оптимізації Форум WiMAX розробив базову архітектуру мережі

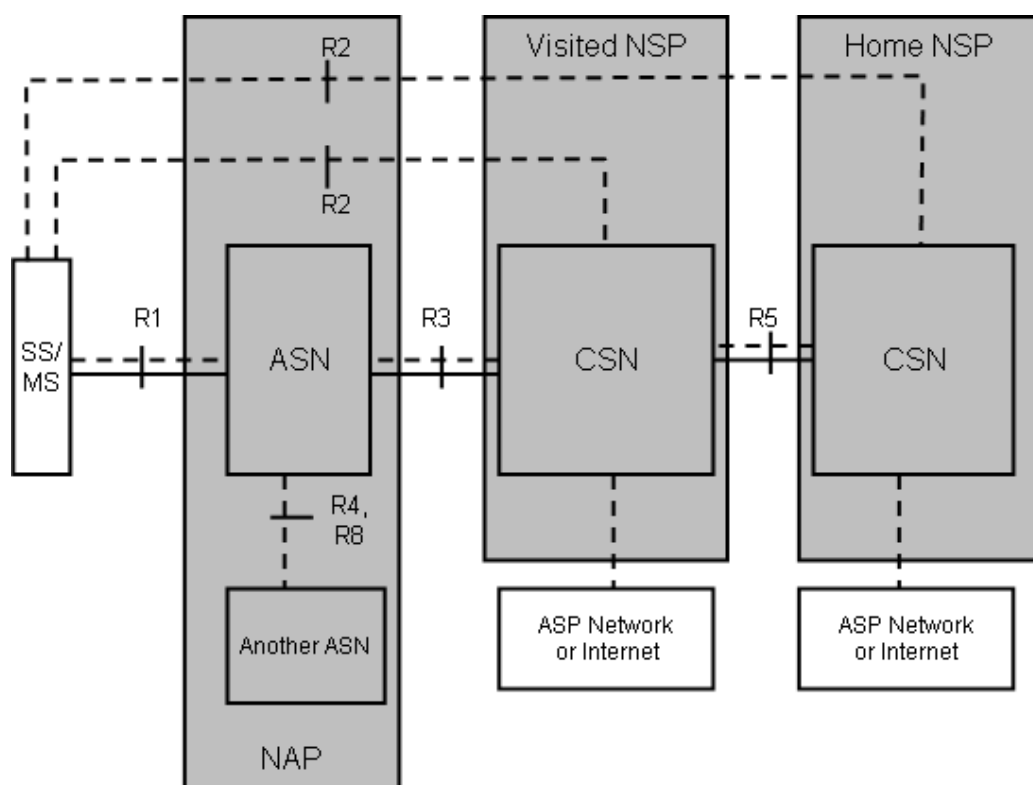


Рисунок 3.1 - Функціональна модель мережі

Архітектура WiMAX Форуму WiMAX

- SS / MS: (абонентська / мобільна станція);
- ASN: (Мережа обслуговування доступу)
- BS: (Базова станція), базова станція, частина ASN - Основне завдання - встановити, підтримувати та відключати радіозв'язки. Він також виконує обробку сигналізації та розподіл ресурсів для абонентів,

Изм.	Лист	№ док.м.	Подпись	Дата

Таблиця 3.1 - Основні параметри рішень для розробки абонентського обладнання WiMAX

	Fujitsu MB87M3400	Intel PRO/ Wireless 5116	Sequans SQN1010	Wavesat DM256/MC336
Функції	PHY/MAC	PHY/MAC	PHY/MAC	PHY/MAC
Максимальна ширина каналу	20 МГц	10 МГц	28 МГц	10 МГц
Режим дуплекса	H-FDD, TDD, FDD (2 чіпа)	H-FDD, TDD	H-FDD, TDD, FDD	H-FDD, TDD, FDD
Системний інтерфейс	МІІ, 32 біт	МІІ	RMII, PCI	PCI
Підтримка функцій шифрування	Так	Так	Так	Ні

Fujitsu WiMAX SoC, MB87M3400, повністю відповідає стандарту IEEE 802.16-2004 з використанням OFDM PHY. SoC може працювати в режимах TDD або FDD і підтримує всі доступні смуги пропускання каналів від 1,75 МГц до 20 МГц.

Програмований вибір частоти генерує частоту дискретизації для будь-якої бажаної смуги пропускання. При застосуванні модуляції 64QAM в каналі 20 МГц і використанні всіх 192 піднесуть мікросхема може підтримувати пікову швидкість передачі даних до 100 Мбіт / с.

Інтегрований в SoC механізм UMAC RISC реалізує MAC верхнього рівня 802.16 планувальник, драйвери, стеки протоколів і користувальницьке прикладне програмне забезпечення. Багатоканальний контролер DMA відповідає за високошвидкісні транзакції між різними агентами на високопродуктивній шині.

Функції MAC нижнього рівня 802.16 реалізовані в гнучкому механізмі RISC / DSP для розвантаження обробки MAC верхнього рівня і забезпечення підвищення продуктивності. Механізми шифрування / дешифрування (AES і DES) тісно пов'язані з нижнім.

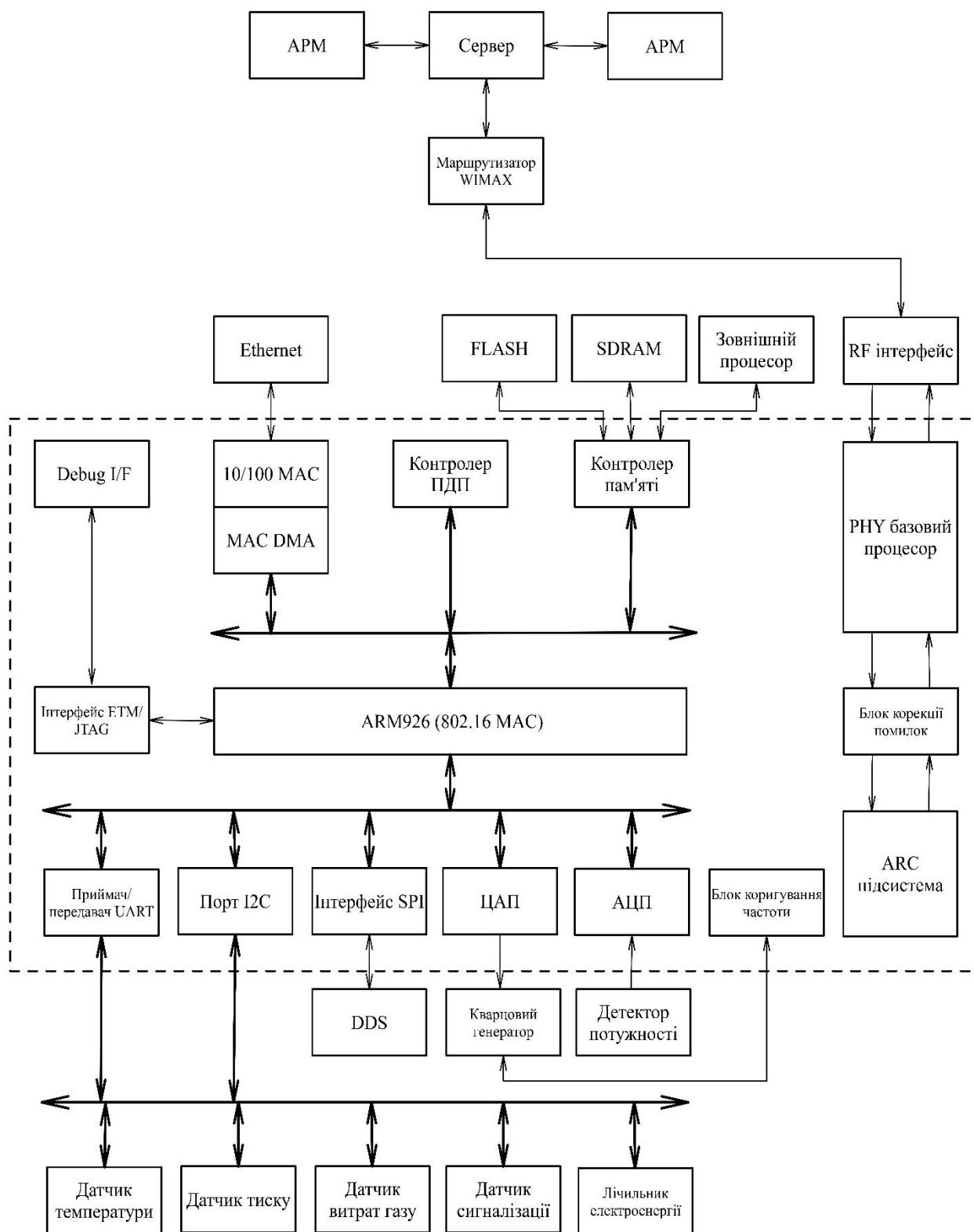


Рисунок 3.2 – Функціональна схема системи моніторингу стану технологічного об'єкта на базі мережі WIMAX

Изм.	Лист	№ док.м.	Подпись	Дата

2. Універсальний асинхронний приймач - UART

Універсальний асинхронний приймач УАПІ - вузол обчислювальних пристроїв, призначений для організації зв'язку з іншими цифровими пристроями. Перетворює передані дані в послідовний вид так, щоб було можливо передати їх по одній фізичній цифровій лінії іншому аналогічному влаштуванню. Метод перетворення добре стандартизований і широко застосовується в комп'ютерній техніці (особливо у вбудованих пристроях і системах на кристалі (SoC)).

Являє собою логічну схему, з одного боку підключену до шини обчислювального пристрою, а з іншого має два або більше висновків для зовнішнього з'єднання.

Передача даних в UART здійснюється по одному біту в рівні проміжки часу. Цей часовий проміжок визначається заданою швидкістю UART і для конкретного з'єднання вказується в бодах (що в даному випадку відповідає бітам в секунду). Крім інформаційних бітів, UART автоматично вставляє в потік синхронізуючі мітки, так звані стартовий і стоповий біти. При прийомі ці зайві біти видаляються з потоку. Зазвичай стартовий і стоповий біти обрамляють один байт інформації (8 біт), при цьому молодший інформаційний біт передається першим, відразу після стартового.

Деякі реалізації UART використовують два степових біта при передачі для зменшення ймовірності рассинхронизації приймача і передавача при щільному трафіку. Приймач ігнорує другий стоповий біт, сприймаючи його як коротку паузу на лінії.

Для формування тимчасових інтервалів передавальний і приймальний UART мають джерело точного часу (тактирования). Точність цього джерела повинна бути такою, щоб сума похибок (приймача і передавача) установки тимчасового інтервалу від початку стартового імпульсу до середини стопового імпульсу не перевищувала половини (а краще чверті) бітового інтервалу. Для 8-бітної послілки це значення $0,5 / 9,5 \approx 5\%$.

Спочатку UART призначався для зв'язку двох пристроїв за принципом «точка-точка». Існують реалізації типу загальна шина (коли всі приймачі підключені до одного дроту) і кільце (коли приймачі і передавачі з'єднують попарно в замкнуте кільце). Перший варіант простіше і зустрічається набагато частіше. Другий варіант складніше, але надійніше і швидше: гарантується працездатність всіх вузлів (передавальний вузол почує відлуння свого

									Лист
									47
Изм.	Лист	№ док.им.	Подпись	Дата	ЕЛІТ 6.172.461 ПЗ				

повідомлення, тільки якщо воно успішно Ретрансльовано усіма вузлами); будь-який вузол може починати передачу в будь-який момент, не піклуючись про ризик колізії. Найбільш відомі мережеві фізичні рівні - RS-485 і LIN.

3. Інтерфейс введення / виводу загального призначення - GPIO

Інтерфейс введення / виводу загального призначення - інтерфейс для зв'язку між компонентами комп'ютерної системи, наприклад, мікропроцесором і різними периферійними пристроями. Контакти GPIO можуть виступати як в ролі входу, так і в ролі виходу - це, як правило, конфігурується. GPIO-контакти часто групуються в порти.

GPIO-контакти не мають спеціального призначення і, як правило, залишаються невикористаними. Ідея полягає в тому, що іноді системному інтегратору для побудови повної системи, що використовує той чи інший чіп, може виявитися корисним мати кілька додаткових ліній цифрового управління.

GPIO використовуються в пристроях з нестачею висновків (пинов, контактів): інтегральних схемах, таких як однокристальних системи (SoC), вбудованих і спеціальних системах і програмованих логічних пристроях;

4. I²C - послідовна асиметрична шина

I²C (ІІС) - послідовна асиметрична шина для зв'язку між інтегральними схемами всередині електронних приладів. Використовує дві двонаправлені лінії зв'язку (SDA і SCL), застосовується для з'єднання низькошвидкісних периферійних компонентів з процесорами і мікроконтроллерами.

Шина I²C синхронна, складається з двох ліній: даних (SDA) і тактів (SCL). Ініціатором обміну завжди виступає провідний, обмін між двома відомими неможливий. Всього на одній двухпроводній шині може бути до 127 пристроїв.

I²C знаходить застосування в пристроях, які передбачають простоту розробки і низьку собівартість виготовлення при відносно непоганій швидкості роботи.

Список можливих застосувань:

- доступ до модулів пам'яті NVRAM;
- доступ до низькошвидкісних ЦАП / АЦП;
- регулювання контрастності, насиченості і колірнього балансу моніторів;
- управління світлодіодами, в тому числі в мобільних телефонах;

										Лист
										48
Изм.	Лист	№ док.им.	Подпись	Дата	ЕлІТ 6.172.461 ПЗ					

- читання інформації з датчиків моніторингу і діагностики обладнання, наприклад, термостат центрального процесора або швидкість обертання вентилятора охолодження;
- управління включенням / виключенням живлення системних компонент;
- інформаційний обмін між мікроконтроллерами;

Переваги

- необхідний всього один мікроконтролер для управління набором пристроїв;
- використовується всього два провідника для підключення багатьох пристроїв;
- можлива одночасна робота декількох провідних (master) пристроїв, підключених до однієї шини I²C;
- вбудований в мікросхеми фільтр пригнічує сплески, забезпечуючи цілісність даних.

5. Послідовний периферійний інтерфейс, шина SPI

SPI (послідовний периферійний інтерфейс) - послідовний синхронний стандарт передачі даних в режимі повного дуплексу, призначений для забезпечення простого і недорогого високошвидкісного сполучення мікроконтролерів і периферії.

На відміну від стандартного послідовного порту, SPI є синхронним інтерфейсом, в якому будь-яка передача синхронізована із загальним тактовим сигналом, що генерується провідним пристроєм (процесором). Приймаюча (ведена) периферія синхронізує отримання бітової послідовності з тактовим сигналом.

Передача здійснюється пакетами. Довжина пакета, як правило, становить 1 байт (8 біт), при цьому відомі реалізації SPI з іншої довжиною пакета, наприклад, 4 біта. Провідний пристрій ініціює цикл зв'язку установкою низького рівня на виводі вибору підлеглою пристрою (SS) того пристрою, з яким необхідно встановити з'єднання.

Переваги інтерфейсу SPI

- Повнодуплексна передача даних за замовчуванням.
- Більш висока пропускну здатність в порівнянні з I²C або SMBus.

						ЕліТ 6.172.461 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ док.им.	Подпись	Дата			49

- Можливість довільного вибору довжини пакета, довжина пакета не обмежена вісьмома бітами.
- Простота апаратної реалізації
- Використовується тільки чотири виведення, що набагато менше, ніж для паралельних інтерфейсів.
- Односпрямований характер сигналів дозволяє при необхідності легко організувати гальванічну розв'язку між ведучим і веденими пристроями.

6. PLL - Фазова автопідстроювання частоти

Фазова автопідстроювання частоти (ФАПЧ) - система автоматичного регулювання, підстроює фазу керованого генератора так, щоб вона дорівнювала фазі опорного сигналу, або відрізнялася на відому функцію від часу. Регулювання здійснюється завдяки наявності негативного зворотного зв'язку. Вихідний сигнал керованого генератора порівнюється на фазовому детекторі з опорним сигналом, результат порівняння використовується для підстроювання керованого генератора [9].

Система ФАПЧ використовується для частотної модуляції і демодуляції, множення і перетворення частоти, частотної фільтрації, виділення опорного коливання для когерентного детектування і в інших цілях.

ФАПЧ порівнює фази вхідного і опорного сигналів і виводить сигнал помилки, відповідний різниці між цими фазами. Сигнал помилки проходить далі через фільтр низьких частот і використовується в якості керуючого для генератора, керованого напругою (ГУН), що забезпечує негативний зворотний зв'язок. Якщо вихідна частота відхиляється від опорної, то сигнал помилки збільшується, впливаючи на ГУН в сторону зменшення помилки. У стані рівноваги вихідний сигнал фіксується на частоті опорного [8].

7. Мікросхема РНУ

РНУ - інтегральна схема, призначена для виконання функцій фізичного рівня мережевої моделі OSI.

Мікросхеми РНУ дозволяють іншим мікросхем каналного рівня, званим МАС, підключитися до фізичної середовищі передачі, такий як оптичне волокно або мідний кабель. Стандартний мікрочіп РНУ включає в себе модулі підрівні фізичного кодування і підрівні середовища передачі. Модуль підрівні фізичного кодування виконує функції кодування і декодування переданого і прийнятого

поток даних. Метою кодування є спрощення процесу відновлення потоку даних приймачем.

Приклади використання:

- Бездротова локальна мережа або Wi-Fi: PHY-частина складається з тракту радіосигналу, змішаних сигналів і аналогових частин, і цифровий модулюючої частини, яка використовує цифровий сигнальний процесор (DSP) і забезпечує обробку алгоритмів зв'язку, в тому числі каналних кодів. Дуже часто ці PHY-частини інтегровані з шаром управління доступу до середовища (MAC) в реалізації система на кристалі (SOC). Інші подібні бездротові додатки: 3G / 4G / LTE, WiMAX, UWB та ін.
- Ethernet: чіп PHY (PHYceiver) зазвичай знаходиться на пристроях Ethernet. Його мета полягає в наданні доступу аналоговому сигналу до фізичний середовищі передачі даних. Для цього зазвичай використовується поєднання чіпа Media Independent Interface (MII) або сполучення з мікро контролером, який реалізує функції вищого рівня.
- Універсальна послідовна шина (USB): чіп PHY інтегрований в більшості контролерів USB в хостах або вбудовуваних системах і забезпечує міст між цифровими і модульовані частинами інтерфейсу.
- Інтерфейси чіпів SDRAM
- Інтерфейси чіпів флеш-пам'яті

8. JTAG - спеціалізований апаратний інтерфейс

JTAG - назва робочої групи з розробки стандарту IEEE 1149. Пізніше це скорочення стало міцно асоціюватися з розробленим цією групою спеціалізованим апаратним інтерфейсом на базі стандарту IEEE 1149.1. Інтерфейс призначений для підключення складних цифрових мікросхем або пристроїв рівня друкованої плати до стандартної апаратури тестування і налагодження.

Стандарт передбачає можливість підключення великої кількості пристроїв (мікросхем) через один фізичний порт (роз'єм).

Порт тестування (TAP - Test Access Port) являє собою чотири або п'ять виділених висновків мікросхеми: TCK, TMS, TDI, TDO і (опціонально) TRST.

Функціональне призначення цих ліній:

					ЕліТ 6.172.461 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ док.им.	Подпись	Дата		51

- TDI (test data input - «вхід тестових даних») - вхід послідовних даних периферійного сканування. Команди і дані вводяться в мікросхему з цього висновку по передньому фронту сигналу ТСК;
- TDO (test data output - «вихід тестових даних») - вихід послідовних даних. Команди дані виводяться з мікросхеми з цього висновку по задньому фронту сигналу ТСК;
- ТСК (test clock - «тестове тактирование») - тактирует роботу вбудованого автомата управління периферійним скануванням. Максимальна частота сканування периферійних осередків залежить від використовуваної апаратної частини і на даний момент обмежена 25 ... 40 МГц.
- TMS (test mode select - «вибір режиму тестування») - забезпечує перехід схеми в / з режиму тестування і перемикання між різними режимами тестування.
- У деяких випадках до перерахованих сигналам додається сигнал TRST для ініціалізації порту тестування, що необов'язково, так як ініціалізація можлива шляхом подачі певної послідовності сигналів на вхід TMS.

Робота коштів забезпечення інтерфейсу JTAG підпорядковується сигналам автомата управління, вбудованого в мікросхему. Стану автомата визначаються сигналами TDI і TMS порту тестування. Певне поєднання сигналів TMS і ТСК забезпечує введення команди для автомата і її виконання.

Якщо на платі встановлено кілька пристроїв, що підтримують JTAG, вони можуть бути об'єднані в загальну ланцюжок. Унікальною особливістю JTAG є можливість програмування не тільки самого мікроконтролера (або ПЛІС), але і підключеної до його висновків мікросхеми флеш-пам'яті. Причому існує два способи програмування флеш-пам'яті з використанням JTAG: через завантажувач з подальшим обміном даними через пам'ять процесора, або через пряме управління висновками мікросхеми.

9. ARM 926 sub system

Архітектура ARM - система команд і сімейство описів і готових топологій 32-бітних і 64-бітових мікропроцесорних / мікроконтролерних ядер, що розробляються компанією ARM Limited.

Вже давно існує довідкове керівництво по архітектурі ARM, яке розмежовує всі типи інтерфейсів, які підтримує ARM, так як деталі реалізації

										Лист
										52
Изм.	Лист	№ док.им.	Подпись	Дата						

кожного типу процесора можуть відрізнятися. Архітектура розвивалася з плином часу і, починаючи з ARMv7, були визначені 3 профілю:

- А (application) - для пристроїв, що вимагають високої продуктивності (смартфони, планшети);
- R (real time) - для додатків, що працюють у реальному часі;
- M (microcontroller) - для мікроконтролерів і недорогих вбудованих пристроїв.

10.FEC - Forward Error Correction - упереджувальний корекція помилок

Упереджувальний корекція помилок - техніка завадостійкого кодування і декодування, що дозволяє виправляти помилки методом попередження. Застосовується для виправлення збоїв і помилок при передачі даних шляхом передачі надлишкової службової інформації, на основі якої може бути відновлено первісний зміст. На практиці широко використовується в мережах передачі даних, телекомунікаційних технологіях. Коди, що забезпечують пряму корекцію помилок, вимагають введення більшої надмірності в передані дані, ніж коди, які тільки виявляють помилки.

Техніка прямої корекції помилок широко застосовується в різних пристроях зберігання даних - жорстких дисках, флеш-пам'яті, оперативної пам'яті. Зокрема, в серверних додатках застосовується ЕСС-пам'ять - оперативна пам'ять, здатна розпізнавати і виправляти спонтанно виникли помилки.

11.Debug - програма-відладчик

Debug - Програма-відладчик, яку використовують для перевірки і налагодження виконуваних файлів. Використовувалася при операційній системі DOS. Під пізніші версії операційних систем працює через емулятор DOS і має обмежені можливості. Також іноді називають процес налагодження програми.

Дана програма є консольним додатком і призначена для створення або зміни коду файлів. За допомогою неї можна створювати прості програми під DOS і відстежувати їх роботу. Даний відладчик знаходиться на найнижчому рівні компіляторів assembler. Але володіє непоганими можливостями такими як перегляд, зміна пам'яті і отримання стану регістрів.

Утилітою debug можна було редагувати виконавчі файли, в тому середовищі, де встановлений тільки DOS і більше нічого. Ще її можна було

						<i>ЕліТ 6.172.461 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			<i>53</i>

використовувати і для редагування секторів дисків, наприклад, щоб вилікувати комп'ютер від boot-вірусів епохи DOS.

12.DMA, або Direct Memory Access - технологія прямого доступу до пам'яті

Прямий доступ до пам'яті - режим обміну даними між пристроями комп'ютера або ж між пристроєм і основною пам'яттю, в якому центральний процесор (ЦП) не бере. Так як дані не пересилаються в ЦП і назад, швидкість передачі збільшується.

Якщо потрібно заповнити комірки пам'яті, розташовані поспіль йде адресами, використовується «пакетний» режим роботи шини. Контролер DMA може отримувати доступ до системної шини незалежно від ЦП і має кілька регістрів.

ЦП записує значення в регістри контролера DMA, відправляє пристрою команду на читання даних. Пристрій читає дані і записує в свою внутрішню пам'ять (буфер). Контролер DMA встановлює на адресну шину адреса пам'яті ПК, відправляє пристрою запит на читання даних з внутрішньої пам'яті пристрої. Пристрій отримує запит і при цьому навіть не знає, чи прийшов запит від ЦП або від контролера DMA. Пристрій пересилає чергове слово зі своєї внутрішньої пам'яті в оперативну пам'ять ПК за адресою, що знаходиться на адресній шині. Потім пристрій посилає контролеру DMA сигнал, що повідомляє про закінчення запису. Контролер DMA збільшує адреса пам'яті ПК і виставляє його на адресну шину, зменшує значення свого лічильника байтів, знову відправляє запит на читання даних з внутрішньої пам'яті пристрої. Цикл повторюється, поки значення лічильника не стане дорівнює нулю. Після закінчення циклу пристрій ініціює переривання процесора, що повідомляє про завершення перенесення даних.

13.MAC - Media AccessController - контролер доступу до середовища

MAC має ключове значення в Fast Ethernet і має три призначення:

- визначає, коли вузол може передати пакет;
- пересилає кадри рівню РНУ для перетворення в пакети і передачі в середу;
- отримує кадри з рівня РНУ і передає обробляє їх програмного забезпечення (протоколам і додатків). *

Найважливішим з трьох призначень MAC є перше. Для будь-якої мережевої технології, яка використовує загальну середу, правила доступу до

									Лист
									54
Изм.	Лист	№ док.им.	Подпись	Дата	ЕліТ 6.172.461 ПЗ				

середовища, що визначають, коли вузол може передавати, є її основною характеристикою. Розробкою правил доступу до середовища займаються кілька комітетів IEEE. Комітет 802.3, часто іменований комітетом Ethernet, визначає стандарти на ЛВС, в яких використовуються правила під назвою CSMA / CD.

14. Memory controller

Контролер оперативної пам'яті - цифрова схема, що управляє потоками даних між обчислювальною системою і оперативною пам'яттю. Може бути окремою мікросхемою або бути інтегрована в більш складну мікросхему, наприклад, до складу північного моста, мікропроцесор або систему на кристалі.

Контролер пам'яті містить логічні ланцюги, необхідні для проведення операцій читання і запису в DRAM, з дотриманням всіх необхідних затримок, наприклад, між читанням і записом. Потік вхідних запитів перетворюється в послідовності DRAM команд, при цьому відслідковуються різні конфлікти по банкам, шинам і каналах. Для збільшення продуктивності вхідні запити можуть буферизованого і змінювати порядок.

Також контролер пам'яті виконує періодичне оновлення збережених в DRAM даних [en]. Без періодичних оновлень чіпи пам'яті DRAM поступово втрачали б інформацію, так як розряджаються струмами витоку конденсатори, що зберігають біти. Типовий час надійного зберігання інформації складає доли секунди, але не менше 64 мілісекунд відповідно до стандартів JEDEC SDRAM DDR2 і новішим. Крім цього контролер пам'яті може керувати режимами харчування чіпів пам'яті [8-9].

					<i>ЕліТ 6.172.461 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		55

ВИСНОВОК

Технологія WiMAX дозволяє забезпечити широкосмуговий зв'язок на великих відстанях для компаній малого бізнесу і домашніх користувачів, а також для вимогливих стільникових і корпоративних мобільних додатків. Вона може застосовуватися операторами голосової і широкосмугового зв'язку для вирішення проблеми «останньої милі», а також для мобільного доступу.

Системи Wi-Fi, як і раніше залишаються засобами зв'язку для підприємств і будинків. Інакше кажучи, технологія WiMAX з'єднає мережі Wi-Fi з Інтернетом.

З іншого боку, технологія WiMAX орієнтована переважно на пристрої, що передають великі обсяги даних. У рішеннях стандарту 802.16e технологія WiMAX реалізує можливість роумінгу між областями обслуговування, але вона не призначена для використання в пристроях, що відрізняються дуже високою мобільністю. Мобільного комп'ютера, використовуваному для заміни настільного ПК або роботи з мультимедійними даними, відповідає технологія WiMAX, що забезпечує високошвидкісний широкосмуговий бездротовий доступ в Інтернет.

WiMAX є прекрасним розширенням Wi-Fi: ця технологія може надавати широкосмуговий доступ в будинку кінцевих користувачів, але здатна також виконувати роль магістральних каналів для Wi-Fi. Одне не скасовує іншого: в будинку може знаходитися бездротова мережа Wi-Fi, а вихід в Інтернет мешканці будинку отримують через WiMAX. Заміною стільникових мереж 3G WiMAX не стане, тому що мережі мобільного зв'язку орієнтовані на передачу голосу, а Wi-Fi і WiMAX - на передачу даних. Всі ці технології будуть співіснувати, надаючи широкий вибір послуг корпоративним і індивідуальним користувачам.

											Лист
											56
Изм.	Лист	№ док.м.	Подпись	Дата							

Електротехнічні системи, прилади і засоби кодування інформації (ФЕЕ-2021). Матеріали та програма науково-технічної конференції.
– Суми: СумДУ, 2021. - С.°93.

					ЕЛІТ 6.172.461 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докцм.	Подпись	Дата		58

автоматизації знаходити друг друга та встановлювати між собою нові маршрути при передачі даних.

Безпроводні мультитехнологічні маршрутизатори дозволять як на магістральному рівні, так і на рівні «останньої милі» створити безпроводні мережі з оптимальними вартостями їх розгортання та володіння, які працюватимуть на значні відстані в індустріальних умовах зі значною швидкістю з високою проникаючою здатністю.

					ЕЛІТ 6.172.461 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докцм.	Подпись	Дата		60

ДОДАТОК Б

Коди Фібоначчі в системах обробки інформації

Борисенко О.А., професор, Бережна О.В., доцент,
Романенко Є.С., студентка, Гагіна О.М., студентка,
Погуляй О.Р., студент
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Розвиток інформаційного суспільства залежить від ефективності використання «розумних» систем на базі реалізації розподілених обчислювань. Ефективне вирішення цієї актуальної задачі залежить від алгоритмів, які забезпечують високу надійність та швидкість при обчислюванні та передачі даних, захист обладнання від завад та збоїв.

Використання в якості завадостійких кодів, наприклад, потужних циклічних кодів забезпечує досить високу достовірність інформації в телекомунікаційних системах. Але ці роздільні коди забезпечують завадостійку передачу інформації, а не її обробку. По-друге, такі завадостійкі коди не виконують контроль правильності роботи джерела інформації, обчислювальної системи або цифрового автомата.

У роботі проведено обґрунтування використання завадостійких нероздільних кодів Фібоначчі для здійснення наскрізного контролю інформації в завадостійких системах обробки та передачі інформації. Важливою властивістю коду є те, що його кодові комбінації являють собою числа відповідної системи числення, над якими можна виконувати арифметико-логічні операції в обчислювальному пристрої.

Крім того, код Фібоначчі характеризується простотою алгоритмів виявлення та виправлення помилок. Ознакою помилки в кодової комбінації є наявність двох, трьох та більше одиниць поспіль. Поява трьох одиниць, що стоять поруч, дозволяє виправляти одиночну помилку шляхом інвертування одиниці, що розташована всередині. Ця особливість дозволяє здійснювати самоконтроль працездатності цифрового автомату Фібоначчі при обробці даних, усувати збої в його роботі без додаткового обладнання та часу, виправляти помилки без організації перезапиту під час інформаційного обміну даними.

										Лист
										61
Изм.	Лист	№ док.м.	Подпись	Дата						

Дослідження показали, що нероздільні коди є універсальними, які дозволяють одночасно контролювати збір, обробку, формування сигналів керування та передачу інформації. Код Фібоначчі є простим у технічній реалізації та може ефективно використовуватися для обробки даних «автоматом Фібоначчі», їх шифруванні та подальшої передачі.

					ЕЛІТ 6.172.461 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ док.м.	Подпись	Дата		62