

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Інститут електроенергетики
Факультет інформаційних технологій
Кафедра безпеки інформації та телекомунікацій

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студентки Крупенко Анни Сергіївни

академічної групи 172-19зск-1

спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

спеціалізації¹ _____

за освітньо-професійною програмою Телекомунікації та радіотехніка

на тему Вдосконалення методу розподілу ресурсів у мережах

бездротового зв'язку

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	д.т.н., проф. Корнієнко В.І.			
розділів:				
спеціальний	д.т.н., проф. Корнієнко В.І.			
економічний	к.е.н., доц. Романюк Н.М.			
Рецензент				
Нормоконтролер	к.ф.-м.н., проф. Гусєв О.Ю.			

Дніпро
2022

ЗАТВЕРДЖЕНО:

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

« _____ » _____ 20 ____ року

**ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавра**

студентці _____ Крупенко Анні Сергіївні _____ академічної групи 172зск-19-1
(прізвище ім'я по-батькові) (шифр)

спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

за освітньо-професійною програмою Телекомунікації та радіотехніка

на тему Вдосконалення методу розподілу ресурсів у мережах
бездротового зв'язку

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від _____ № _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
Розділ 1	Огляд літературних джерел. Постановка задачі досліджень. Аналіз та розробка вдосконаленого методу розподілу ресурсів в бездротових мережах.	25.02.2022 – 31.03.2022
Розділ 2	Розробка та математичне моделювання системи зв'язку з використанням розробленого методу розподілу ресурсів.	01.04.2022 – 12.05.2022
Розділ 3	Розрахунок витрат на розробку вдосконаленого методу просторової обробки сигналу.	13.05.2022 – 09.06.2022

Завдання видано

_____ (підпис керівника)

Корнієнко В.І.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі: _____

Дата подання до екзаменаційної комісії: _____

Прийнято до виконання

_____ (підпис студента)

Крупенко А.С.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 77 с., 12 рис., 2 табл., 4 додатки, 31 джерело.

Об'єкт дослідження: технологія розподілу ресурсів в бездротових мережах зв'язку.

Предмет дослідження: спосіб розподілу ресурсів в бездротових мережах зв'язку.

Мета кваліфікаційної роботи: розробка способу розподілу ресурсів у мережах бездротового зв'язку для отримання більшої надійності та ефективності передачі даних, покращення якості послуг, що надаються абонентам.

В першому розділі оглянуті питання побудови мереж бездротового зв'язку, способи розподілу ресурсів в них, а також механізм автоматичного запиту на повтор.

В спеціальній частині був запропонований новий спосіб оцінки каналу зв'язку, розроблена і змодульована вдосконалена система розподілу ресурсів.

В економічному розділі проведені розрахунки капітальних вкладень для створення запропонованої системи, а також час їх окупності.

Наукова новизна результатів, що очікуються, полягає в розробці концепції розподілу ресурсів в бездротових мережах зв'язку, що забезпечує зменшення марного використання ресурсів.

БЕЗДРОТОВА МЕРЕЖА, СИСТЕМА ЗВ'ЯЗКУ, МОНІТОРИНГ З'ЄДНАННЯ, ВІДОБРАЖЕННЯ ЯКОСТІ, ПОТУЖНІСТЬ, ЧАСТОТА.

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка: 77 с., 12 рис., 2 табл., 4 приложения, 31 источник.

Объект исследования: технология распределения ресурсов в беспроводных сетях связи.

Предмет исследования: способ распределения ресурсов в беспроводных сетях связи.

Цель квалификационной работы: разработка способа распределения ресурсов в сетях беспроводной связи для получения большей надежности и эффективности передачи данных, улучшение качества предоставляемых абонентам услуг.

В первом разделе рассмотрены вопросы построения сетей беспроводной связи, способы распределения ресурсов в них, а также механизм автоматического запроса на повтор.

В специальной части был предложен новый способ оценки канала связи, разработана и смоделирована усовершенствованная система распределения ресурсов.

В экономическом разделе проведены расчеты капитальных вложений для создания предложенной системы, а так же время их окупаемости.

Научная новизна результатов, ожидается, заключается в разработке концепции распределения ресурсов в беспроводных сетях связи, обеспечивает уменьшение бесполезного использования ресурсов.

БЕСПРОВОДНАЯ СЕТЬ, СИСТЕМА СВЯЗИ, МОНИТОРИНГ СОЕДИНЕНИЕ, ОТРАЖЕНИЕ КАЧЕСТВА, МОЩНОСТЬ, ЧАСТОТА.

THE ABSTRACT

Explanatory note: 77 p., 12 Fig., 2 tables, 4 applications, 31 sources.

The object of research: technology of resource allocation in wireless networks of connection.

Purpose of research: method of resource allocation in wireless networks of connection.

The aim of the thesis: improving the system of resources allocation in wireless communication networks to obtain greater reliability and efficiency of data transmission in such networks.

The first section deals with the construction of wireless communication networks, resource allocation processes of them, as well as a mechanism for automatic repeat request.

A special part has proposed a new method of estimating the communication channel, designed and modeled an improved system of resource allocation.

There were calculated capital investments for the creation of the proposed system and payback time in the economic section.

Scientific novelty of the results that are expected, is developing the concept of resource allocation in wireless communication networks, which would reduce the useless use of resources.

WIRELESS NETWORK, CONNECTION SYSTEM, MONITORING OF CONNECTION, QUALITY MAPPING, POWER, FREQUENCY.

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ACK	—	(acknowledged) – підтвердження прийому;
BPSK	—	(binary phase shift keying) – двійкова фазова маніпуляція;
NACK	—	(non-acknowledged) – непідтвердження прийому;
OFDM	—	(orthogonal frequency division multiplexing) - мультиплексування з ортогональним частотним розподілом каналів;
АБГШ	—	адитивний білий гаусовий шум;
АЗП	—	автоматичний запит на повтор;
АМК	—	адаптивна модуляція та кодування;
АС	—	абонентська станція;
БС	—	базова станція;
ВІ	—	взаємна інформація;
ГАЗП	—	гібридний автоматичний запит на повтор;
ГАЗП -ПШ	—	гібридний автоматичний запит на повтор прямого комбінування;
ГАЗП -ІН	—	гібридний автоматичний запит на повтор інкрементальної надмірності;
ІК	—	інформація кадру;
ІПБ	—	інформація прийнятого блоку;
ІПІ	—	інформація прийнятого інтервалу;
КМВ	—	комбінування з максимальним відношенням
ВСШ	—	відношення сигнал/шум;
ЧББП	—	частота блоків без помилок;
ЧБЗП	—	частота блоків з помилками;
ЧПБ	—	частота інформації прийнятого блоку;
ЯО	—	якість обслуговування.

ЗМІСТ

С.

ВСТУП.....	9
1 СТАН ПИТАННЯ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	11
1.1 Принципи організації стільникової мережі мобільного зв'язку	11
1.2 Алгоритм функціонування систем стільникового мобільного зв'язку	13
1.3 Розподіл ресурсів в бездротових мережах.....	16
1.3.1 Керування потужності передавача	16
1.3.2 Розподіл каналів у мережі	17
1.4 Основні способи адаптації, що використовуються в сучасних бездротових мережах передачі даних.....	20
1.5 Автоматичний запит на повтор передачі (АЗП)	26
1.6 Гібридний автоматичний запит на повтор передачі (ГАЗП).....	30
1.7 Метод і пристрій для адаптації з'єднання при пакетній передачі даних	31
1.8 Спосіб і система для адаптації потужності з адаптацією модуляції і кодування	32
1.9 Постановка задачі.....	33
1.10 Висновок	33
2 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	34
2.1 Розподіл ресурсів та адаптація з'єднання на основі індикаторів якості	34
2.2 Взаємна інформація на символному рівні	34
2.3 Взаємна інформація на рівні блоку	36
2.4 Модель модуляції за допомогою взаємної інформації.....	38
2.5 Модель кодування за допомогою взаємної інформації	39
2.6 Нова процедура розподілу ресурсів	40
2.7 Визначення індикатора якості.....	50

2.8 Керування потужності і вибір режиму модуляції та кодування	52
2.9 Висновок	60
3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	61
3.1 Техніко економічне обґрунтування створення і використання вдосконаленої системи розподілу ресурсів	61
3.1.1 Визначення трудомісткості розробки системи розподілу ресурсів	61
3.1.2 Розрахунок витрат на створення системи розподілу ресурсів	63
3.2 Висновок	69
ВИСНОВКИ	70
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	71
ДОДАТОК А. Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи	74
ДОДАТОК Б. Перелік документів на оптичному носії	75
ДОДАТОК В. Відгук керівників розділів	76
ДОДАТОК Г. Відгук керівника кваліфікаційної роботи	77

ВСТУП

Стільниковий зв'язок - один з видів мобільного радіозв'язку, в основі якого лежить стільникова мережа. Ключова особливість полягає в тому, що загальна зона покриття ділиться на осередки (стільники), що визначаються зонами покриття окремих базових станцій (БС). Стільники частково перекриваються і разом утворюють мережу. На ідеальній (рівній і без забудови) поверхні зона покриття однієї БС являє собою коло, тому складена з них мережа має вигляд сот з шестикутними осередками (стільниками).

Мережу складають рознесені в просторі прийомопередавачі, що працюють в одному і тому ж частотному діапазоні, і комутуюче обладнання, 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.

Основні складові стільникової мережі - це стільникові телефони і базові станції. Базові станції зазвичай розташовують на дахах будівель і вишках. Будучи включеним, стільниковий телефон прослуховує ефір, знаходячи сигнал базової станції. Після цього телефон посилає станції свій унікальний ідентифікаційний код. Телефон і станція підтримують постійний радіоконтакт, періодично обмінюючись пакетами. Зв'язок телефону зі станцією може йти по аналоговому протоколу (AMPS, NAMPS, NMT-450) або по цифровому (DAMPS, CDMA, GSM, UMTS). Якщо телефон виходить з поля дії базової станції, він налагоджує зв'язок з іншою (англ. handover).

Стільникові мережі можуть складатися з базових станцій різного стандарту, що дозволяє оптимізувати роботу мережі і поліпшити її покриття.

Стільникові мережі різних операторів з'єднані один з одним, а також зі стаціонарною телефонною мережею. Це дозволяє абонентам одного оператора робити дзвінки абонентам іншого оператора, з мобільних телефонів на стаціонарні й зі стаціонарних на мобільні. Однією з основних проблем, при розгортанні бездротових систем зв'язку є обмеженість частотного ресурсу та

його неефективне використання при жорсткому державному регулюванні, коли всі області спектра частотного діапазону поділені і закріплені за конкретним обладнанням або відомством. Велику частину часу обладнання, за яким закріплений той чи інший радіочастотний діапазон простоює. Під час простою основного користувача діапазон потенційно міг бути використаний іншим абонентом для зв'язку. Однак для успішної роботи вторинного абоненту потрібно аналізувати стан частотного спектра на предмет наявності діяльності в ньому основних або інших вторинних абонентів, а також шумової обстановки. Методи аналізу стану і вибору діапазону для організації каналу зв'язку є досить складними, що вимагають застосування інтелектуальних алгоритмів. Їх реалізація стала можливою зовсім недавно, в тому числі і завдяки технології, що отримала в даний час широке поширення - програмне радіо (Software Defined Radio). Створені за даним принципом радіосистеми дозволяють точно і, найголовніше, швидко визначати наявність чинників, що заважають для організації каналу зв'язку між абонентами, і можливість динамічно переконфігурувати (адаптувати) приймальний тракт на роботу в іншому радіочастотний каналі або зменшити вплив перешкод за рахунок застосування динамічних змінюваних в процесі роботи алгоритмів цифрової обробки сигналів. Такі системи отримали назву когнітивного (інтелектуального) радіо.

1 СТАН ПИТАННЯ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Принципи організації стільникової мережі мобільного зв'язку

Сучасна мережа будується за допомогою декількох базових станцій (БС), що мають свої індивідуальні зони обслуговування (рис.1.1). При цьому стільникові мережі мобільного зв'язку будуються у вигляді сукупності стільників, схематично зображуваних у вигляді рівновеликих правильних шестикутників, що має схожість з бджолиними сотами і тому мережа мобільного зв'язку була названа стільниковою або осередковою (cellular). У центрі кожної стільники знаходиться базова станція, обслуговуюча все MS в межах своєї стільники.

При реалізації такої мережі відразу ж виникає технічна проблема - як переключати рухомого абонента MS від однієї стільники в іншу. Для вирішення цієї проблеми в сотовій мережі мобільного зв'язку передбачений центр комутації мобільних станцій (ЦКМС), що забезпечує перемикання установленого розмовного тракту при переміщенні мобільного абонента з однієї стільники в іншу, а також підключення абонентів стаціонарної телефонної мережі до конкретної БС, в зоні дії котрої знаходиться даний мобільний абонент.

При створенні мережі, зображеної на рисунку 1.1, виникла необхідність контролю за переміщенням (roaming - блуканням) мобільної станції MS, яка перебуває як у вільному (з точки зору зв'язку) стані, так і в стані зайнятості. Слід зазначити, що при використанні мережі, стаціонарна телефонна мережа звільняється від обслуговування викликів, які надходять від одного мобільного абонента до іншого. Такі з'єднання встановлюються через центр комутації ЦКМС.

У сучасній сотовій мобільній мережі зазвичай функціонує кілька комутаційних центрів, в кожен з яких включається декілька базових станцій.

Розглянемо особливості розподілу території, що обслуговується мобільним зв'язком на стільники. Розділити територію яка обслуговується на стільники можна двома основними способами:

- перший, заснований на вимірюванні статистичних характеристик розповсюдження радіосигналів в даній системі зв'язку;

- другий, заснований на вимірюванні або розрахунку параметрів поширення радіосигналу для конкретного району.

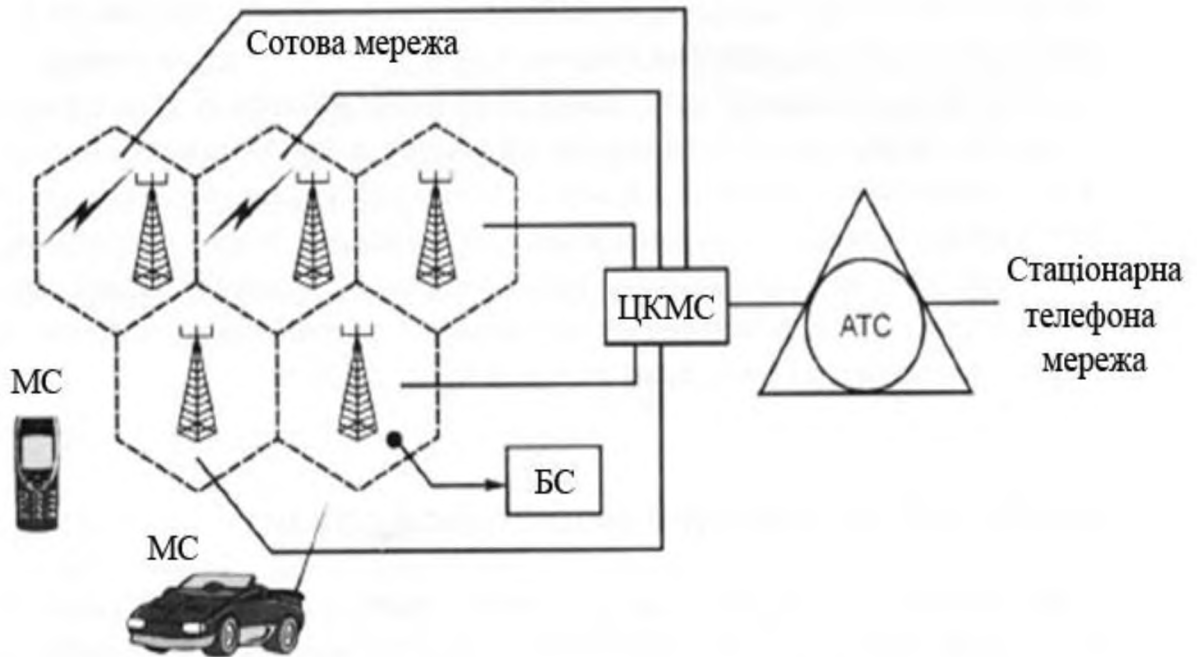


Рисунок 1.1 - Стільникова мережа мобільного зв'язку

При реалізації першого способу вся територія, що обслуговується поділяється на однакові за формою стільники і за допомогою методів статистичної радіотехніки визначаються їх допустимі розміри і відстані до інших сот, в межах яких виконуються умови припустимого взаємного впливу.

Для отримання оптимального (тобто без перекриття або пропусків ділянок) розділення території на стільники можуть бути використані тільки тригеометричні фігури - трикутник, квадрат і правильний шестикутник. Найбільш придатною фігурою є шестикутник, так як, якщо антену з круговою діаграмою спрямованості БС встановлювати в його центрі, то буде забезпечений доступ майже до всіх ділянок стільники.

Насправді стільники ніколи не бувають строгої геометричної форми.

Реально кордони сот мають вигляд неправильних кривих, що залежать від умов розповсюдження і загасання радіохвиль, тобто від рельєфу місцевості, характеру і щільності рослинності, забудови будівлями і багатьох інших факторів.

Більш того, межі сот взагалі не є чітко визначеними, так як на рубежі передачі обслуговування мобільної станції від однієї стільниці в сусідню ці межі можуть в деяких межах зміщуватися з зміною умов поширення радіохвиль і залежно від напрямку руху мобільної станції. Так само і положення базової приймально-передавальної станції лише наближено збігається з центром стільниці, який до того ж не так просто визначити однозначно, якщо сота має неправильну форму. Якщо ж на БС використовуються спрямовані антени, то БС в реальних випадках можуть фактично виявитися на кордонах сот.

При використанні першого способу поділу території на стільниці інтервал між сотами, в яких використовуються однакові робочі канали, зазвичай виходить більше необхідного інтервалу - для підтримки взаємних перешкод на допустимому рівні.

Більш прийнятний другий спосіб поділу території на стільниці. У цьому випадку вимірюють або розраховують параметри сотової системи для певного мінімального числа базових приймально-передавальних станцій, що забезпечують задовільне обслуговування абонентів по всій території, визначають оптимальне місце розташування БС з урахуванням рельєфу місцевості та інших факторів, що впливають на умови поширення радіохвиль, розглядають можливість використання спрямованих антен, пасивних ретрансляторів і суміжних БС в момент пікового навантаження тощо.

1.2 Алгоритм функціонування систем стільникового мобільного зв'язку

Алгоритми функціонування систем стільникового мобільного зв'язку різних стандартів в основному схожі і характеризуються наступним:

1) коли мобільна станція МС знаходиться в режимі очікування, її приймальний пристрій постійно сканує або всі канали системи, або тільки керуючі канали;

2) для виклику абонента всіма базовими станціями БС стільникової мережі по каналах управління передаються сигнали виклику;

3) мобільна станція абонента, що викликається при отриманні сигналу виклику відповідає по одному з вільних каналів управління;

4) БС, що прийняли відповідний сигнал, передають інформацію про його параметри в центр комутації, який перемикає розмову на ту базову станцію, де зафіксований максимальний рівень сигналу мобільної станції, що викликається.

5) під час набору номера мобільна станція абонента, що викликається займає один з вільних каналів БС, рівень сигналу якої в даний момент максимальний;

6) віддаляючись від базової станції або у зв'язку з погіршенням умов поширення радіохвиль рівень сигналу зменшується, що веде до погіршення якості зв'язку;

7) поліпшення якості розмови досягається шляхом автоматичного перемикання абонента, що викликається на інший канал радіозв'язку. Спеціальна процедура - handover передача управління викликом або естафетна передача дозволяє переключити розмову на вільний канал іншої базової станції, в зоні дії якої опинився в цей час абонент. Аналогічні дії робляться при зниженні якості зв'язку через впливу перешкод або при виникненні несправностей комутаційного обладнання. Для контролю таких ситуацій БС забезпечені спеціальними пристроями, періодично вимірюють рівні сигналів мобільних станцій, передавальних мовні сигнали, і порівнюють ці рівні з допустимими межами. Якщо рівень сигналу від мобільної станції менше обраного допустимого рівня, то інформація про це автоматично передається в центр комутації по службовому каналу зв'язку. Центр комутації видає команду про зміну рівня сигналу мобільної станції на найближчі до нього базові станції. Після отримання інформації від БС про рівень цього сигналу центр комутації перемикає мобільну станцію на ту з базових станцій, де рівень сигналу виявився найбільшим. У разі, якщо виникає ситуація, коли потік заявок на обслуговування, надходить від абонентів стільникового мережі, перевищує кількість каналів, наявних на всіх близько розташованих БС, як тимчасовий захід (до звільнення одного з каналів)

використовується принцип естафетної передачі всередині стільники. При цьому відбувається по чергове підключення каналів у межах однієї і тієї ж базової станції BTS для забезпечення зв'язком всіх абонентів.

Мобільні бездротові мережі з стільниковою структурою найбільш ефективно використовують радіочастотний спектр. З ростом числа мобільних абонентів в бездротових мережах, навантаження, як на мережу, так і на кожен базову станцію мережі зростає. Потрібно підвищення пропускної здатності, як наслідок цього збільшується число базових станцій, що призводить до появи безлічі високощільних мереж. Високощільні мережі дозволяють вирішити проблему територіального планування мереж, користувачі таких мереж рідко виявляються поза зоною дії. Але в умовах обмеженості використовуваних смуг частот, стає проблематичним присвоїти кожній базовій станції унікальну робочу частоту, тому застосовується метод повторного використання частот, доходить до того що в одному будинку може знаходитися безліч сегментів бездротових мереж, що використовують однакові частоти - всі вони створюють перешкоди один для одного, що призводить до зниження пропускної здатності. Пропускна здатність мережі залежить від пропускної здатності каналу зв'язку, числа використовуваних частотних каналів базової станції (канальної ємності базової станції) і коефіцієнта повторного використання частот. Пропускна здатність окремо взятого каналу зв'язку визначається використовуваним стандартом та рекомендаціями по них. Таким чином, для підвищення пропускної здатності мережі необхідні: точний розрахунок достатнього числа частотних каналів зв'язку і збільшення коефіцієнта повторного використання частот. Обидва завдання досить трудомісткі і вимагають ретельного підходу до їх вирішення. Канальна ємність базової станції є одним з основних параметрів, що підлягають визначенню в процесі проектування мережі, і залежить від: найбільш ймовірного числа мобільних абонентів, здатних створювати на неї відповідне навантаження; їх розподілу в мережі або зоні обслуговування базової станції; імовірності відмови у встановленні з'єднання з першої спроби; питомого навантаження від абонентів; рельєфу місцевості.

Існують різні методи підвищення ефективності роботи мережі та її пропускної здатності: адаптивний колективний доступ з контролем несучої, метод підвищення ефективності використання спектра в стільникових мережах рухомого зв'язку CDMA дозволяє здійснювати прийом корисного сигналу з більшою завадостійкістю в порівнянні з традиційно використовуваним кореляційним методом, застосування в системах CDMA квазіортогонального ансамблю сигналів, використання адаптивних антен для систем мобільного бездротового зв'язку, алгоритми вибору найкращого вузла доступу і адаптивного управління MAC-рівнем. Кожен з даних методів є окремим випадком і спрямований на коригування якогось одного параметра.

Серед ж, в якій існують мобільні бездротові мережі, постійно змінюється, динамічна, і проблеми, які вона породжує, неможливо вирішити коригуванням якогось одного параметра. Для визначення рівня взаємних перешкод (перешкод від мобільних абонентів) використовується метод еквівалентного джерела, який дозволяє зв'язати потужність перешкоди від мобільних абонентів з такими параметрами як: розподіл абонентів у зоні обслуговування базової станції або мережі; відстань між центрами базових станцій, що використовують однакові частоти; радіусом зони обслуговування базової станції тощо.

1.3 Розподіл ресурсів в бездротових мережах

1.3.1 Керування потужністю передавача

Ефективна робота системи сотового мобільного зв'язку в чому визначається умовами вирівнювання сигналу від різних МС на вході базової станції. Чим вище точність вирівнювання сигналу, тим більше зона покриття системи. Як правило, прямий (uplink) канал (від БС до МС) менш схильний до спотворень сигналу за рахунок внутрішньо системних перешкод і багатопроменевих замирань, тобто на БС завжди існує запас по потужності.

Основні проблеми виникають при регулюванні потужності в зворотному (downlink) каналі - від МС до БС. Чим вище точність керування потужністю в

МС, тим нижче рівень взаємних перешкод. Процес регулювання потужності передавача МС в зворотному каналі (МС => БС) може бути реалізований різними способами, при цьому основна ідея керування потужністю МС полягає в наступному: МС безперервно передає інформацію про рівень помилок у прийнятому сигналі. На підставі цієї інформації контролер базових станцій розподіляє випромінену потужність БС між абонентами таким чином, щоб у кожному випадку забезпечити прийнятну якість мови. Абоненти, на шляху до МС яких радіосигнал відчуває більший загасання, отримують можливість випромінювання сигналу їх МС більшої потужності.

Тобто основна мета керування потужністю в каналі полягає в оптимізації умов радіопокриття площі стільники.

1.3.2 Розподіл каналів у мережі

При розподілі радіочастотних каналів в мережі можливі два підходи:

- фіксований розподіл;
- динамічний розподіл.

При фіксованому розподілі каналів певну їх підмножина постійно закріплюється за певними стільниками, при цьому це підмножина каналів повторно використовується в стільниках, розділених між собою інтервалом повторного використання. Тобто закріплюються канали в межах кластерів і далі вони повторюються від кластера до кластеру в межах загальної зони обслуговування. Тому при детермінованому розподілі число каналів визначиться наступним чином:

а) загальна кількість каналів, виділених всій сотовій системі в межах кластерної зони обслуговування, яка, в свою чергу, визначиться як відношення смуги частот всієї системи Δf_s (для стандарта GSM $\Delta f_s = 25$ МГц) до частотного розносу каналів каналів f_s ($f_s = 0,2$ МГц) розрахована в формулі 1.1:

$$n_{\text{sysk}} = (\Delta f_s / f_s) - 1 = 124 \text{ канала,} \quad (1.1)$$

б) число каналів на одну соту, формула 1.2 (при числі сот в кластері $N_{ck} = 7$):

$$n_c = n_{sysk} / N_{ck} = 124/7 = 17,7 \approx 18 \text{ каналів.} \quad (1.2)$$

Виділяючи два канали для системи управління (сигналізації), приймемо значення $n_c \sim 20$ каналів в соті;

в) число каналів, що виділяються для всієї зони обслуговування, що складається з 7 кластерів: $n_z = 7 \times n_{sysk} = 868$ каналів, тобто необхідно мати 7 централей, що забезпечують в сумі 868 каналів. Дане число каналів забезпечує вибір вільного каналу при переміщенні мобільної станції з підмножини каналів у відповідних сотах і кластерах. При цьому, якщо мобільна станція не перетинає соту обслуговування, то передбачуване навантаження для підмножини каналів дорівнює добутку інтенсивності нових викликів A на середню тривалість розмови (τ_i) (тривалість зайнятості каналу). Ця умова залишається приблизно справедливою, якщо добуток середньої тривалості розмови на середню швидкість руху мобільної станції V_{MS} мало по порівнянні з розмірами стільниці: $(\tau)(V_{MS}) \leq R_{max}$.

Наприклад, при швидкості руху мобільної станції $(V_{MS}) = 1$ км/год 21 середньої тривалості розмови, $(\tau_i) = 3$ хв. (тобто $3/60 = 0,05$ години), їх добуток складе: $1 \text{ км/год} \cdot 0,05 \text{ год} = 0,05 \text{ км}$, при $(V_{MS}) = 100 \text{ км/год} \cdot 0,05 \text{ година} = 5 \text{ км}$. При перетині кордону стільниці і переході мобільної станції на нову частоту, що виділяється новою базовою станцією, необхідно враховувати наступні фактори:

1) середня тривалість розмови (τ_i) у кожній соте зменшується, так як виклик, що виник у межах сусідньої стільниці, звільняє канал передчасно;

2) ефективна інтенсивність надходження викликів зростає на величину інтенсивності перетину мобільними станціями кордонів сот, так як виклик, що надходить в нову соту, вимагає для свого обслуговування каналу в новій соті, точно так само як і заявка на обслуговування, що виникла в межах цієї нової стільниці. Деякі розмови абоненти змушені припинити передчасно через те, що

входять у нову соту обслуговування, у якій можуть бути відсутні вільні канали. Це також зменшує середню тривалість розмови.

Динамічний розподіл каналів у стільниковій системі зв'язку припускає, що будь-який канал може бути використаний в будь-якій соті обслуговування. Канали розподіляються при цьому для обслуговування викликів з урахуванням стану системи на основі визначеної стратегії розподілу каналів, яка повинна оптимізувати деякі параметри системи з урахуванням обмеження на повторне використання каналів. Пошук з метою виділення каналу для певної стільниці в певний момент часу включає в себе перебір всіх каналів, виділених для системи, і знаходження вільного каналу або безлічі каналів для МС у даній соті. Вільними вважаються всі невикористані канали, розташовані на відстані від розглянутої стільниці, менше, ніж допускається заданих ставленням $q = D/R$. Якщо такий канал знайти не вдається, то в даній соте в цей момент часу не можна обслуговувати виклик. Пошук каналу може здійснюватися деяким регулярним чином серед всіх виділених каналів або за випадковим законом. Якщо в наявності виявляється більше одного каналу, то вибір каналу повинен бути зроблений відповідно до деякої стратегії оптимізації. Ця стратегія може бути заснована на таких критеріях, як порядок пошуку, вирахована відстань до інших сот, які використовують той самий канал, число використань каналу при мінімальному відношенні D/R або навіть на випадковому виборі. В даний час в стандарті GSM з центру комутації реалізується автоматичний вибір каналів з використанням динамічного розподілу каналів.

1.4 Основні способи адаптації, що застосовуються в сучасних бездротових мережах передачі даних

У системі зв'язку можна налаштовувати 3 компонента мережі: передавач, приймач і канал зв'язку.

Адаптація передавача. Для характеристики стійкості роботи радіолінії вводиться поняття надійності зв'язку як відсоток часу прийому з необхідною

достовірністю протягом тривалого періоду часу. Ця надійність оцінюється відношенням числа коротких сеансів роботи з допустимими втратами достовірності до загального числа сеансів за тривалий період часу. Чим більше цей період, тим більше можливі зміни сигналу. Тому надійність роботи повинна відноситися до певних періодів часу, наприклад до певних годин доби, до повних діб, місяцю, сезону, року.

Величина R_p розраховується по формулі 1.3 і включає в себе потужність $R_{вн}$, обумовлену зовнішніми джерелами радіозавад, і потужність $R_{ш}$ внутрішніх теплових шумів антени, фідера і приймача:

$$R_p = R_{вн} + R_{ш} = B (R_{вн}(1) + R_{ш}(1)), \quad (1.3)$$

де B - смуга пропускання приймача;

$R_{вн}(1)$ і $R_{ш}(1)$ - спектральні щільності потужностей зовнішніх перешкод і внутрішніх шумів відповідно.

Визначення якості сигналу ґрунтується на вимірюванні BER (bit error rate) (частота появи помилок). Це дозволяє оцінити якість сигналу, шляхом визначення рівня помилок. Даний спосіб дає детальну інформацію про можливі втрати в лінії, але він дуже не зручний, якщо швидкість зв'язку не перевищує декількох кбіт/с, а вимірювання BER для високої достовірності може займати великі проміжки часу.

Адаптація передавача до лінії радіозв'язку увазі оптимальної вибір схеми використовуваної модуляції (наприклад, ФМ-2, ФМ-4, КАМ). Цей метод потрібен для ефективного використання доступного спектра. Із застосуванням оптимальної модуляції, також іде вибір відповідного типу кодування. Передавач підбирає тип модуляції і схему кодування, ґрунтуючись на інформації про стан каналу. Оцінка каналу і перехід на певний тип модуляції та кодування, відбувається згідно закладеним алгоритмам.

Адаптація приймача. У багатьох сучасних системах адаптація проводиться не тільки передавачем (у більшості випадків його роль грає базова станція), але і приймачем. Відбувається це за фактом вимірювання одного з трьох параметрів:

а) відношення сигналу до рівня шуму і інтерференції (SINR (Signal Interference + Noise Ratio));

б) кількість помилок при передачі (BER);

в) рівень вхідного сигналу (RSSI (Received Signal Strength Indication)).

Після цього вибираються необхідні для приймача параметри сигналу, і отримані дані відправляються на базову станцію (або на протилежну сторону лінії зв'язку) для коригування параметрів. Для забезпечення максимальної якості зв'язку рівень SNR (Signal - to - noise ratio) повинен бути якомога вище, а BER повинен бути мінімальним.

Існує 2 основних алгоритму адаптації приймача.

Перший алгоритм - вибір найкращого вузла доступу. Якщо в системі зв'язку є кілька вузлів доступу, то необхідно вибрати, з яким вузлом краще встановити з'єднання для необхідної якості зв'язку. Пристрій збирає інформацію про відношення сигнал/шум (ВСШ), про завантаження кожної базової станції та про підключені вузлах в цілому. Залежно від цих параметрів, для кожної з наявних базових станцій мобільний пристрій вибирає найбільш переважну базову станцію. Від інтенсивності прийнятих сигналів, мобільна станція вибирає, до якої базової станції їй підключатися.

Недоліком алгоритму є що, пропускна здатність в розрахунку на вузол, а разом з нею і продуктивність падають при збільшенні кількості користувачів, що користуються каналом.

Другий алгоритм - адаптивне управління MAC- рівнем (Media Access Control). Цей алгоритм, також передбачає детальний аналіз параметрів середовища, і дає пристрою можливість динамічно змінювати різні параметри MAC-рівня. Як і алгоритм вибору найкращого вузла доступу, адаптивний алгоритм управління MAC-рівнем намагається знайти оптимальні налаштування для конкретних параметрів зв'язку.

У системах, призначених для передачі високоякісної мови і трафіку даних в умовах значної щільності абонентів (DECT - Digital Enhanced Cordless Telecommunication), навантаження розподілено нерівномірно, і її пікові значення змінюються в часі і в просторі. Для забезпечення надійного зв'язку необхідно організувати динамічний пошук каналів. Алгоритми динамічної адаптації в таких системах здійснюють функцію частотного планування.

Перш ніж вибрати канал зв'язку, пристрій виконує вимір рівнів сигналів (RSSI) від базових станцій і обирає кращий сигнал від БС. Рівень радіосигналу - головний критерій, що визначає придатність радіоканалу для зв'язку. Результати цих вимірів, фактично оцінка стану перешкод, заносяться в базу даних і постійно оновлюються. Перемикання з однієї базової станції на іншу здійснюється в тому випадку, коли якість каналу стає нижче, ніж допустиме.

Адаптивна система розподілу ресурсів. Адаптивне виділення ресурсів контролює стан каналу і рівень інтерференції залежно від навантаження. Наприклад, в необхідні моменти часу система збільшує потужність, або задіює додаткові частотні діапазони для підтримки необхідної якості зв'язку.

На відміну від систем зв'язку з фіксованими значеннями частотних діапазонів для передачі, в системах з нефіксованим діапазоном можливий адаптивний вибір смуги передачі. За допомогою даної технології м. 25 домогтися ефективного використання частотної смуги, змінюючи параметри передачі за фактом завантаження лінії. Можливо виділення більшої пропускної здатності певному користувачеві.

Адаптація каналу і з'єднання. Для прикладу розглянемо систему зв'язку, що включає, як мінімум, одну базову станцію і N абонентських станцій, що обслуговуються даною базовою станцією.

Базова станція передає дані на абонентські станції по прямому каналу, а абонентські станції передають дані на базову станцію по зворотному каналу. Передавач базової станції і передавачі абонентських станцій мають можливість періодично міняти вид кодування і модуляції даних, призначених окремим абонентським станціям, а також перерозподіляти частотно-часовий ресурс

прямого і зворотного каналу системи між ними. Під кадром розуміють інтервал регулювання виду кодування і модуляції і призначення частотно-часового ресурсу абонентським станціям. Приймач базової станції та приймачі абонентських станцій при прийомі даних мають можливість вимірювати енергетичні параметри, що характеризують якість прийому даних, наприклад відношення сигнал-шум в прийнятому сигналі. При передачі даних в прямому або в зворотному каналі необхідно приймати їх із заданою якістю, наприклад з імовірністю бітової помилки, що не перевищує задану ймовірність. Для кожного виду кодування і модуляції відомі мінімальні значення енергетичних параметрів, що забезпечують задану якість.

На рисунку 1.2 показана базова станція, яка містить блок кодування і модуляції, блок демодуляції і декодування і блок адаптації, і одна з декількох наявних у системі абонентських станцій, що обслуговуються базовою станцією - абонентська станція, що містить, як мінімум, блок демодуляції і декодування, блок вимірювання енергетичного параметра і блок кодування і модуляції.

На входи базової станції надходять сигнали, що містять дані, які треба передати абонентським станціям в формованому кадрі прямого каналу. Ці сигнали надходять на перші входи блоку адаптації.



Рисунок 1.2 - Структурна схема передавача і приймача

Блок адаптації формує службовий сигнал, що містить вид кодування і модуляції для кожного з даних сигналів і опис ділянки частотно-часового ресурсу формованого кадру прямого каналу, виділеного для передачі даних для кожної з абонентських станцій. Під ділянкою частотно-часового ресурсу формованого кадру прямого каналу розуміють, наприклад, частину кадру, виділену для абонентської станції. Тоді ділянку частотно-часового ресурсу кадру можна описати величиною зміщення за часом початку і кінця ділянки відносно початку кадру.

З другого виходу блоку адаптації службовий сигнал надходить на другий вхід блоку кодування і модуляції, а з перших виходів блоку адаптації сигнали, що містять дані, надходять на блок кодування і модуляції. Блок кодування і модуляції відповідно з отриманим службовим сигналом здійснює кодування і модуляцію

сигналів, що містять дані, і формує кадр відповідно з ділянками частотно-часового ресурсу, що призначений абонентським станціям.

Разом з сигналами, що містять дані, в формованому кадрі передають службовий сигнал, що містить інформацію про види кодування і модуляції і про розподіл частотно-часового ресурсу між абонентськими станціями, які будуть використані для кадру, який буде переданий після поточного, або через один і більше кадрів.

Сформований кадр з виходу блоку кодування та модуляції надходить на перший вихід базової станції. З першого виходу базової станції надходить на перший вхід абонентської станції і відповідно на входи блоку демодуляції і декодування і блоку виміру енергетичного параметра абонентської станції.

У блоці демодуляції і декодування демодулюють і декодують частину отриманого кадру, виділену абонентській станції, використовуючи інформацію, що міститься в службовому повідомленні одного з попередніх прийнятих кадрів і описує види кодування і модуляції і розподіл частотно-часового ресурсу, що були використані в отриманому кадрі.

Блок демодуляції і декодування абонентської станції також демодулює і декодує ділянку отриманого кадру, що містить службове повідомлення, яке потім буде використовуватись для декодування відповідного йому кадру.

Дані, що містяться в отриманому кадрі і призначені абонентській станції, з виходу блоку демодуляції та декодування надходять на перший вихід абонентської станції.

У блоці вимірювання енергетичного параметру за отриманим кадром вимірюють енергетичний параметр, що характеризує якість прийому даних, наприклад відношення сигнал-перешкода в прийнятому сигналі.

Сигнал, що містить виміряний енергетичний параметр, надходить з виходу блоку на перший вхід блоку кодування і модуляції абонентської станції. На другий вхід блоку кодування і модуляції надходить сигнал з другого входу абонентської станції, що містить дані, призначені для передачі на базову станцію.

Блок кодування і модуляції здійснює кодування і модуляцію сигналу, що містить дані, і сигналу, що містить вимірний енергетичний параметр. Сигнал після кодування і модуляції надходить з виходу блоку кодування і модуляції на другий вихід абонентської станції, а з нього - на другий вхід базової станції і відповідно на вхід блоку демодуляції і декодування базової станції.

Блок демодуляції і декодування здійснює демодуляцію і декодування сигналу, що надійшов і отримує дані, які з його другого виходу надходять на другий вихід базової станції, а вимірний енергетичний параметр надходить з його першого виходу на другий вхід блоку адаптації. У блоці адаптації порівнюють вимірний енергетичний параметр з відомими мінімальними значеннями енергетичних параметрів для кожного виду кодування і модуляції і призначають у черговому кадрі прямого каналу вид кодування і модуляції і ділянку частотно-часового ресурсу для кожної з абонентських станцій таким чином, щоб максимізувати пропускну здатність однієї абонентської станції або всіх абонентських станцій, що обслуговуються базовою станцією.

Під пропускну здатністю розуміють, наприклад, швидкість передачі даних.

Однак цей спосіб має 2 суттєві недоліки:

Він не передбачає адаптивного регулювання потужності одночасно з розподілом частотно-часового ресурсу та адаптивною модуляцією і кодуванням. Так само можлива ситуація, коли вимірне значення енергетичного параметра вище мінімально необхідних значень для одного виду модуляції та кодування, але менше мінімально необхідних значень для решти видів модуляції і кодування.

1.5 Автоматичний запит на повтор передачі (АЗП)

Автоматичний запит на повтор широко використовується в мережах передачі даних для підвищення якості обслуговування. Суть полягає в тому, що при успішному отриманні та декодуванні інформаційного блоку приймачем, він відправляє на передавач повідомлення (ACK - Acknowledged (прийнято)), в іншому випадку, приймач відправить повідомлення, що заперечує підтвердження прийому (NACK - Non-Acknowledged (не прийнято)), на

передавач для того, щоб вказати, що приймач невдало декодував дані. При отриманні такого повідомлення передавач повторить передачу невдало переданого блоку. Так само може використовуватися схема, при якій приймач оперує тільки повідомленням про підтвердження прийому, і не використовує повідомлення "не прийнято". У такому випадку при успішному прийомі і декодуванні блоку інформації приймач відправляє повідомлення АСК, якщо ж повідомлення не прийнято або не декодовано, то він нічого не відправить. Передавач на протязі певного, заданого часу чекає повідомлення про підтвердження прийому, якщо таке повідомлення не отримано, передавач повторить передачу блоку.

Рисунок 1.3 ілюструє передачу сигналів між передавачем та приймачем, використовуючи АЗП.

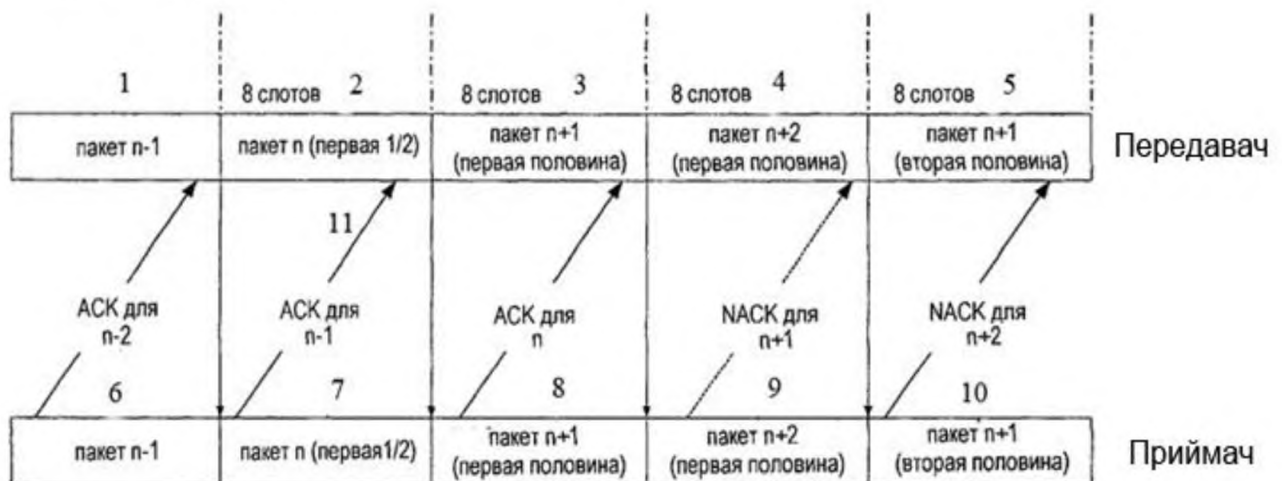


Рисунок 1.3 - Схема передачі сигналів між передавачем та приймачем при використанні АЗП

Передавач відправляє перший набір 8-і слотів пакету n. Перший набір слотів пакету n прийнятий приймачем. негайно після першого набору слотів пакету n (8слотов), відправленого передавачем, перший набір слотів пакету n+1 надсилається передавачем, і перший набір слотів пакету n+1 приймається приймачем.

Також, на рисунку 1.3 показано, що перший набір слотів пакету $n-1$ відправлений передавачем до відправлення першого набору слотів пакету n , також показано, що перший набір слотів пакету $n-1$ приймається приймачем.

Перед посилкою наступного набору слотів передавач приймає сигнал підтвердження прийому АСК або NACK від приймача, який вказує, чи був перший набір слотів (7) пакета n успішно декодований чи ні. Сигнал підтвердження прийому повідомляє передавачу про те, чи посилати повторно дані, наприклад посилати другий набір слотів пакету n , що містить надлишкові дані, або посилати нові дані, наприклад перший набір слотів пакету $n+2$.

У цьому прикладі приймач посилає АСК (11), щоб вказати, що перший набір слотів (7) пакета n був успішно декодований. Передавач приймає АСК, вказуючи, що перший набір слотів (4) пакета $n+2$ може бути переданий передавачем. Приймач приймає перший набір слотів (9) пакета $n+2$.

Перед посилкою наступного набору слотів (5) Передавач приймає сигнал підтвердження прийому АСК або NACK від приймача, який вказує, чи був перший набір слотів (8) пакета $n+1$ успішно декодований чи ні. У цьому прикладі приймач посилає NACK. Грунтуючись на прийомі NACK, передавач повторно передає дані, відправляючи другий набір слотів (5) пакета $n+1$, що містить надлишкові дані. Приймач приймає другий набір слотів (10) пакета $n+1$. Приймач може об'єднати дані, що містяться в першому наборі слотів (8) пакета $n+1$ з надлишковими даними, що містяться у другому наборі слотів (10) пакета $n+1$, і спробувати декодувати дані, що містяться в об'єднаних наборах слотів. З додаванням надлишкових даних збільшена ймовірність успішного декодування даних.

1.6 Гібридний автоматичний запит на повтор передачі (ГАЗП)

У режимі ГАЗП є можливість не тільки виявляти помилки, але також дають певну можливість виправляти їх. Після прийому кодів декодер приймача спочатку виявляє помилки: якщо помилки знаходяться в межах можливості виправляти їх,

то вони виправляються автоматично; якщо є занадто багато помилок, число яких перевищує можливості кодів виправляти їх, але ці помилки можуть бути виявлені, то приймач передає сигнал рішення на передавач по каналу зворотного зв'язку, щоб запросити передавач повторно передати інформацію.

В системі OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, ортогональное частотне ущільнення), як і в простому автоматичному запиті на повтор використовується керуюча сигнальна інформація ACK/NACK (прийнято/не прийнято) для вказівки, чи прийнята передана інформація правильно чи помилково, таким чином визначаючи, чи повинна ця інформація передаватися повторно.

Одне повідомлення ACK/NACK відповідає 1-бітовій первинній інформації, і потім 1-бітова первинна інформація повторно кодується 3 рази і далі йде A -кратне розширення спектру, після якого довжина повідомлення стає рівною m бітів, де $m = 3 \times k$; після модуляції BPSK (Binary Phase Shift Keying, двійкова фазова маніпуляція) m бітів відповідно відображаються на 3 групи ресурсів, кожна з яких містить 4 фізичні піднесучі. Якщо циклічний префікс є стандартним циклічним префіксом, то $k=4$; якщо циклічний префікс є розширеним циклічним префіксом, то $k=2$, і в цьому випадку два канали РНІСН (фізичний індикаторний канал гібридного автоматичного запиту повторної передачі) можуть бути відображені на три одні й ті ж групи ресурсів для частотного поділу каналів. Тим часом два канали РНІСН можуть бути мультиплексовані на одній і тій же фізичній піднесучій за допомогою синфазного тракту I і квадратурного тракту Q . Взагалі, що стосується стандартного циклічного префікса і розширеного циклічного префікса, розподіл ресурсів каналів РНІСН повинен виконуватися за допомогою поділу безлічі каналів РНІСН на кілька груп згідно з коефіцієнтом розширення спектру k і специфікації на число фізичних піднесучих, включених в кожену групу ресурсів, при цьому кожна група каналів РНІСН містить безліч ортогональних кодів згідно з відповідними двома ортогональними трактами I і Q і специфікації на коефіцієнт розширення спектра.

Отже, відношення відображення між каналом РНІСН і групою РНІСН, ортогональними кодами і трактом I /Q має бути визначено як для стандартного циклічного префікса, так і для розширеного циклічного префікса для того, щоб забезпечити розподіл ресурсів каналу РНІСН. Це дозволяє реалізувати функцію ГАЗП на практиці, але одночасно вимагає забезпечення мінімуму перешкод між користувачами і високого ступеня використання ресурсів системи для підвищення продуктивності системи. Проте в даний час не існує кращого рішення вищевказаної задачі.

Існуючі рішення, подібні вищезгаданим механізмам АЗП/ГАЗП, пов'язані з низкою проблем. АЗП/ГАЗП намагається підтримати якість передачі, але не може гарантувати успішність передачі. Навіть при максимальній кількості повторних передач блок може бути не прийнятий правильно в поганому середовищі передачі. Більша межа максимальної кількості повторних передач збільшить надійність передачі, але буде потрібен буфер більшого розміру і це призведе до більшої затримки і передачі.

Для досягнення більш високої ефективності передачі був проведений ряд досліджень планування ГАЗП/Адаптивної Модуляції і Кодування (АМК), заснованого на прогнозуванні каналу. Головною проблемою механізму ГАЗП/АМК є адаптація або протидія зміні бездротового каналу, і звичайним заходом є використання необхідного середнього співвідношення сигнал/шум в якості показника. ГАЗП/АМК вимагає вичерпного моделювання всіх можливих змін каналу, що є важкою задачею.

Відповідно управління ресурсами під час передачі в звичайних системах зв'язку не задовільне, і існує необхідність у наявності вдосконаленого механізму розподілу ресурсів.

Завдання полягає в тому, щоб поліпшити управління ресурсами в бездротових мережах зв'язку. А більш конкретно підвищити надійність і ефективність передачі, а так само зменшення розтрати ресурсів у мережах. Ще

одна мета - це удосконалення механізму розподілу ресурсів для використання з технологіями АЗП/ГАЗП.

1.7 Метод і пристрій для адаптації з'єднання при пакетній передачі даних

Базова станція отримує блоки даних для передачі по прямому каналу на мобільну станцію. Потім базова станція передає запит на мобільну станцію на вимірювання якості прямого каналу, наприклад відношення сигнал-шум в прийнятому сигналі. При цьому запит передається тільки на ті мобільні станції, які очікують отримання даних. Мобільна станція здійснює вимірювання якості прямого каналу і передає результати вимірювання на базову станцію. Далі базова станція приймає відповідь з результатами вимірів і визначає ті мобільні станції, умови прийому у яких краще. Після цього здійснюється призначення виду кодування і модуляції, а також тимчасового слота для передачі на мобільні станції. Наприклад, спочатку здійснюється передача даних для мобільної станції з найкращими умовами прийому, потім наступної за умовами прийому, тощо.

Базова станція передає на відповідні мобільні станції повідомлення, що містять вид кодування і модуляції і виділені тимчасові слоти.

Мобільна станція приймає повідомлення з видом кодування і модуляції і виділеними тимчасовими слотами і готується до прийому даних у відповідності з прийнятим повідомленням.

Описаний спосіб володіє наступними основними недоліками:

По-перше, не враховується обсяг даних, які треба передати на мобільні станції, і те, які перешкоди при передачі створюються сусіднім сотам системи.

По-друге, не передбачена регулювання потужності при зміні виду кодування і модуляції.

1.8 Спосіб і система для адаптації потужності в системах з адаптацією модуляції і кодування

Тут розглядається система зв'язку, що включає як мінімум один передавач, наприклад базову станцію, і N приймачів, наприклад мобільних станцій. У системі є можливість вимірювати на приймачах якість зв'язку, наприклад, як і в вищезазначеному методі, відношення сигнал-шум і передавати результат вимірювання на передавач. У системі також є можливість міняти при передачі потужність і вид кодування і модуляції з урахуванням наявних обмежень на підтримуваний діапазон потужності випромінювання і на підтримуваний набір видів кодування і модуляції.

Передавач, знаючи потужність передачі, результат вимірювання якості зв'язку та необхідну якість зв'язку, визначає необхідну потужність передачі, при якій досягається необхідна якість зв'язку. Передавач призначає отриману потужність передачі з урахуванням обмежень на підтримуваний діапазон регулювання потужності. Після цього передавач призначає швидкість передачі відповідно до призначеної потужності передачі і відповідним їй якістю зв'язку. Вибір необхідної якості зв'язку здійснюється відповідно з одним системним критерієм або відповідно з комбінацією декількох системних критеріїв.

В якості можливих системних критеріїв можуть виступати:

- 1) однакова якість зв'язку (і однакова швидкість передачі) для всіх мобільних станцій системи;
- 2) максимізація кількості мобільних станцій з ненульовою швидкістю передачі даних;
- 3) однакова швидкість передачі даних при максимізації ємності системи зв'язку;
- 4) мінімізація різниці між якістю зв'язку користувачів;
- 5) максимізація або мінімізація кількості користувачів з максимальною швидкістю передачі даних;
- 6) максимізація ємності системи;
- 7) зменшення перешкод.

Основним недоліком даного технічного рішення є те, що він не враховує кількості даних, які треба передати конкретним мобільним станціям, і не передбачає адаптивного розподілу частотно-часового ресурсу між мобільними станціями і між прямим і зворотним каналами (в разі тимчасового дуплексу).

Без цього оптимізація зазначених вище системних критеріїв може бути неможлива. Зокрема, можливі ситуації, коли тій же пропускної здатності стільники можна домогтися на нижчій потужності передачі. Тоді створюються необґрунтовані перешкоди іншим сотам, і ємність системи в цілому буде нижче практично досяжною.

1.9 Постановка задачі

Виходячи з невирішених проблем і недоліків вищеописаних систем, нам необхідно поліпшити управління ресурсами в бездротових мережах, для забезпечення підвищення якості обслуговування абонентів.

Для цього необхідно:

- 1) підвищити надійність і ефективність передачі в бездротових мережах передачі даних;
- 2) удосконалити процес розподілу ресурсів для використання з АЗП/ГАЗП;
- 3) поліпшити методи оцінки стану каналу зв'язку.

1.10 Висновок

В даному розділі були розглянуті принципи побудови стільникової мережі рухомого зв'язку. Питання керування потужності передавача і розподілу каналів. Вивчено існуючі методи розподілу ресурсів засновані на адаптації передавача, приймача і каналу зв'язку. Вивчено методи забезпечення якості передачі даних, таких як автоматичний запит на повтор (АЗП) і гібридний автоматичний запит на повтор (ГАЗП), методи і пристрої для адаптації з'єднання, управління потужністю, визначення типу модуляції та кодування, і їх недоліки.

2 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розподіл ресурсів та адаптація з'єднання на основі індикаторів якості

Для вирішення поставлених завдань, скористаємося поняттям взаємна інформація ВІ. Засновані на ВІ індикатори якості попередньої передачі, прогнозування каналу подальшої передачі і, вибірково, один або більше додаткових вимог якості використовуються для визначення кількості та типу ресурсів, наприклад ресурсів часу, частоти і потужності, які необхідно використовувати для подальшої передачі. Розподіл ресурсів переважно містить розподіл потужності та/або адаптацію з'єднання. Остання може, наприклад, включати адаптивний вибір режиму модуляції, швидкості кодування та/або швидкості вихідних даних на підставі станів каналу. Вона також включає розподіл каналу між безліччю користувачів.

2.2 Взаємна інформація на символному рівні

Отримана декодером, інформація з джерела переноситься програмними виходами демодулятора. Значення інформації з теорії інформації являє собою так звану взаємну інформацію (ВІ) між входом і виходом каналу, тобто між вихідним бітом кодера і вхідним програмним бітом декодера. Теорема кодування каналу свідчить, що ідеальний кодек (тобто система кодера/декодера) здатний надійно передавати на швидкості кодування рівній взаємної інформації каналу. Міра інформації на підставі пропускну здатності каналу може бути виражена як значення модульованої взаємної інформації (ВІ) на символному рівні (формула 2.1). При γ_j , представляє відношення сигнал/шум (ВСП) на момент, тобто:

$$\gamma_j = (E_s / N_0)_j. \quad (2.1)$$

Модульована символна інформація виражається рівнянням 2.2.

$$I(\gamma_j) = E_{XY} \left(\log_2 \frac{P(Y|X, \gamma_j)}{\sum_x P(X)P(Y|X, \gamma_j)} \right) =$$

$$= E_X \left(\int_{Y_R=-\infty}^{\infty} \int_{Y_I=-\infty}^{\infty} P(Y|X, \gamma_j) \cdot \log_2 \frac{P(Y|X, \gamma_j)}{\sum_X P(X)P(Y|X, \gamma_j)} dY_I dY_R \right), \quad (2.2)$$

де $I(\gamma_j)$ - модульована символна інформація;

X - модульований символ, що належить до визначеної групи модуляції;

Y - прийнятий символ, який дорівнює $(Y_R + i \cdot Y_I) \in C$, де C - набір комплексних чисел.

Тут $P(X)$ є вірогідністю X . $P(Y|X, \gamma_j)$, тобто функцією щільності розподілу ймовірності від Y обумовленої символом X передачі і параметризованим станом γ_j каналу.

Також існують апроксимації символної інформації, які іноді можуть бути використані замість формули 2.2. Наприклад, на підставі об'єднаної межі Чернова (Chernoff) для кодової передачі вираз експоненціального відображення ефективного ВСШ (ЕВЕ ВСШ) для модуляції M -символу має наступний вигляд (формула 2.3):

$$I_{\text{ЕВЕ ВСШ}}(\gamma_i) = (1 - e^{-\gamma_i/\gamma_m}) \cdot \log_2 M, \quad (2.3)$$

де γ_m - коригуючий модуляцію множник для заданої групи.

Інші апроксимовані вираження взаємної інформації можуть, наприклад, бути засновані на частоті відсічення двійковій фазовій маніпуляції (ДФМ), формула 2.4:

$$I_{\text{ДФМ}}(\gamma_i) = (1 - \log_2(1 + e^{-\gamma_i/2})) \cdot \log_2 M, \quad (2.4)$$

або на підставі єдиної теорії інформації Шенона, тобто реальних Гаусових вводах адитивного білого Гаусового шуму (АБГШ), формула 2.5:

$$I_{\text{Гаусс}}(\gamma_i) = \frac{1}{2} \log_2(1 + \gamma_i). \quad (2.5)$$

Також можуть бути інші апроксимірованими вирази, такі як формула 2.6:

$$I_a(\gamma_i) = (1 - e^{-\gamma_i/\alpha})^\beta \log_2 M, \quad (2.6)$$

де (α, β) це експонента компенсації модуляції для заданої групи. При гарному тренуванні ця формула дає дуже хороший збіг.

2.3 Взаємна інформація на рівні блоку

На блоці (N, K) кодування, де K позначає кількість бітів інформації і N позначає кількість кодованих бітів в одному блоці кодування, який відповідає J модульованим символам, пропускна здатність каналу є накопиченням символної інформації в блоці. Приймаючи, що прийнятий кодований блок піддається безлічі станів $\{\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_j\}$ каналів, взаємна інформація визначається на різних рівнях як такі індикатори якості:

Інформація прийнятого кодованого блоку (ІПБ) розраховується за формулою 2.7:

$$\text{ІПБ}(\{\gamma_j, j = 1 \sim J\}) = \sum_{j=1}^J I(\gamma_j). \quad (2.7)$$

Для модуляції по порядку M , $I(\gamma_j) \leq \log_2 M = N/J$, виходячи з цього $\text{ІПБ}(\gamma_j) \leq N$, формула 2.8.

$$\text{ІПБ} = \sum_{m=1}^M \text{ІПІ}_m, \quad (2.8)$$

де ІПБ – інформація прийнятого блоку;

ІПІ – інформація прийнятого інтервалу розраховується за формулою 2.9:

$$\text{ІПІ} = \sum_{s=1}^S SI_s, \quad (2.9)$$

де SI – кількість символів в одному інтервалі (символьна інформація).

ІПБ – загальна інформація прийнятих кодованих (сирих) бітів до декодування.

Частота інформації прийнятого кодованого блоку (ЧПБ), тобто нормалізована ІПБ розраховується за формулою 2.10:

$$\text{ЧПБ}(\{\gamma_j, 1 \propto J\}) = \text{ІПБ}(\{\gamma_j\})/N \leq 1. \quad (2.10)$$

Частота блоків з помилками (ЧБЗП), тобто відношення кількості блоків з помилками до загальної кількості переданих блоків.

Інформація кадру (ІК) можна знайти по формулі 2.11:

$$\text{ІК}(\{\gamma_j, 1 \propto J\}) = (1 - \text{ЧБЗП}) \cdot K, \quad (2.11)$$

де ІК – це інформація прийнятого декодованого біта в одному блоці кодування. Вона може інтерпретуватися як квантована пропускна здатність, тобто кількість правильно прийнятих бітів на блок кодування.

Частота блоків без помилок (ЧББП), тобто нормалізована інформація кадру розраховується за формулою 2.12:

$$\text{ЧББП}(\{\gamma_j, 1 \propto J\}) = 1 - \text{ЧБЗП}. \quad (2.12)$$

Пропускна здатність (ПС), формула 2.13:

$$\text{ПС}(\{\gamma_j, 1 \propto J\}) = \text{ЧББП}(\{\gamma_j\}) \cdot R_{\text{битинф}} = \text{ІК}(\{\gamma_j\})/T_{\text{блоккод}}, \quad (2.13)$$

де $R_{\text{битинф}}$ – швидкість передачі бітів інформації;

$T_{\text{блоккод}}$ – період одного блоку кодування.

Засновані на взаємній інформації індикатори якості, такі як ІПБ, ЧПБ, ІК і ЧББП, представляють якість обслуговування і можуть бути використані для вираження вимог/обмежень передачі, наприклад, $\text{ІК}_{\text{ціль}}$ або $\text{ІПБ}_{\text{ціль}}$. Шляхом порівняння цільової величини з відповідними вимірними значеннями, наприклад, $\text{ІК}_{\text{виміряне}}$ або $\text{ІПБ}_{\text{виміряне}}$, може бути визначено, чи виконується вимога. Індикатори, засновані на взаємній інформації, не залежать від зростання та змін каналу, що робить їх більш зручними, ніж звичайні параметри якості обслуговування, для використання при розподілі ресурсів.

2.4 Модель модуляції за допомогою взаємної інформації

Модель 2 модуляції на рисунку 2.1 має справу з взаємною інформацією на символному рівні для різних груп модуляції.

Відповідно до теорії інформації Шенона пропускна здатність каналу для каналу з адитивними Білим Гаусовим Шумом без обмеження смуги пропускання виражається формулою 2.14:

$$C = \log_2 \left(1 + \frac{E_s}{N_0} \right) [\text{біт/символ}]. \quad (2.14)$$

При цифровій модуляції взаємна символна інформація позначає пропускну здатність каналу з дискретним входом і безперервним виходом. Пропускна здатність групи по порядку M не може бути вище, ніж $\log_2 M$, але вона може бути досить близька до пропускну здатності Шенона на дуже низьких значеннях ВСШ у разі відмінного знання γ_j . В додаток при заданому стані γ_j каналу, символна інформація більше для модуляції вищого порядку в разі відмінного знання каналу. Однак очікується, що у разі незадовільної оцінки каналу зміст інформації буде обмежено оцінкою γ_j .

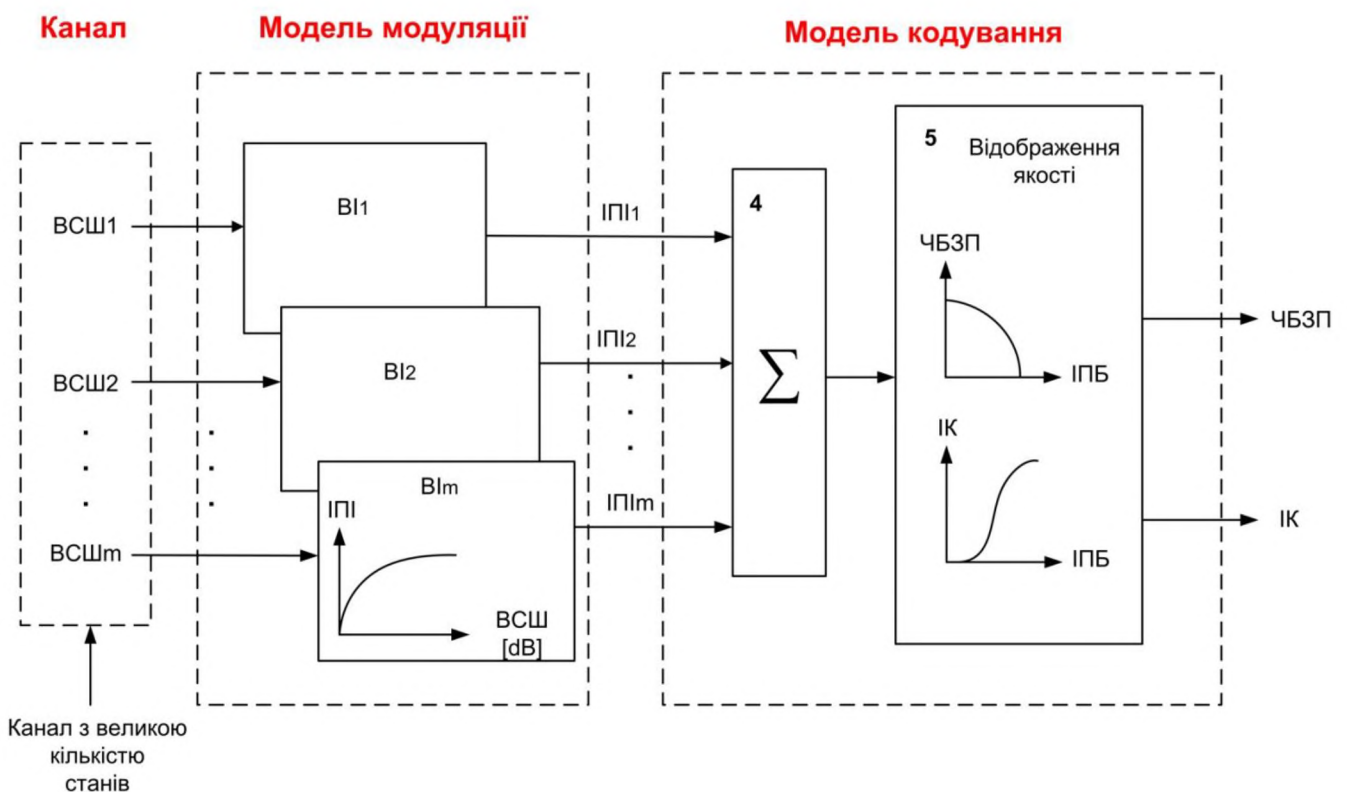


Рисунок 2.1 – Схема моделі обчислення індикаторів якості

2.5 Модель кодування за допомогою взаємної інформації

Як показано на рисунку 2.1, модель 3 кодування для каналу з безліччю станів включає функцію для комбінування 4 і відображення якості символної інформації 5. Модель якості для каналу з безліччю станів (рисунок. 2.1) може, наприклад, бути реалізована за допомогою довідкових таблиць і включати наступні кроки:

1) для набору програмних виходів демодулятора з безліччю станів $\{\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_j\}$ каналу $(CI_1, CI_2, \dots, CI_j)$ обчислюються шляхом перевірки довідкової таблиці взаємної інформації для конкретної групи, як описано шляхом запропонованої моделі модуляції.

2) вибрати довідкові таблиці для кодека. Таблиці генеруються на підставі результатів моделювання адитивного білого Гаусового шуму, які не повинні залежати від режиму модуляції. Наприклад, можуть бути обрані довідкові таблиці переведення ІПБ в ІК або ЧПБ в ЧБЗП.

3) зібрати ІПБ або ЧПБ за допомогою формули 2.7 або 2.10. Ця функція на рисунку. 2.1 виконується у вузлі 4. Щоб моделювати характеристику кодека у разі неоптимального алгоритму кодування, необхідна модифікація у формулі 2.7 шляхом внесення коригування для ІПБ у формі коригуючого ІПБ множника $ІПБ_{код}$, в такій формі, формула 2.15:

$$ІПБ(\{\gamma_j, j = 1 \sim J\}) = \sum_{j=1}^J I(\gamma_j). \quad (2.15)$$

Другий спосіб коригування показаний у формулі 2.16:

$$ІПБ(\{\gamma_j, j = 1 \sim J\}) = \sum_{j=1}^J I(\gamma_j / \gamma_{код}), \quad (2.16)$$

де $\gamma_{код}$ - коригувальний множник в області ВСШ.

4) отримати індикатори якості шляхом перевірки довідкових таблиць АБШ.

Ця функція на рисунку.2.1 представлена у вузлі відображення якості.

Подання параметра, заснованого на взаємній інформації на рівні блоку, такого як ІПБ (або ЧПБ), в інтерфейсі з'єднання-система надає можливість роздільних моделей модуляції і кодування відповідно. А інтерфейс між моделлю модуляції і моделлю кодування є лінійним. Функціональна особливість лінійного інтерфейсу надає можливість порівняно простого доступу до оцінок різних індикаторів якості, заснованих на вимірах інформації з'єднання.

Запропонована модель якості має перевагу, що полягає в тому, що вона більш точна, ніж відповідні інтерфейси з'єднання-система по попереднього рівня техніки.

2.6 Нова процедура розподілу ресурсів

У кваліфікаційній роботі пропонується використовувати насичений зворотний зв'язок вищеописаного типу, який несе інформацію стану каналу і вимоги інформації передачі, щоб досягти поліпшеної процедури розподілу ресурсів. Розподіл ресурсів переважно містить розподіл потужності (управління потужності) та/або адаптацію з'єднання. Головним чином засновані на ВІ індикатори якості попередньої (поточної) передачі, прогнозування каналу подальшої передачі («наступна спроба» у разі використання такої системи для поліпшення повторних передач) і зазвичай також один або більше вимог якості використовуються для визначення кількості ресурсів, включаючи ресурси часу, частоти і потужності, які необхідно використовувати для подальшої передачі («другої спроби»).

Таким чином, представлена в кваліфікаційній роботі система представляє нові міри якості в розподілі ресурсів, коли як, розподіл ресурсів за відомим рівнем техніки засновано на звичайних вимірах, наприклад ВСШ або ЧБЗП. Як буде наочно надалі, нові засновані на ВІ індикатори пов'язані з деякими переважними функціональними особливостями, що надають можливість більш надійної та ефективної пакетної передачі через канал зв'язку.

Розподіл ресурсів відноситься до розподілу/призначення/установлення/управління ресурсами, такими як ресурси потужності або ресурси, що визначають

з'єднання (наприклад, відносяться до частоти або часу), на канал зв'язку. Розподіл ресурсів, що визначає з'єднання включає, наприклад, адаптивний вибір режиму модуляції, швидкості кодування та/або швидкості вихідних даних на підставі станів каналу. Воно також включає розподіл каналу в області частоти, в області часу, області простору та/або області коду. На розподіл визначальних з'єднання ресурсів далі, будуть посилення як на адаптацію з'єднання.

Рисунок 2.2 ілюструє частину системи зв'язку, в якій може використовуватися дана система розподілу ресурсів. Проілюстрована б. 44 станція, що зв'язуються з мобільними вузлами (устаткування користувача, мобільні станції тощо) через відповідні сполуки зв'язку.

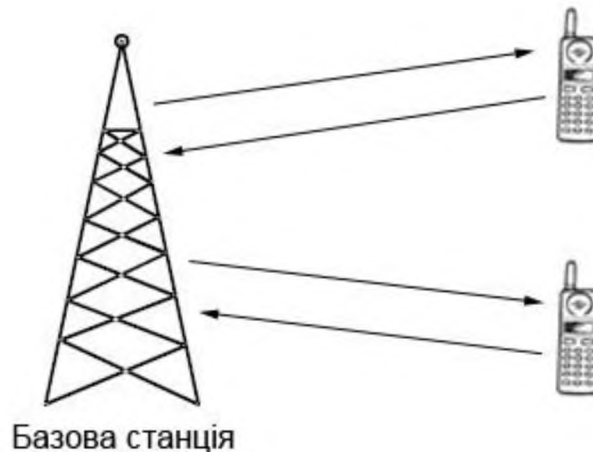


Рисунок 2.2 - Частина системи зв'язку в якій може бути використана вищезазначена система розподілу ресурсів

Така система особливо корисна для (хоча і не обмежена цим) пакетного зв'язку через бездротові з'єднання і призначене для ситуацій, де передавач передає або намагається передати сигнал до приймача через канал зв'язку. Приймач проводить моніторинг з'єднання, і на підставі вимірної інформації з'єднання визначає, як розподілити ресурси на з'єднання. Загалом, і базова станція, і мобільні станції є прийомо-передавачами, які мають як приймальну, так і передавальну функцію.

На рисунку 2.3 наведена блок-схема алгоритму способу для розподілу ресурсів. На першому етапі сигнал передається з передавача до приймача через

канал зв'язку. Поточне значення індикатора якості/вимірювання з'єднання (наприклад, ІК, ІПБ) для сигналу визначається на підставі взаємозв'язку/формули взаємної інформації (етап 2). Для цієї мети може бути використана модель якості, заснована на інформації, яка спрощує вибір режиму модуляції і адаптацію швидкості кодування шляхом надання можливості виконання вибору режиму модуляції та адаптації швидкості кодування окремо. Індикатор якості є параметром, (безпосередньо чи опосередковано) представляють взаємну інформацію сигналу на рівні блоку. Він, наприклад, може представляти загальну кодовану бітову інформацію прийнятого блоку, таку як ІПБ або ЧІПБ, або представляти загальну декодовану бітову інформацію прийнятого блоку, таку як ІК або ЧББП. Інформація з'єднання (наприклад, ВСШ) сигналу, виміряна в приймачі, переважно використовується як введення на етапі визначення індикатора якості.



Рисунок 2.3 - Блок-схема алгоритму розподілу ресурсів

Етап визначення індикатора якості переважно містить моделювання параметрів взаємної інформації на символному рівні, використовуючи модель модуляції з поданням відношення сигнал/шум в якості введення і комбінування параметрів взаємної інформації у взаємну інформацію на рівні блоку. Ця кодована взаємна інформація на рівні блоку може бути перетворена в декодований індикатор якості на рівні блоку, використовуючи модель кодування, незалежну від згаданої моделі модуляції. Наприклад, етап 2 може включати відображення ВСШ прийнятого символу модуляції в символну інформацію (СІ); значення СІ в інформацію прийнятого блоку (ІПБ); і значення ІПБ в частоту блоків з помилками (ЧБЗП) та/або інформацію кадру (ІК).

Також посилаючись на рисунку 2.3, на етапі 4 приймається рішення, як повинні бути розподілені ресурси на канал зв'язку у відповідь на поточне значення індикатора якості. Індикатор якості, як правило, вводиться в функцію розподілу ресурсів, і ресурси тоді розподіляються на підставі результату функції. Як правило, розподіл ресурсів іде після порівняння поточного значення індикатора якості і його цільового значення (крок 3).

Таким чином, розподіл ресурсів може бути виконано за допомогою параметра розподілу ресурсів, такого як потужність або швидкість кодування. Виконання фактичного розподілу ресурсів, як правило, включає установку одного або більше зазначених нижче параметрів в передавачі:

- 1) смуга пропускання передачі та її спектральне положення;
- 2) тривалість передачі;
- 3) потужність передачі;
- 4) формати пакета або субпакета у сесії гібридного автоматичного запиту на повтор (ГАЗП);
- 5) кількість повторних передач у сесії ГАЗП.

Коли розподіл ресурсів використовується для визначення смуги пропускання передачі та її спектрального положення, він, наприклад містить встановлення стану і кількість переданих субнесучих в системі з безліччю несучих та/або кількість каналів коду в мультиплексованих системах з поділом

коду. Коли розподіл ресурсів використовується для визначення тривалості передачі, він, наприклад, містить встановлення моменту часу передачі пакета чи субпакета у сесії ГАЗП і тривалості переданого пакета або субпакета в системі ГАЗП. Коли розподіл ресурсів використовується для визначення форматів пакета або безлічі субпакетів у сесії ГАЗП, він, наприклад, містить вибір одного або більше з таких параметрів: порядок модуляції, швидкість прямої корекції помилок (ПКП), тип коду ПКП і тип комбінування ГАЗП.

За допомогою поліпшеної системи розподілу ресурсів часто представляється можливим використовувати єдину довідкову таблицю для конкретної схеми кодування, яка не залежить від режиму модуляції. Це призводить до простого виконання функції розподілу ресурсів.

Слід зазначити, що рішення розподілу ресурсів іноді може мати на увазі, що передача не повинна мати місце, тобто на з'єднання не розподіляються ніякі ресурси. Це, як правило, регулюється за допомогою тривалості передачі; якщо поточний стан каналу або його стан в найближчому майбутньому такий поганий, що (повторна) передача оцінюється як даремна, передача може бути призупинена і відновлена пізніше.

Що стосується критеріїв якості обслуговування (ЯО), то, як правило, щонайменше, один критерій ЯО, безпосередньо відноситься до критерію індикатора якості (наприклад, $IPB_{\text{цель}}$ або $IK_{\text{цель}}$), повинен бути включений при визначенні розподілу ресурсів. Це, як правило, випадок з критерієм частоти блоків з помилками чи критерієм пропускної здатності на з'єднання. Однак також можуть бути присутніми опціональні критерії, такі як ЧБЗП, затримка передачі пакета, флуктуації часу затримки або залишкова частота блоків з помилками (ЧБЗП), які можуть бути використані для визначення пріоритету обслуговування індивідуальних користувачів. У кожному разі, коли, щонайменше, один критерій ЯО використовує індикатор якості, подібний IPB або IK , винахід підвищує точність функції розподілу ресурсів.

Даний винахід призводить до ряду переваг. Воно може підвищити надійність передачі шляхом розподілу ресурсів на підставі станів каналу і вимог

якості. Більш того, у випадку збою передачі запропонований розподіл ресурсів підвищить ймовірність вдалою повторної передачі. Це означає, що не буде також багато повторних передач, як при звичайній технології, тобто затримка передачі, що викликається неправильної передачею, зменшується.

Крім того, за допомогою винаходу може бути підвищена ефективність передачі. Адаптація з'єднання і керування потужності, засновані на взаємній інформації, надають можливість розподілу відповідних ресурсів для повторної передачі, і відповідно даремна розтрата ресурсів може бути зменшена. Ресурс розподіляється в кількості трохи більшому, ніж достатньо для підтримки вимоги якості. Навіть незважаючи на те, що для забезпечення стійкості проти змін каналу і помилок оцінок вимагається поріг розподілу ресурсів, даремна розтрата ресурсів буде менше, ніж, наприклад, при звичайних системах АЗП/ГАЗП, які підтримують такі ж якість і затримку передачі.

Зокрема, шляхом управління потужності та/або адаптації з'єднання, заснованих на насиченому зворотному зв'язку, може бути досягнуто поліпшення механізмів передачі/повторної передачі, таких як АЗП/ГАЗП. Наприклад, за допомогою запропонованої адаптації з'єднання може бути наданий гнучкий вибір швидкості кодування, тобто можуть бути надані змінні розміри блоків повторної передачі, і відповідно ефективність передачі буде підвищена в порівнянні з, наприклад, існуючою системою ГАЗП/АМК (звичайний АЗП/ГАЗП з зворотним зв'язком може надати тільки конкретні типи швидкостей кодування. Отже, іноді неможливо уникнути розтрата певної кількості ресурсів, навіть з плануванням АМК).

Можуть бути варіанти, в яких розподіл ресурсів включає або розподіл потужності, або адаптацію з'єднання. Однак система також надає можливість здійснення особливого кращого варіанту з спільним розподілом потужності і адаптацією з'єднання. За допомогою вищеописаної моделі якості, заснованої на інформації, адаптація з'єднання і розподіл потужності можуть бути виконані одночасно на підставі одного і того ж вимірювання (тобто заснованого на взаємній інформації індикатора якості) для досягнення вимоги ЯО з більшою

точністю. Подібний спільний розподіл потужності і адаптація з'єднання розроблені спільно, враховуючи загальні системні ресурси. Як правило, у випадку обмежених ресурсів каналу буде використано більш гнучкий розподіл потужності, і у випадку суворого обмеження потужності передачі або 49 перешкод буде використана більш гнучка адаптація з'єднання. Було показано, що подібна "співпраця" перевершує звичайний незалежний розподіл потужності та адаптацію з'єднання.

Слід зазначити, що, незважаючи на те що за відомим рівнем техніки існують системи, які виконують і адаптацію з'єднання, і розподіл потужності, в цих системах адаптація з'єднання і розподіл потужності спроектовані незалежно і вони не працюють спільно. Наприклад, система WCDMA AMR має управління потужності по внутрішньому кільцю з урахуванням інтервалів, засноване на оцінці ВСШ на рівні інтервалів; управління потужності по зовнішньому кільцю з урахуванням ЧП, засноване на ЧБЗП; та адаптацію з'єднання з урахуванням ЧП, засновану на оцінці ВСШ на рівні ЧП. Іншим прикладом є система Високошвидкісного спадного пакетного доступу (ВСПД), яка використовує адаптацію з'єднання з урахуванням ЧП згідно стану каналу і вимогу ЯО, разом з досить повільним управлінням потужності, яка не має на меті які-небудь вимоги ЯО.

Нові виміри і процедури відповідно дуже корисні при адаптації з'єднання і розподілі потужності для заданого користувача. Як згадано, вони також корисні для розподілу або планування каналу там, де ресурси каналу використовуються серед різних користувачів. Інакше кажучи вираз «з'єднання зв'язку» може позначати як субз'єднання в групі субз'єднань, що утворює з'єднання/канали до певного користувача, так і до відповідних сполукам/каналам, пов'язаних з відповідними користувачами. В області частоти розподіл каналу відноситься до розподілу несучих (множинний доступ з поділом частот (FDMA)) або субнесучих сигналів (мультиплексування з ортогональним частотним поділом сигналів (OFDM/OFDMA)). В області часу воно відноситься до розподілу інтервалів часу

(множинний доступ з тимчасовим поділом каналів (TDMA)). Подібно в області простору розподіл каналу відноситься до розподілу ліній антени (наприклад, система з багатьма входами і багатьма виходами (MIMO)), тоді як в області коду воно відноситься до розподілу поділюваних кодів (множинний доступ з кодовим поділом каналів (CDMA)).

Звичайні рішення ГАЗП/АМК як показника в задачі протидії зміні бездротового каналу, як правило, використовують необхідну середнє значення ВСШ. Звичайний спосіб покладається на середнє відношення ВСШ-ЧБЗП. Якщо поточна передача не досягає бажаної ЧБЗП, стратегія полягає в повторній передачі з таким рівнем потужності або з такою іншою модуляцією або форматом кодування, що загальне прийняте ВСШ буде достатнім для бажаної ЧБЗП. Однак середня характеристика ВСШ-ЧБЗП залежить від швидкості і способу зміни каналу. Різні швидкості і образи зміни каналу призводять до різних кривих середнього відношення ВСШ-ЧБЗП навіть при однаковій модуляції і кодуванні. ГАЗП/АМК вимагають вичерпного моделювання всіх можливих змін каналу, що є важкоздійснюваним завданням. Запропонована система долає ці труднощі шляхом подання характеристики вимірювання інформації (індикаторів якості, заснованих на ВІ), яка інтерпретує змінні значення ВСШ в уніфіковану кількість, яка незалежить від швидкості і способу зміни каналу.

На рисунку 2.4 - 2.6 показані структурні схеми, що ілюструють різні варіанти організації функції визначення індикатора якості у вузлах зв'язку. Всі проілюстровані механізми розподілу ресурсів представляють приймач з функцією моніторингу лінії і передавач з функцією виконання фактичного розподілу ресурсів.

У першому варіанті здійснення (рисунок 2.4) індикатор якості обчислюється в обчислювачі індикатора якості приймача. Приймач також містить засіб (не показано) для прийняття рішення про те, які ресурси мають бути розподілені на дане з'єднання. Команда управління розподілу ресурсу

надсилається з приймача в передавач, і передавальний блок розподіляє ресурси відповідно цій команді.

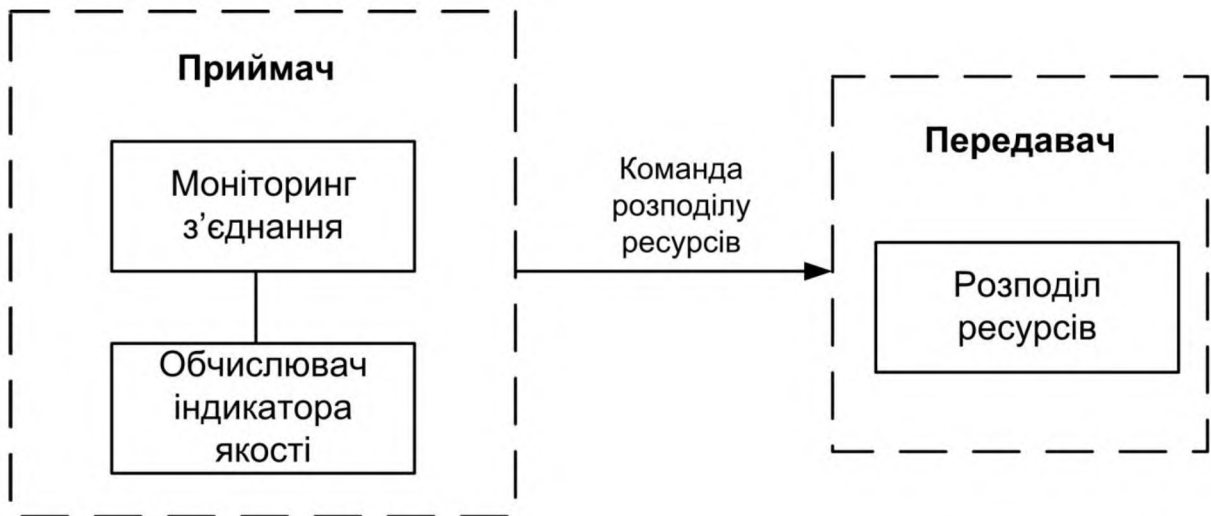


Рисунок 2.4 - структурна схема, що ілюструє механізм функції, яка обчислює індикатор якості (варіант 1)

У другому варіанті (рисунок 2.5) обчислювач індикатора якості розташований на стороні передавача. Приймач просто передає інформацію з'єднання для обчислення індикатора якості в передавач, після чого індикатор якості обчислюється в передавачі, який визначає і виконує розподіл ресурсів.

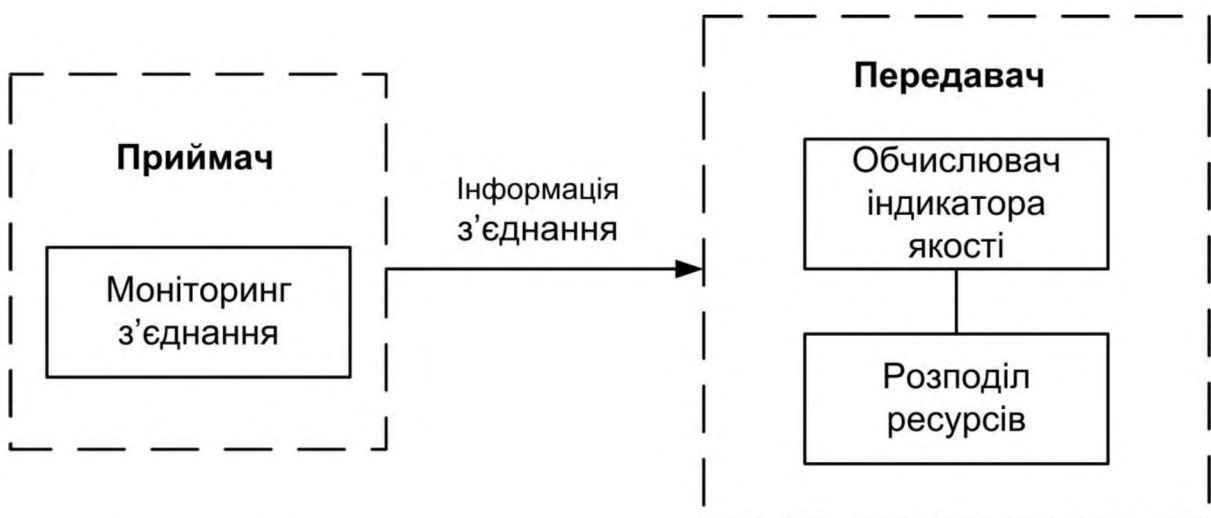


Рисунок 2.5 - структурна схема, що ілюструє механізм функції, яка обчислює індикатор якості (варіант 2)

Як проілюстровано на рисунку 2.6, також можуть бути варіанти, де індикатор(и) якості обчислюється(ються) у місці, яке не є ні приймачем, ні передавачем, наприклад в окремому вузлі управління вищого рівня. У цьому випадку інформація з'єднання для обчислення індикатора якості передається з приймача у зовнішній вузол управління.

Вузол управління обчислює індикатор якості і передає команду управління розподілу ресурсів в передавач. Функція розподілу ресурсів передавача тоді виконує розподіл ресурсів згідно команді управління.

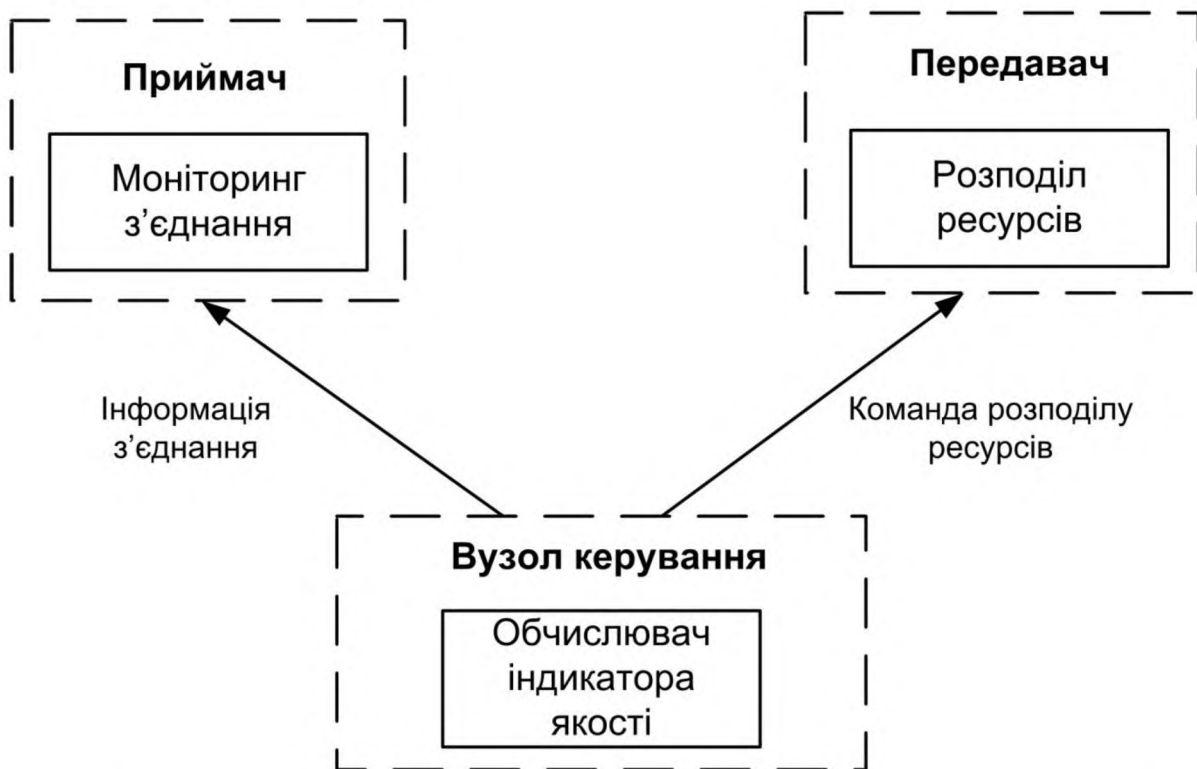


Рисунок 2.6 - структурна схема, що ілюструє механізм функції, яка обчислює індикатор якості (варіант 3)

Щоб уникнути плутанини, на рисунках 2.4 - 2.6 позначені тільки передавач і приймач на кожній стороні передачі. Безумовно, в нормальній ситуації кожен вузол містить і функцію прийому, і функцію передачі, тобто це вузол прийомопередавача.

2.7 Визначення індикатора якості

Як було згадано, запропонована система розподілу ресурсів має кілька корисних застосувань у зв'язці з повторними передачами АЗП/ГАЗП.

У ГАЗП частота джерела фіксована, тобто дорівнює постійної K , і процедура програмного комбінування залежить від того, яка схема комбінування ГАЗП використовується. При ГАЗП-ПК приймач завжди комбінує всю повторну передачу блоку з помилками; тобто кількість даних, які буферизує приймач, залишається незмінною. При ГАЗП-ІН приймач буферизує кодовані символи, які представляють нову інформацію до блоку, переданому першим; тобто кількість даних, які необхідно буферизувати, збільшується з подальшими повторними передачами.

Відповідно існують три типи схем АЗП/ГАЗП: звичайний АЗП (тип I);

ГАЗП з прямим комбінуванням (тип II); і ГАЗП з інкрементальною надмірністю (тип III). Розподіл ресурсів у різних типах може бути роз'яснено допомогою різних факторів, які регулюються/визначаються:

1) для типів I і II, тобто для звичайного АЗП і ГАЗП-ПК, оскільки швидкість кодування фіксована, $ЧБЗП_{ціль}$ і $ІК_{ціль}$ можуть бути перетворені в $ІПБ_{ціль}$. Отже, адаптація повторної передачі полягатиме в мінімізації витрати потужності шляхом регулювання потужності для досягнення $ІПБ_{ціль}$, тобто у розподілі потужності. Як правило, метою є визначення потужності, необхідної для досягнення прийнятого ВСШ, яке найбільш близько відповідає $ІПБ_{ціль}$, використовуючи ГАЗП-ПК;

2) для типу III, тобто ГАЗП-ІН, метою, як правило, буде мінімізувати зайняті ресурси каналу і досягти $ІК_{ціль}$, тобто адаптація швидкості кодування.

Швидкість кодування змінюється відповідно до кількості повторних передач і стратегій. Після кожної повторної передачі система ГАЗП-ІН буде відповідати конкретній схемі коду, $ІПБ_{ціль}$ якої може бути з легкістю отримана з $ІК_{ціль}$. Також є можливим комбінувати адаптацію швидкості кодування з розподілом потужності. Таким чином, метою може бути визначення швидкості

кодування, необхідної для досягнення прийнятої ПБ значення, яке найближче до $ПБ_{ціль}$, використовуючи ГАЗП-ІН.

У додавання для всіх випадків адаптація модуляції може бути виконана на підставі миттєвої якості каналу. Адаптація модуляції зазвичай є вибірковою, в тому сенсі, що виробники можуть вирішити не впроваджувати адаптацію модуляції.

Для блоку кодування з K біт інформації рівняння 2.17 надає інформацію кадру (ІК) для i -ої передачі наступним виразом:

$$ІК_i = (1 - ЧБЗП_i) \cdot K. \quad (2.17)$$

Відповідно до цільової ЧБЗП (чи іншої вимоги ЯО) вимоги ІК виводяться у рівнянні 2.18:

$$ІК_{ціль} = (1 - ЧБЗП_{ціль}) \cdot K. \quad (2.18)$$

Для конкретного режиму кодування існує виключна відповідність між ІК та ПБ кодованого (прийнятого) блоку. ПБ для 1-го прийнятого блоку позначена як ПБ. Відповідно можуть бути отримані цільові значення ПБ для різних режимів кодування.

На підставі вимірів інформації невдалих і раз прийомів різниця між метою інформації вдалого прийому може бути обчислена і спрямована назад у передавач в якості вимоги інформації для наступної повторної передачі. Для АЗП вимога інформації для спроби $i+1$ повторної передачі визначається формулою 2.19:

$$\Delta ІК_{АЗП, i+1} = ІК_{ціль}. \quad (2.19)$$

Для ГАЗП воно виражається як різниця інформації, яка розраховується по формулі 2.20:

$$\Delta ІК_{ГАЗП, i+1} = ІК_{цель} - \sum_{i=1}^i ІК_i. \quad (2.20)$$

Або в області ІПБ, формула 2.21:

$$\Delta \text{ИПБ}_{\text{ГАЗП},i+1} = \text{ИПБ}_{\text{цель}} - \sum_{i=1}^i \text{ИПБ}_i. \quad (2.21)$$

Більше того, для заданого режиму модуляції може бути побудована відповідність між Δ ІПБ і Δ ВСШ.

Зазвичай вираження ІК використовуються для вибору режиму кодування, тоді як вираження ІПБ використовуються для вибору режиму модуляції і управління потужності.

Далі будуть наведені приклади управління потужності, вибору режиму модуляції і вибору швидкості кодування для схем АЗП/ГАЗП.

2.8 Керування потужності і вибір режиму модуляції та кодування

При заданому режимі кодування вимога Δ ІК інформації кадру може бути обчислено. І для схеми АЗП, і для схеми ГАЗП-ІН вимога ІПБ для наступної спроби повторної передачі обчислюється по формулі 2.22:

$$\Delta \text{ИПБ}_{\text{АЗП/ГАЗП-ІН},i+1} = \text{КВИПБ}_{\text{код},i+1} (\text{ИК}_{\text{цель}}) - \sum_{i=1}^i \text{КВИПБ}_i (\text{ИК}_i). \quad (2.22)$$

З відповідною вимогою ВСШ, по формулі 2.23:

$$\Delta \text{ВСШ}_{\text{АЗП/ГАЗП-ІН},i+1} = \text{СІВВСШ}_{\text{мод},i+1} \left(\frac{\Delta \text{ИПБ}_{\text{АЗП/ГАЗП-ІН},i+1}}{\Delta N_{i+1}} \right), \quad (2.23)$$

де ΔN_{i+1} - кількість кодованих бітів в блоці кодування для майбутньої $i+1$ -ої повторної передачі, яке дорівнює N для АЗП і ГАЗП-ПК. Передану потужність $i+1$ -ої повторної передачі потрібно визначати за допомогою Δ ВСШ $_{i+1}$ та прогнозування каналу.

Для ГАЗП-ПК з комбінуванням з максимальним відношенням (КМВ) вимога ВСШ для наступної спроби повторної передачі визначається формулою 2.24:

$$\Delta \text{ВСШ}_{\text{ГАЗП-ПК,КМВ},i+1} = \text{СІВВСШ}_{\text{мод},i+1} \left(\frac{\text{ІПБ}_{\text{н\ddot{и}м\ddot{е}}}^i}{\Delta N_{i+1}} \right) - \text{СІВВСШ}_{\text{мод},i+1} \left(\frac{\sum_{i=1}^i \text{ІПБ}_i}{\Delta N_{i+1}} \right) \quad (2.24)$$

З відповідною вимогою ІПБ, формула 2.25:

$$\Delta \text{ІПБ}_{\text{ГАЗП-ПК,КМВ},i+1} = N_{i+1} + \text{ВСШВСІ}_{\text{мод},i+1} (\Delta \text{ВСШ}_{\text{ГАЗП-ПК,КМВ},i+1}). \quad (2.25)$$

Вимога ВСШ - це ефективна мета ВСШ для управління потужності в наступній спробі повторної передачі, тобто потужність повинна бути розподілена так, щоб досягти $\Delta \text{ІПБ}$ із заданим режимом модуляції.

Рисунок 2.7 містить графік, що представляє собою розподіл потужності для системи ГАЗП-ПК. Показана функція залежності потужності від ІПБ, та від ВСШ.

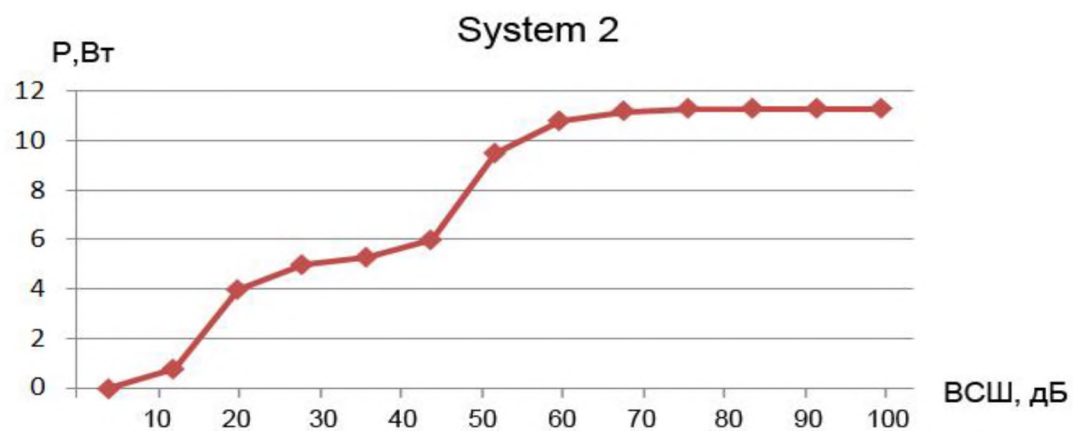
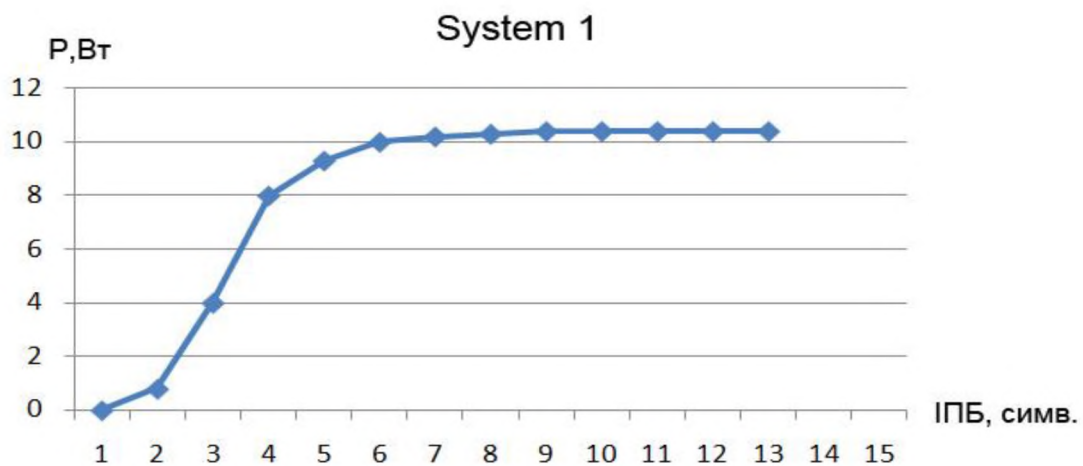


Рисунок 2.7 - Графік розподілу потужності для ГАЗП-ПК для звичайної, та запропонованої системи розподілу реурсів

В звичайній системі (System 2) розподіл потужності виконується за рахунок вимірювання відношення сигнал - шум. Графік ілюструє, що при низькому ВСШ звичайна система при наступній спробі передачі збільшує потужність на вільну величину. Якщо ж потрібний результат не досягнутий, система збільшує потужність ще більше, для підвищення відношення сигнал - шум. В той же час моделювання для запропонованої системи (System 1) ілюструє розподіл потужності, при використанні запропонованих в роботі індикаторів якості. Як видно з графіку система безпомилково обирає мінімально-необхідну потужність для підтримання якості передачі. В той же час видно, що для підтримання якості достатньо потужності передавача на рівні 10,4 Вт. А звичайна система при 2-й спробі використала 11,1 Вт. Тобто моделювання показало, що використовуючи запропоновану систему розподілу ресурсів можливо досягти економії потужності до 7%.

Що стосується режиму модуляції, для заданого ефективного цільового ВСШ, яке може бути обмежене порогом максимальної потужності, режим модуляції повинен бути вибраний так, щоб задовольняти вимогу ДПБ для майбутнього (повторно переданого) блоку.

Така система надає можливість адаптації модуляції в блоці кодування, щоб максимізувати пропускну здатність каналу. Це ще одна її перевага. Шляхом подання моделі якості, заснованої на ВІ, в блоці кодування може бути вибрано безліч режимів модуляції, і за допомогою відповідним чином спроектованого алгоритму схема змішаної модуляції може бути краще, ніж схема єдиної модуляції.

Вибір швидкості кодування, в основному, використовується з ГАЗП-ІН.

У разі обмеженої потужності передачі і заданої схеми модуляції швидкість кодування для наступної спроби повторної передачі має бути визначена так, щоб задовольняти вимогу ДК. Нехай $R_{\text{втрат}}$ позначає відношення втрат на трасі каналу прогнозу передачі $i+1$ каналу при i -ой невдалій спробі, тоді:

$$\text{ВСШ}_{i+1} = \text{ВСШ}_i \frac{P_{i+1}}{P_i \cdot R_{\text{втрат}}}, \quad (2.26)$$

де P_i - передана потужність для i -ої повторної передачі;

P_{i+1} - передана потужність для $i+1$ -ої повторної передачі;

$ВСШ_i$ - значення прийнятого ВСШ i -ої передачі ;

$ВСШ_{i+1}$ - значення прийнятого ВСШ $i+1$ -ої передачі.

Відповідно середня символна інформація (СІ) може бути обчислена за формулою 2.27:

$$C_{i+1} = ВСШ \cdot C_{\text{мод}, i+1} \cdot (ВСШ_{i+1}). \quad (2.27)$$

Після $(i+1)$ -ої спроби повторної передачі в ГАЗП-ІН швидкість кодування зміниться з (N_i, K) на (N_{i+1}, K) , тобто спроба $(i+1)$ передасть $\Delta N = N_{i+1} - N_i$ кодованих біта. Функція, що відображає ІК в $ІПБ_{\text{код}}$ для $(i+1)$ -ої спроби визначається швидкістю кодування. Швидкість кодування повинна бути обрана так, щоб задовольняти наступній умові, формула 2.28:

$$\Delta N \cdot C_{i+1} = ІК \cdot ІПБ_{\text{код}, i+1}(\Delta K). \quad (2.28)$$

На рисунку 2.8 показана структурна схема системи для розподілу ресурсів з ГАЗП-ПК.

Приклад ілюструє систему/механізм для комбінованого розподілу потужності та адаптації з'єднання, що містить вузол 1 відображення якості; вузол 2 передачі/повторної передачі; канал 3; приймач 4; вузол 5 для прогнозування каналу; вузол 6, 7 для комбінування ВСШ і обчислення ІПБ; вузол 8 для порівняння ІПБ; вузол 9 прийняття рішення розподілу ресурсів; і вузол 10 для управління (розподілу) потужності та адаптації з'єднання.

Вузол 1 відображення якості має доступ до деякої кількості довідкових таблиць характеристик кодування (наприклад, інформація прийнятого блоку - частота блоків з помилками (ІПБ - ЧБЗП) для деякої кількості режимів кодування). Входи у вузол 1 відображення якості включають одну вимогу якості, таку як цільова частота блоків з помилками $ЧБЗП_{\text{ціль}}$, та інформацію про режим

кодування, наприклад швидкість кодування і розмір блоку. За допомогою цих входів вузол відображення якості може перевірити вимогу інформації /індикатор якості для кожного блоку кодування.

Інформація подається на вузол передавача 2 в якому вибираються режими модуляції, кодування, буферизації та виконується розподіл потужності первинної передачі, а за необхідності і повторних передач. Далі інформація проходить через повітряний канал зв'язку 3.

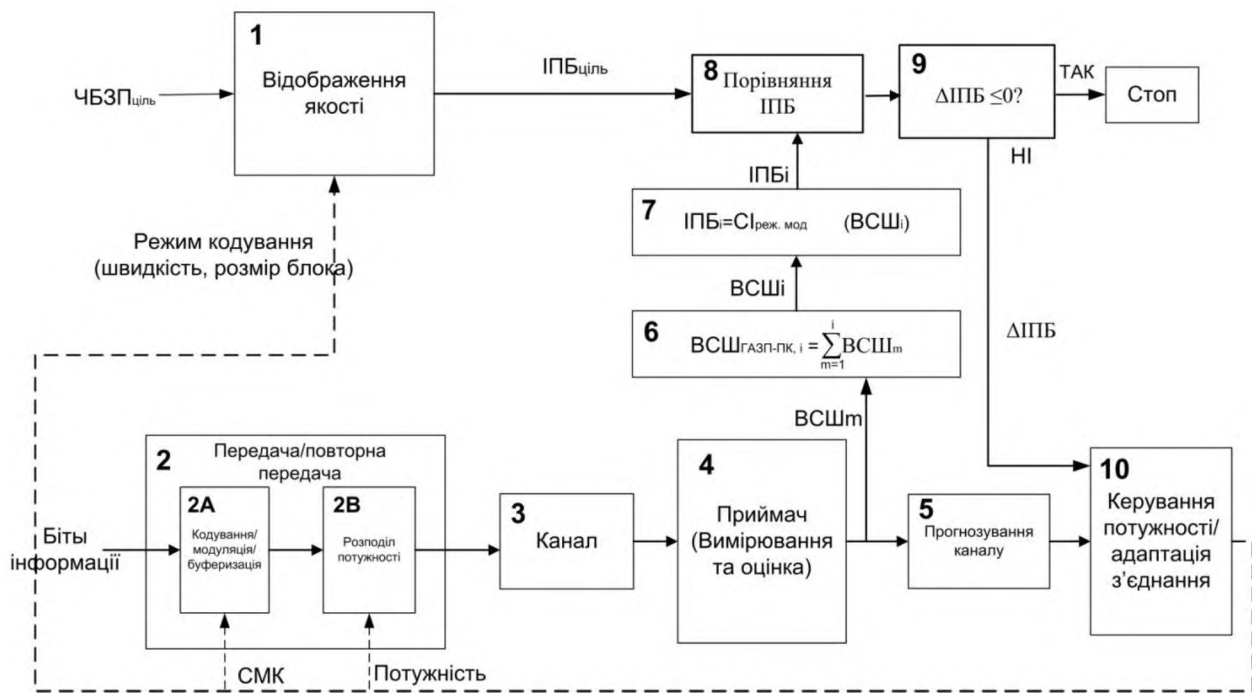


Рисунок 2.8 - Структурна схема системи для розподілу ресурсів з ГАЗП-ПК

У вузлі 4 приймача прийнята символна послідовність основного діапазону піддається функціям вимірювання та оцінки, які використовуються для виконання адаптації з'єднання та керування потужності. Виходи з блоку 4 приймача мають в собі оцінки імпульсної характеристики каналу, які передаються у блок 5 прогнозування каналу, і інформацію про відношення сигнал/перешкода (ВСШ), яка передається у вузол комбінування ВСШ 6.

Переходячи до вузла 6 комбінування ВСШ, приймається комбінування з максимальним відношенням (КМВ), і входи, що містять оцінки ВСШ для кожного вузла передачі попередніх (декількох) часових інтервалів передачі, комбінуються

в ефективне ВСШ (ВСШ_і) після комбінування КМВ. Далі у блоці 7 обчислення ІПБ, еквівалентна ІПБ для загальної кількості i спроб передачі обчислюється на підставі еквівалентного ВСШ загальної кількості $1 \sim i$ передач та режиму модуляції.

Система понад те містить функцію для порівняння цільового значення індикатора якості (ІПБ_{ціль}) з його виміряним/оціненим значенням. Ця функція на рис.1 представлена блоком 8 порівняння ІПБ, який, в основному, виконує обчислення по формулі 2.29:

$$\Delta \text{ІПБ} = \text{ІПБ}_{\text{ціль}} - \text{ІПБ}_i \quad (2.29)$$

де $\Delta \text{ІПБ}$ – різниця в інформації прийнятого блоку;

$\text{ІПБ}_{\text{ціль}}$ – цільова інформація прийнятого блоку;

ІПБ_i – інформація прийнятого блоку поточної передачі.

Результат порівняння переводиться в рішення $\Delta \text{ІПБ}$ у блоці 9. Якщо $\Delta \text{ІПБ} \leq 0$, то розподіл ресурсів не буде додатково збільшено, але, з іншого боку, якщо $\Delta \text{ІПБ} > 0$, то вимога ІПБ наступної передачі (наприклад, виражене через $\Delta \text{ІПБ}$) передається у блок 10 управління потужності/адаптації з'єднання. У цей блок для розподілу ресурсів, таким чином, надається вимога ІПБ для наступної передачі і статистичний прогноз ВСШ для наступної передачі. На підставі цих даних він може виконати вибір схеми модуляції та кодування і розподіл потужності так, щоб умови передачі покращилися.

На рисунку 2.9 наведена структурна схема системи для розподілу ресурсів з ГАЗП-ІН.

Приклад ілюструє систему/механізм для комбінованого розподілу потужності та адаптації з'єднання, що містить вузол 1 відображення якості; вузол 2 передачі/повторної передачі; канал 3 ; приймач 4; вузол 5 для прогнозування каналу; вузол 6 для обчислення ІПБ; вузол 7 для порівняння ІПБ; вузол 8 прийняття рішення $\Delta \text{ІПБ}$ і вузол 9 для управління (розподілу) потужності та адаптації з'єднання.

Більшість функцій з рисунка 2.9 відповідають, більш-менш точно, функціям, описаними з посиланням на рисунку 2.8. Однак рисунок 2.9 ілюструє ГАЗП-ІН, тоді як рисунок 2.8 ілюструє ГАЗП-ПК. Це означає, що в рисунок 2.8 швидкість кодування фіксована для всіх повторних передач, тобто відповідності якості (ІПБ - ЧБЗП) для ГАЗП-ПК фіксовані. Отже, $ІПБ_{ціль}$ потрібно перевірити тільки один раз. Однак на рисунку 2.9 швидкість кодування зменшується із зростанням кількості спроб повторних передач внаслідок збільшується кількість надлишкових бітів. Отже, відповідності ІПБ - ЧБЗП змінюються залежно від кількості повторних передач і стратегій. Отже, $ІПБ_{ціль}$ потрібно перевіряти для кожної спроби повторної передачі.

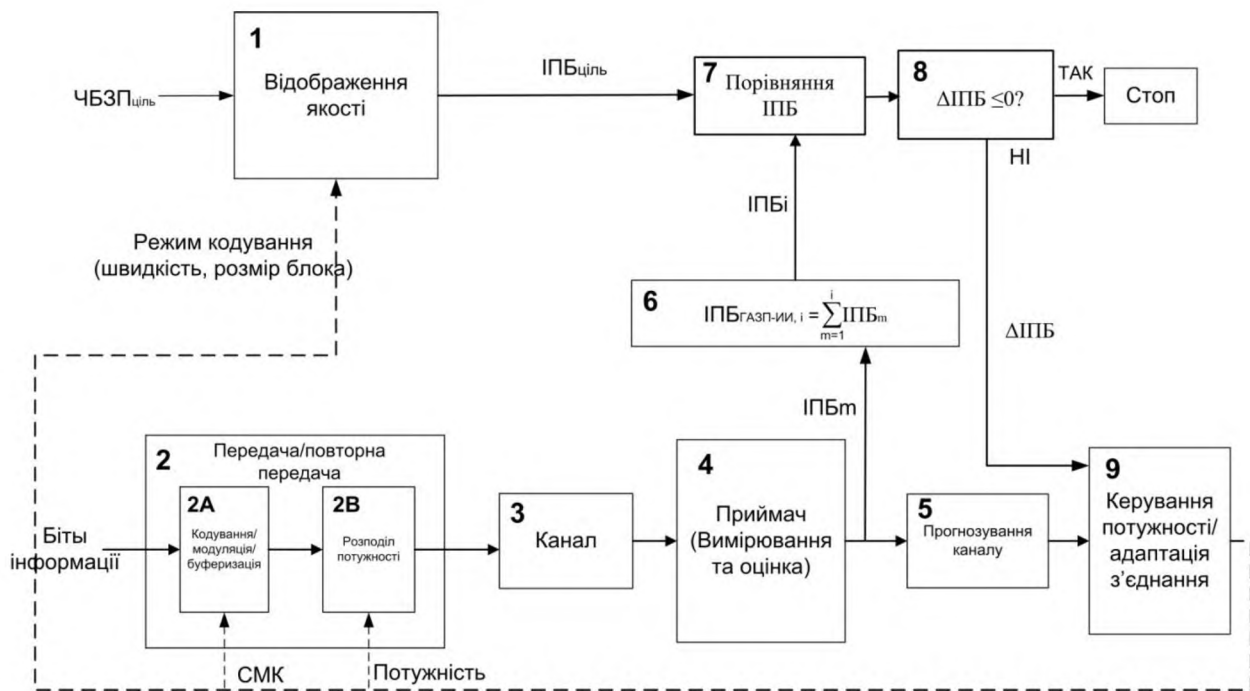


Рисунок 2.9 - Структурна схема системи для розподілу ресурсів з ГАЗП-ІН

Більш того, виходи вузлів приймача різняться. У разі ГАЗП-ПК потрібні оцінка ВСШ та оцінка каналу. ГАЗП-ІН використовує ще одну додаткову оцінку - оцінку індикатора якості (ІПБ).

Що стосується вибору СМК у вузлі 2, при системі ГАЗП-ПК у всіх спробах повторних передач використовується тільки конкретна СМК, отже, для конкретного блоку інформації кодування і модуляція виконуються тільки один

раз, і буферизована модульована символна послідовність буде розподілена на різні рівні потужності, тобто буде управлятися розподілом потужності у всіх повторних передачах. З іншого боку, при системі ГАЗП-ІН і вибір швидкості кодування, і вибір режиму модуляції будуть виконані при будь-якій спробі повторної передачі, так само як і розподіл потужності.

Модифіковані схеми проілюстровані на рисунку 2.8, та на рисунку 2.9, можуть бути використані для виконання окремого розподілу потужності або окремої адаптації з'єднання. ПБ може бути замінена іншим індикатором якості, заснованим на взаємній інформації, таким як вищеописані параметри на рівні блоку. Більш того, слід розуміти, що вузли з рисунка 2.8, на рисунку 2.9 представляють функції, які, переважно, представлені в системі розподілу ресурсів відповідно до кваліфікаційної роботи. Різні варіанти здійснення можуть мати функції, реалізовані іншим чином, і два або більше вузлів можуть бути вдало реалізовані разом в одному фізичному пристрої.

Зважаючи на обмеження швидкості кодування, пов'язане з ГАЗП-ІН, тобто менше посилення комбінування для меншої швидкості кодування, спільний розподіл потужності буде дуже корисним в цьому випадку. Наведені вище моделі для АЗП/ГАЗП-ПК і ГАЗП-ІН корисні для зменшення затримки повторної передачі.

З наведених вище прикладів очевидно, що процедура згідно кваліфікаційної роботи дуже корисна в тих випадках, коли була помилка передачі і виконується повторна передача. Проте слід особливо відзначити, що запропонована система в рівній мірі стосується для надання рішення про те, які ресурси потрібні для передачі нового пакета. Наприклад, для з'єднань без ГАЗП (такі як чинний голосовий потік) насичений зворотний зв'язок може бути використаний для регулювання потужності наступного пакета, щоб зберегти бажаний рівень ефективності. Навіть тоді, коли поточний пакет приймається успішно, насичений зворотний зв'язок може повідомити системі, чи достатньо ресурсів для збереження бажаного рівня ефективності для майбутніх пакетів. В особливому переважному варіанті здійснення винаходу порівняння з цільовими значеннями і

регулювання розподілених ресурсів виконуються безперервно, щоб збільшити надійність і ефективність передачі.

2.9 Висновок

В спеціальному розділі для зменшення впливу недоліків в роботі систем розподілу ресурсів була розроблена та змодельована система розподілу ресурсів зі збільшеною надійністю та ефективністю передачі за рахунок обчислення нових індикаторів якості заснованих на взаємній інформації, а також зменшена повторна кількість передач при застосуванні автоматичного запиту на повтор передачі (АЗП) та гібридного автоматичного запиту на повтор передачі (ГАЗП). В програмному продукті був отриманий графік залежності інформації прийнятого блоку від відношення сигнал/шум.

3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Техніко-економічне обґрунтування створення і використання вдосконаленої системи розподілу ресурсів

В даному розділі проводяться економічні розрахунки витрат на удосконалення системи розподілу ресурсів в бездротових мережах зв'язку. Таким чином збільшиться якість обслуговування абонентів, та зменшиться кількість ресурсів необхідних для передачі сигналу, що дозволить отримувати більший прибуток, компанії яка займається послугами мобільного зв'язку.

3.1.1 Визначення трудомісткості розробки системи розподілу ресурсів

Трудомісткість створення вдосконаленої системи розподілу ресурсів можливо розрахувати по формулі 3.1:

$$t = t_o + t_H + t_A + t_{II} + t_{отл}^k + t_D, \text{ годин} \quad (3.1)$$

де t_o - витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання;

t_H - витрати праці на дослідження способів рішення задачі;

t_A - витрати праці на розробку вдосконаленої системи розподілу ресурсів;

t_{II} - витрати праці на моделювання запропонованої системи;

$t_{отл}$ - витрати праці на тестування та аналіз системи, що була змодельована на ЕОМ;

t_D - витрати праці на підготовку документації по завданню.

Трудомісткість вищезазначених пунктів зазначена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Трудомісткості етапів розробки системи розподілу ресурсів

Етап	Опис етапу	Трудомісткість, год.
Підготовку і опис поставленого завдання	Оформлення та опис поставленого завдання	2
Дослідження способів рішення задачі	Вивчення та дослідження існуючих способів розподілу ресурсів в бездротових мережах зв'язку, виявлення їх недоліків	20
Розробка вдосконаленої системи розподілу ресурсів	Розробка системи розподілу ресурсів, в якій розподіл буде здійснюватися за новими індикаторами якості, які дозволяють більш точно оцінити стан каналу зв'язку у певний час	34
Моделювання запропонованої системи	Моделювання розробленої системи в програмних продуктах	6
Тестування та аналіз системи, що була змодельована на ЕОМ	Оцінка ефективності запропонованого методу по результатам моделювання, отримання графіків	4
Підготовка документації по завданню	Підготовка документації з результатами розробки та дослідження запропонованої системи розподілу ресурсів	16

Підставивши ці значення у формулу 3.1, отримаємо:

$$t = 2+20+34+6+4+16 = 82 \text{ год.}$$

3.1.2 Розрахунок витрат на створення системи розподілу ресурсів

Витрати на створення системи розподілу ресурсів включають витрати на заробітну плату фахівця з телекомунікаційних мереж і вартість машинного часу, необхідного для моделювання та аналізу системи на ЕОМ, та розраховується по формулі 3.2:

$$K_{из} = Z_{зп} + Z_{ми}, \text{ грн} \quad (3.2)$$

Заробітна плата — винагорода, обчислена, зазвичай, 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 по формулі 3.3:

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

де t - загальна трудомісткість розробки системи розподілу ресурсів, визначувана по формулі 3.1, годин;

$C_{пп}$ - середня годинна заробітна плата фахівця з телекомунікаційних мереж (основна і додаткова) з урахуванням відрахувань на соціальні потреби, грн/год.

Для визначення мінімальної середньої годинної оплати фахівця з телекомунікаційних мереж необхідно спочатку визначити його річний фонд заробітної плати з урахуванням відрахувань на соціальні потреби. Це можна зробити, знаючи середній щомісячний оклад фахівця.

Станом на травень 2022 року середньомісячний оклад фахівця становить 17560 грн. Отже, заробітна плата фахівця з телекомунікаційних мереж з урахуванням премій (25%) і можливих надбавок (10%) складає 23706 грн.

Таким чином, річний фонд заробітної плати – 284472 грн. Єдиний соціальний внесок складає 22%, тобто 62584 грн.; військовий збір складає 1,5%, тобто 4267 грн.

Річний фонд заробітної плати - це весь фонд заробітної плати, нарахований робітником підприємств. Він включає: фонд денної зарплати; оплату відпусток; оплату часу, витраченого на виконання держобов'язків; виплати відрядженим на інші підприємства; оплату за вислугу років та ін.

Разом, річний фонд заробітної плати з урахуванням відрахувань на соціальні потреби склав 351323 грн.

Визначимо номінальний річний фонд робочого часу за формулою 3.4, при цьому прийнявши середню тривалість робочого дня рівної 8 годинам:

$$F_H = (T_K - T_{IP} - T_{ВИХ} - T_{ОТП}) \cdot 8, год \quad (3.4)$$

де T_K - кількість календарних днів у році, $T_K = 365$ днів;

T_{IP} - кількість святкових днів у році, $T_{IP} = 10$ днів;

$T_{ВИХ}$ - кількість вихідних днів у році, $T_{ВИХ} = 104$ дні;

$T_{ОТП}$ - календарна тривалість відпустки $T_{ОТП} = 24$ дні.

Отже, підставляємо ці дані у формулу 3.4, і отримуємо річний фонд часу:

$$F_H = (365 - 10 - 104 - 24) \cdot 8 = 1816 \text{ годин}$$

Середня годинна заробітна плата фахівця з телекомунікаційних мереж визначається співвідношенням 3.5, яке має вигляд:

$$C_{IP} = \frac{\PhiЗП_{CH}}{F_H} \quad (3.5)$$

де $\PhiЗП_{CH}$ - річний фонд заробітної плати з урахуванням відрахувань на соціальні потреби;

F_H - річний фонд робочого часу.

Таким чином, витрати на оплату праці розробника складають з урахуванням формули 3.5 отримаємо:

$$C_{\text{ПР}} = \frac{\Phi_{\text{ЗП}}}{F_{\text{Н}}} = \frac{351323}{1816} = 193,5 \text{ грн/год}$$

$$Z_{\text{ЗП}} = 82 \cdot 193,5 = 15867 \text{ грн}$$

Розрахунок вартості машинного часу, необхідний для розробки, тестування та аналізу системи на ЕОМ здійснюється по формулі, а також для підготовки документації по завданню здійснюється за формулою 3.6:

$$Z_{\text{ми}} = (t_{\text{А}} + t_{\text{П}} + t_{\text{ОТЛ}} + t_{\text{Д}}) \cdot C_{\text{мч}}, \quad (3.6)$$

де $t_{\text{А}}$ - витрати праці на розробку вдосконаленої системи розподілу ресурсів;

$t_{\text{П}}$ - витрати праці на моделювання запропонованої системи;

$t_{\text{ОТЛ}}$ - трудомісткість тестування та аналізу системи розподілу ресурсів на ЕОМ, яка зазначена в таблиці 3.1, людино-годин;

$t_{\text{Д}}$ - витрати праці на підготовку документації по завданню, яка зазначена в таблиці 3.1;

$C_{\text{мч}}$ - вартість машино-часу ЕОМ, грн/год.

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

Таблиця 3.2 – Вартість програмного та апаратного забезпечення

Найменування	Вартість, грн.
Системный блок Expert PC Ultimate (A1200.08.H1S2.1050T.A2900)	20400
Монітор Samsung S24R358FZ (LS24R358FZIXCI)	5000
Комплект Клавіатура+миша A4 Tech kd800+OP550NU	1200
Операційна система Windows 7 SP1 Professional 64-bit Russian 1pk OEM DVD (FQC-04673)	350
Matlab 6.5 (Simulink, NeuralNetworkToolbox)	550
Разом:	27500

Отже затрати на обладнання робочого місця фахівця з телекомунікаційних мереж складають 27500 грн.

Сума річних амортизаційних відрахувань буде визначатися по формулі 3.7:

$$САМ = СПЕР \cdot H_A, \text{ грн}, \quad (3.7)$$

де *СПЕР* - первинна вартість ЕОМ і необхідного програмного забезпечення;

H_A - норма амортизації.

Амортизація – процес поступового перенесення вартості основних фондів на продукт, що виготовляється з їх допомогою. Для заміщення зношеної частини основних засобів виробництва підприємства роблять амортизаційні відрахування, тобто відрахування певних грошових сум відповідно до розмірів фізичного і морального зносу засобів виробництва. Амортизаційні відрахування використовуються для повного відтворення зношених основних фондів (на реновацію), а також для їх часткового відшкодування (на капітальний ремонт і модернізацію).

Ліквідаційна вартість - це сума, яку підприємство очікує отримати за об'єкт основних засобів після закінчення строку його корисної експлуатації за вирахуванням очікуваних витрат на вибуття. Ліквідаційна вартість складає 10% від первісної, тобто 2750 грн.

Мінімальний строк експлуатації 5 років. Обираємо метод амортизації. Це буде метод прискореного зменшення залишкової вартості. Тоді норма амортизації за формулою 3.8 дорівнює:

$$H_a = \frac{2}{T} \cdot 100\% = \frac{2}{5} \cdot 100\% = 40\%, \quad (3.8)$$

де *T* - період експлуатації.

Таким чином, амортизаційні відрахування за формулою 3.7 в 2022 році склали:

$$САМ = 24750 \times 0,4 = 9900 \text{ грн.}$$

Отже за формулою 3.9, залишкова вартість ЕОМ і необхідного програмного забезпечення на 2022 рік складе:

$$B_{\text{ЗЛЛ}} = 24750 - 9990 = 14850 \text{ грн} \quad (3.9)$$

Розрахунок вартості машино-часу ЕОМ проведемо по формулі 3.10:

$$C_{\text{м.ч}} = \frac{\Phi_{\text{ост}}}{\Phi_{\text{год.раб.ч.}}} + W \cdot \Pi_{\text{э}}, \quad (3.10)$$

де $\Phi_{\text{год.раб.ч.}}$ - річний фонд корисного часу роботи ЕОМ;

W - настановна потужність ЕОМ, $W = 0,32 \text{ кВт}$;

$\Pi_{\text{э}}$ - вартість $1 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ електроенергії для потреб НЕ побутових споживачів станом на травень 2022 року становить 1,68 грн.

Річний фонд корисного часу роботи ЕОМ дорівнює річному фонду робочого часу фахівця з телекомунікаційних мереж і складає 1816 годин.

Таким чином, вартість машино-години ЕОМ за формулою 3.10 складе:

$$C_{\text{мч}} = \frac{24750}{1816} + 0,4 \cdot 1,68 = 14,3 \text{ грн/год}$$

Враховуючи відому вартість машино-години проведемо розрахунок вартості машинного часу, яке є необхідним для тестування та аналізу 3.6:

$$Z_{\text{мч}} = 82 \cdot 14,3 = 1172,6 \text{ грн}$$

Отже, витрати на створення системи розподілу ресурсів складають, виходячи з формули 3.2:

$$K_{\text{ИЗ}} = 15867 + 1172,6 = 17039,6 \text{ грн}$$

Визначені таким чином витрати на створення системи розподілу ресурсів є одноразовими капітальними витратами і складають 17039,6 грн.

Так, наприклад, за даними на початок 2021 року в Україні встановлено понад 48 000 базових станцій телекомунікаційної компанії «Київстар», які обслуговують близько 30 млн. абонентів, тобто в середньому одна базова станція обслуговує 625 абонентів.

Завдяки впровадженню нового способу розподілу ресурсів, зменшена необхідна для передачі потужність на 8 %, тому цю потужність можливо використати для обслуговування додаткової кількості абонентів.

Економічний ефект E від однієї базової станції, розраховується за формулою 3.11:

$$E = D_2 - D_1, \quad (3.11)$$

де D_1 - дохід від однієї базової станції;

D_2 - дохід від однієї базової станції зі збільшеною кількістю абонентів.

Дохід від однієї базової станції за 1 рік розраховується за формулою 3.12:

$$D_1 = K_{аб} \times D_{аб} = 625 \times 350 \times 12 = 2\,625\,000 \text{ грн} \quad (3.12)$$

де $K_{аб}$ – кількість абонентів;

$D_{аб}$ – середній дохід від одного абонента протягом місяця, 350 грн.

Дохід від однієї базової станції за 1 рік зі збільшеною кількістю абонентів розраховується за формулою 3.13:

$$D_2 = K_{аб} \times D_{аб} \times V_{ск} = 625 \times 1,08 \times 350 \times 12 = 2\,835\,000 \text{ грн} \quad (3.13)$$

де $V_{ск}$ – відсоток збільшення кількості абонентів.

Отже підставивши отримані значення у формулу 3.10 отримаємо економічний ефект:

$$E = 2\,835\,000 - 2\,625\,000 = 210\,000 \text{ грн.}$$

Економічна ефективність – це вид ефективності, що характеризує результативність діяльності економічних систем (підприємств, територій, національної економіки). Основною особливістю таких систем є вартісний характер засобів досягнення цілей (результатів), а в деяких випадках і самих цілей (зокрема, одержання прибутку). Ефективність визначається відношенням результату (ефекту) до доходів.

Розрахуємо економічну ефективність $E_{ек}$ за формулою 3.14:

$$E_{ек} = E / K = 210\,000 / 17039,6 = 12,32 \quad (3.14)$$

Термін окупності інвестицій - час, який потрібен, щоб інвестиція забезпечила достатні надходження грошей для відшкодування інвестиційних витрат.

Розрахуємо термін окупності за формулою 3.15:

$$T = K / E = 17039,6 / 210\,000 = 0,08 \text{ року} \quad (3.15)$$

3.2 Висновок

В економічному розділі було розраховано, кількість часу, що необхідно для розроблення системи розподілу ресурсів, заробітну плату фахівця з телекомунікаційних мереж, вартість капітальних затрат, на основі чого було зроблено висновок, що затрати на створення системи розподілу ресурсів, складають 17039,6 грн. Термін окупності інвестицій становить 0,08 року.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі була розроблена та змодельована вдосконалена за рахунок обчислення нових індикаторів якості система розподілу ресурсів. В програмному продукті був отриманий графік залежності інформації прийнятого блоку від відношення сигнал/шум. Моделювання показало, що використовуючи запропоновану систему розподілу ресурсів можливо досягти економію ресурсів до 7 % в порівнянні зі звичайними системами, а тому ці ресурси можна використовувати для обслуговування нових абонентів, або для підвищення якості обслуговування наявних абонентів.

В економічному розділі було розраховано, кількість часу, що необхідно для розроблення системи розподілу ресурсів, заробітну плату фахівця з телекомунікаційних мереж, вартість капітальних затрат, на основі чого було зроблено висновок, що затрати на створення системи розподілу ресурсів, складають 17039,6 грн. Термін окупності інвестицій становить 0,08 року.

Практичною цінністю кваліфікаційної роботи є створення системи управління для досягнення покращеного управління ресурсами, а конкретніше для забезпечення підвищеної надійності та ефективності передачі, а так само зменшення розтрат ресурсів у мережах.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1 Берлин А. Н. - Цифровые сотовые системы связи: М.: Эко-Трендз 2007-290с.
- 2 Попов В.И. - Основы сотовой связи стандарта GSM: М.: Эко-Трендз 2005 – 292с.
- 3 Hanzo L., Steela R. - The Pan-European mobile radio System. Pts.1 and 2. European Trans. On Telecom. 5(2), p.p. 245-276, 1994
- 4 Feher K. - Wireless Digital Communications. Prentica — Hall PTR, 1995.
- 5 Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Юрчук А.Б. - Сети мобильной связи LTE. Технологии и архитектура: М.: Эко-Трендз 2010 – 284с.
- 6 Ратынский М.В. Основы сотовой связи. — М.: Радио и связь, 2000 - 248 с.
- 7 Mouly M., Pautet M.-B. The GSM. System for Mobile Communications. Paris, 1992. — 702 p.
- 8 3GPP TS 25.101 V9.5.0. User Equipment (UE) radio transmission and reception (FDD). September 2010.
- 9 В.Т. Ермолаев, А.Г. Флакман Адаптивная пространственная обработка сигналов в системах беспроводной связи. Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского – Нижний новгород, 2006
- 10 М.А. Быховский. «Метод повышения эффективности использования спектра в сотовых сетях подвижной связи», Мобильные системы, март 2006.
- 11 А.В.Гуреев, Ю.Б.Миронов. Помехи в мобильных сетях. Естественные и технические науки. М.: Спутник+, 2010, №4, с. 271-274.
- 12 Шварц М. Сети связи: протоколы, моделирование и анализ / пер. с англ. М.: Наука, 1992. - 157 с.
- 13 Myrgorod A.A/ O.A., Galushko S.A. Kinds of telecommunscation systems. // «Widening our horizons». – 2011. – №6. – С. 21.
- 14 Распределение ресурсов обратной связи нисходящей линии связи в сетях беспроводной связи пат. 2433570 Рос. Федерация, Н04W28/08 - Техника

электрической связи, Лав Роберт Т., Нангия Виджэй, Стюарт Кеннет А., Кучибхотла Рави, Ратасук Рапеепат.

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

16 Телекоммуникационные технологии и сети./ И.П. Норенков, В.А. Трудоношин - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. 232 с

17 Зорин М., Писарев Ю., Соловьев П. Беспроводные сети: современное состояние и перспективы. - Connect! // Мир связи.1999.№4.стр. 104.

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

19 Системы передачи информации. Курс лекций. /С.В. Кунегин - М.: в/ч 33965, 1998, - 316 с. с ил.

20 Современная экономика: Учебное пособие /Под ред. О. Ю. Мамедова. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2011. – 456 с.

21 Экономика: Учебное пособие /Под ред. А.С. Булатова. – М.: Юристъ, 2009. – 896 с.

22 Магро В.І., Миргород А.А. Система розподілу ресурсів в бездротових мережах зв'язку із застосуванням гібридного автоматичного запиту на повтор передачі с прямим комбінуванням (ГАЗП-ПК): «EUROPEJSKA NAUKA XXI POWIEKA - 2014». - 2014. - С. 67-69.

23 Портал магистров ДонНТУ (Електроний ресурс) /Спосіб доступ: -URL: <http://masters.donntu.edu.ua/2013/fkita/borozdin/library/Vliyanie%20electromagnitnix%20izlucheniuy.pdf> . - Заголовок з екрана: Влияние электромагнитного излучения устройств сотовой связи на человека., Ю.В. Крушевский, к.т.н.,доц.; Ю.И. Кравцов; Я.А. Бородай.

24 «Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань», наказ Міністерства охорони здоров'я України №239 від 01.08.96 р.

25 Wheeler H. A. Fundamental limitations of small antennas.– Proceedings of the IRE, Dec. 1947, pp. 1479–1488.

26 Курицын С.А.: Телекоммуникационные технологии и системы. - М.: Академия, 2008– 70с.

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

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

29 Мартин, Дж. Системный анализ передачи данных; М.: Мир, 2011. - 680 с.

30 Телекоммуникационные системы и сети. Том 3. Современные технологии. Изд. 3. Горячая линия – Телеком, 2005.

31 Методичні рекомендації до виконання дипломних робіт (проектів) бакалаврів та магістрів спеціальностей 125 Кібербезпека, 172 Телекомунікації та радіотехніка / Упоряд.: О.Ю. Гусев, О.В. Герасіна, О.М. Алексеев, О.В. Кручинін. – Дніпро: НГУ, 2018. – 50 с.

ДОДАТОК А. Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№	Формат	Найменування	Кількість аркушів	Примітки
<i>Документація</i>				
1	A4	Реферат	3	
2	A4	Список умовних скорочень	1	
3	A4	Зміст	2	
4	A4	Вступ	2	
5	A4	Стан питання. Постановка задачі	23	
6	A4	Спеціальний розділ	27	
7	A4	Економічний розділ	9	
8	A4	Висновки	1	
9	A4	Перелік посилань	3	
10	A4	Додаток А	1	
11	A4	Додаток Б	6	
12	A4	Додаток В	1	
13	A4	Додаток Г	1	

ДОДАТОК Б. Перелік документів на оптичному носії

1 Кваліфікаційна робота Крупенко А.С.doc

2 Презентація Крупенко А.С.ppt

ДОДАТОК Г. Відгук керівника кваліфікаційної роботи**В І Д Г У К****на кваліфікаційну роботу студентки групи 172-19зск-1 Крупенко Анни Сергіївни на тему: «Вдосконалення методу розподілу ресурсів у мережах бездротового зв'язку»**

Мета кваліфікаційної роботи є актуальною, оскільки вона спрямована на удосконалення систем розподілу ресурсів у мережах бездротового зв'язку для отримання більшої надійності та ефективності передачі даних в таких мережах.

У кваліфікаційній роботі запропонований спосіб розподілу ресурсів заснований на обчисленні нових індикаторів якості. Технічним результатом є підвищення якості і надійності передачі даних.

Перевагою даної роботи є розроблена та змодельована вдосконалена, за рахунок обчислення нових індикаторів якості, система розподілу ресурсів. В програмному продукті отриманий графік залежності інформації прийнятого блоку від відношення сигнал/шум.

В економічному розділі проведено розрахунок часу, необхідного для розроблення системи розподілу ресурсів, заробітну плату фахівця, вартість капітальних затрат, на основі чого було зроблено висновок, щодо інвестиційних затрат на створення системи та термін їх окупності.

Практичною цінністю кваліфікаційної роботи є створення системи управління для досягнення покращеного управління ресурсами, а саме для забезпечення підвищеної надійності та ефективності передачі, а також зменшення розтрат ресурсів у мережах.

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

В цілому робота задовольняє усім вимогам, а її авторка, Крупенко Анна Сергіївна, заслуговує на оцінку «добре» та присвоєння кваліфікації «Бакалавр з телекомунікацій та радіотехніки» за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка.

Керівник роботи**д.т.н., проф.****В.І. Корнієнко**