

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
На конкурс студентських наукових робіт з розділу
“Телекомунікаційні системи та мережі”

СТУДЕНТСЬКА НАУКОВА РОБОТА

на тему:

«Аналіз параметрів upstream/downstream каналів
для мобільних мереж UMTS»

Шифр «3G WCDMA»

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень.....	3
Вступ.....	4
1. Загальні принципи концепції NGN	5
1.1 Мобільні мережі нового покоління.....	7
2. Аналіз параметрів радіоканалів мережі UMTS	9
2.1 Загальний підхід до планування 3G мережі.....	9
2.2 Аналіз параметрів upstream каналу	11
2.2.1 Аналіз ресурсу upstream каналу	11
2.2.2 Визначення радіусу сайту	13
2.2.3 Коефіцієнт навантаження в upstream каналі.....	15
2.3 Аналіз параметрів downstream каналу	18
2.3.1 Коефіцієнт навантаження у downstream каналі.....	18
2.3.2 Аналіз зони обслуговування у downstream каналі.....	21
Висновки.....	23
Перелік посилань	24

Перелік умовних скорочень

DSL – Digital Subscriber Line

GPRS – General Packet Radio Service

EDGE – Enhanced Data rates for GSM Evolution

NGN – New Generation Network

3 (4) G – 3 (4) Generation

SCTA – Service-Control-Transport-Access

GSM – Global System for Mobile Communications

UMTS – Universal Mobile Telecommunications System

LTE – Long Term Evolution

IMT-2000 – International Mobile Telecommunications-2000

WCDMA – Wideband Code Division Multiple Access

RNC – Radio Network Controller

MS – Mobile Station

BS – Base Station

Вступ

Телекомунікаційна галузь на сьогоднішній день є однією з тих, які розвиваються найбільш бурхливо. Процес розвитку зачіпає як операторів фіксованого, так і мобільного зв'язку. Їм доводиться вирішувати схожі завдання, пов'язані, в першу чергу, з тенденціями на ринку телекомунікаційних послуг. Основними на сьогоднішній день є наступні:

- зниження темпів зростання абонентської бази;
- перевага частки трафіку даних над голосовим;
- збільшення частки послуг на основі IP-технологій;
- зростання клієнтської потреби в додаткових можливостях зв'язку – високошвидкісний доступ в Інтернет, відеоконференції, інформаційні та мультимедійні сервіси;
- збільшення долі мобільних абонентів.

Для збереження конкурентоспроможності і доходів операторам просто необхідно впроваджувати сучасні іноваційні послуги і, що важливо, забезпечувати належні показники якості обслуговування. Існуючі мережі, як правило, не дозволяють вирішувати подібні завдання без модернізації, впровадження нових технологій. В першу чергу, це пов'язано з тим, що при проектуванні і побудові основна увага приділялася передачі голосового трафіку. Це пояснює вибір технологій каналної комутації, які сьогодні не можуть бути ефективно використані для передачі пакетних даних.

Оператори фіксованого зв'язку знайшли вихід з положення шляхом використання технології xDSL. Для компаній, які надають мобільні послуги, справа трохи складніша. Технології GPRS/EDGE, які сьогодні широко використовуються, не дозволяють досягти потрібних користувачам швидкостей і забезпечити необхідну якість обслуговування. Виходом з положення може служити лише модернізація мереж і використання технологій нового покоління, як на транспортному рівні, так і на рівні доступу.

Таким чином, перед операторами зв'язку виникає завдання побудови NGN-мережі. У мобільних мережах воно ускладнюється тим чинником, що разом з технологіями 3G, що до цих пір не мають законодавчого підґрунтя для широкого поширення в нашій країні, на сьогоднішній день вже стандартизовані технології 4G. Цей факт ставить операторів перед вибором, яким технологіям віддати переваги: розгорнути мережу 3G і на перших порах забезпечити сумісність з вже існуючою мережею, або відразу ж вкласти кошти в побудову мережі 4G.

У такій ситуації важливо вибрати саме ті рішення, які змогли б задовольнити запити абонентів з одного боку, а з іншої – дозволити операторові або звести до мінімуму витрати на їх впровадження, або прискорити процес окупності вкладень.

1. Загальні принципи концепції NGN

Високі вимоги до інформатизації всіх сфер життєдіяльності людства привели до необхідності отримання доступу до інформаційних ресурсів не лише вдома і в офісі, але і в громадських місцях. Як наслідок, почалася конкуренція між традиційними телефонними послугами (телефонним зв'язком) і послугами передачі даних. Цей революційний перехід від розмовного трафіку до трафіку даних складає основу ідеології NGN, що корінним чином вплинув на організацію мереж нового покоління[1].

Під поняттям «мережа NGN» сьогодні розуміють гетерогенну мультисервісну мережу, що забезпечує передачу всіх видів медіатрафіку і розподілено надає необмежений спектр телекомунікаційних послуг з можливістю їх додавання, редагування, розподіленої тарифікації. Мережа підтримує передачу трафіку з різними вимогами до якості обслуговування і забезпечує підтримку вказаних вимог.

Основним принципом роботи традиційних систем зв'язку був принцип комутації каналів, який представлявся дуже ефективним для передачі

розмовного трафіку. Із збільшенням частки трафіку даних в телекомунікаційних мережах знижується ефективність використання технологій каналної комутації, на передній план виходять пакетні технології. Саме вони визначені в мережах NGN для надання всіх видів послуг.

Ще однією відмінною рисою мереж нового покоління є їх архітектура. Згідно сучасному баченню, мережа NGN може бути розділена на чотири рівні:

- рівень доступу А (Access) забезпечує користувачам доступ до ресурсів мережі;
- рівень транспорту Т (Transport) є основним ресурсом мережі, що забезпечує передачу інформації від користувача до користувача;
- рівень управління С (Control) є концепцією комутації, заснованої на вживанні технології комп'ютерної телефонії і Softswitch;
- рівень послуг S (Service) визначає склад інформаційного наповнення мережі. Тут знаходиться корисне навантаження мережі у вигляді послуг з доступу користувачів до інформації.

Описана структура приведена на рисунку 1.1

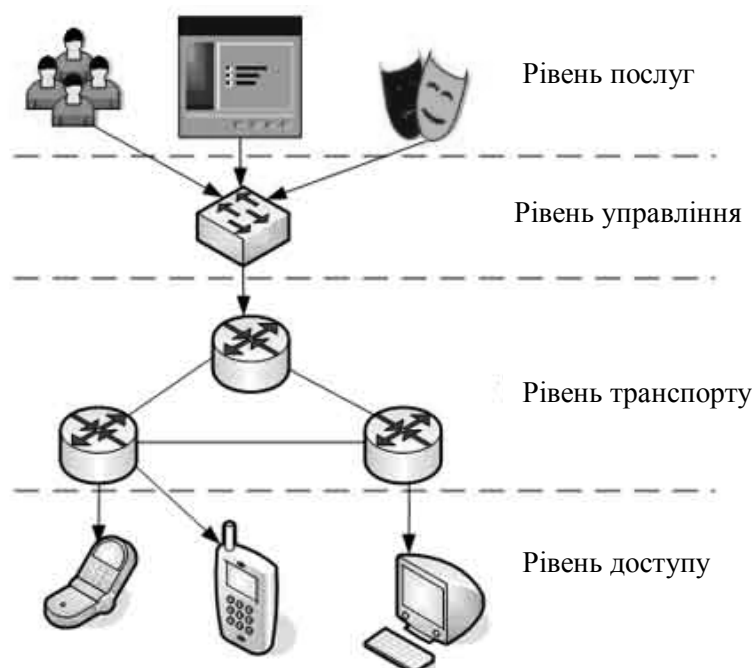


Рисунок 1.1 - Архітектура мережі NGN

Вказані рівні є моделлю SCTA (Service-Control-Transport-Access), яка має концептуальне значення. Основним завданням цієї моделі є відображення місця розташування будь-якої технології в загальній структурі NGN. Рівні SCTA незалежні один відносно одного, що дозволяє їм розвиватися самостійно. Це забезпечує велику гнучкість і свободу при проектуванні - на кожному рівні моделі може бути визначений свій набір технологій, елементи якого зручно впроваджувати на різних сегментах мережі.

З вищесказаного можна зробити висновок, що розгортання мережі NGN задовольнить інтереси як абонентів-споживачів послуг, так і операторів. Перші отримають новий широкий набір сервісів, що задовольняє за змістом і якістю, а інші – широкі можливості по модернізації мережі і, як наслідок, нові козирі для розширення абонентської бази. Особливо важливо не упустити момент переходу операторам мобільних мереж, адже вимоги користувачів до «мобільності» зростають з кожним днем.

1.1 Мобільні мережі нового покоління

Розвиток концепції NGN не міг не торкнутися мереж мобільного зв'язку. І на зміну мережам GSM (Global System for Mobile Communications) вже готові прийти відразу два нових покоління - 3G і 4G у вигляді проектів UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) і LTE (Long Term Evolution). На сьогоднішній день питання, якому поколінню віддати пріоритет при впровадженні в Україні, викликає безліч суперечок серед фахівців. З одного боку, проведення конкурсу на здобуття операторами ліцензії на надання послуг зв'язку 3G сьогодні припинено, що безумовно позначиться на швидкості розгортання цих мереж. З іншого боку – на руках користувачів вже величезна кількість терміналів з підтримкою цього стандарту, а пристроїв, розрахованих на роботу в мережах 4G в Україні ще практично немає. Яким чином все-таки розвиватимуться мобільні мережі в

нашій країні, поки що невідомо, але, оскільки вже є населені пункти, в яких функціонує стандарт UMTS, то має сенс в даній роботі розглядати технології саме третього покоління.

Мобільні мережі покоління 3G стали результатом реалізації концепції міжнародного мобільного зв'язку IMT-2000. У її основу покладена ідея створення нового покоління сімейства систем рухомого зв'язку, що охоплює технології бездротового доступу, наземного стільникового і супутникового зв'язку [2]. Робота по стандартизації інтерфейсів сімейства систем IMT-2000 в даний час завершена і включає в свій склад 5 радіоінтерфейсів: IMT-DS (базова технологія WCDMA), IMT-MC (cdma2000), IMT-TC (TD-SCDMA), IMT-SC (UWC-136), IMT-FT (DECT EP).

У Європі ідея IMT-2000 реалізована у вигляді концепції універсальної системи мобільного зв'язку UMTS. Діапазон можливостей і сфер застосування даної системи надзвичайно широкий: у ній пропонується широкий спектр послуг з високоякісної передачі мови, даних, мультимедійних сервісів. При цьому UMTS дозволяє організувати повну взаємодію з системами GSM.

Від того, яка технологія використовується в мобільній мережі нового покоління на рівні доступу, багато в чому залежать показники ефективності функціонування мережі. У системі UMTS використовується кодове розділення каналів в радіоінтерфейсі цифрового широкопasmового стандарту, що охоплює інтернет, мультимедіа і інші високоємні застосування WCDMA. Характеристика даної технології приведена в таблиці 1.

В даній роботі аналізуються upstream/downstream канали радіоінтерфейсу WCDMA з метою встановлення, яким чином впливають їх параметри на пропускну здатність сайтів та розміри зони обслуговування.

Таблиця 1.1 - Характеристика WCDMA

Система	WCDMA	
Діапазон частот, МГц	1920-1980, 2110-2170	
Смуга частот, МГц	5 – базова 1,25; 10 и 20	
Метод доступу	DS-CDMA	
Сумісність	Спільна експлуатація з GSM і забезпеченням хендвера	
Чіпова швидкість, Мчип/с	3,84 – базова 7,78 и 15,56	
Кодування	Згортальний код (K=9, R=1/2, 1/3) + код Ріда-Соломона, турбо-код (K=3)	
Синхронізація базових станцій	Асинхронна робота (можлива синхронна)	
Ортогональні коди	Ортогональні коди змінної довжини OVSF з коефіцієнтом розширення 1-512 (4-256 в UTRA)	
Розширюючі послідовності	Коди Голда	
Схема пошуку сайтів	Трьохетапний пошук (пошук коду Голда, кадрова синхронізація, ідентифікація скремблюючого коду)	
Довжина кадру, мс	10	
Модуляція даних	«вниз»	QPSK
	«вгору»	BPSK
Розширююча модуляція	«вниз»	QPSK
	«вгору»	QPSK або HPSK
Метод автоматичного перемикання каналів	М'який, жорсткий (міжчастотний або міжсистемний)	
Управління потужністю	Швидкість 1,6 кбіт/с крок управління 0,25-1,5	

2. Аналіз параметрів радіоканалів мережі UMTS

2.1 Загальний підхід до планування 3G мережі

Планування радіомережі 3G є досить складним рекурсивним завданням. У загальному вигляді цей процес можна представити, як показано на рисунку 2.1

Визначення розмаху радіомережі WCDMA - це процес, за допомогою якого виконується оцінка можливих конфігурацій і кількості мережевого обладнання на підставі вимог оператора, пов'язаних з наступними параметрами:

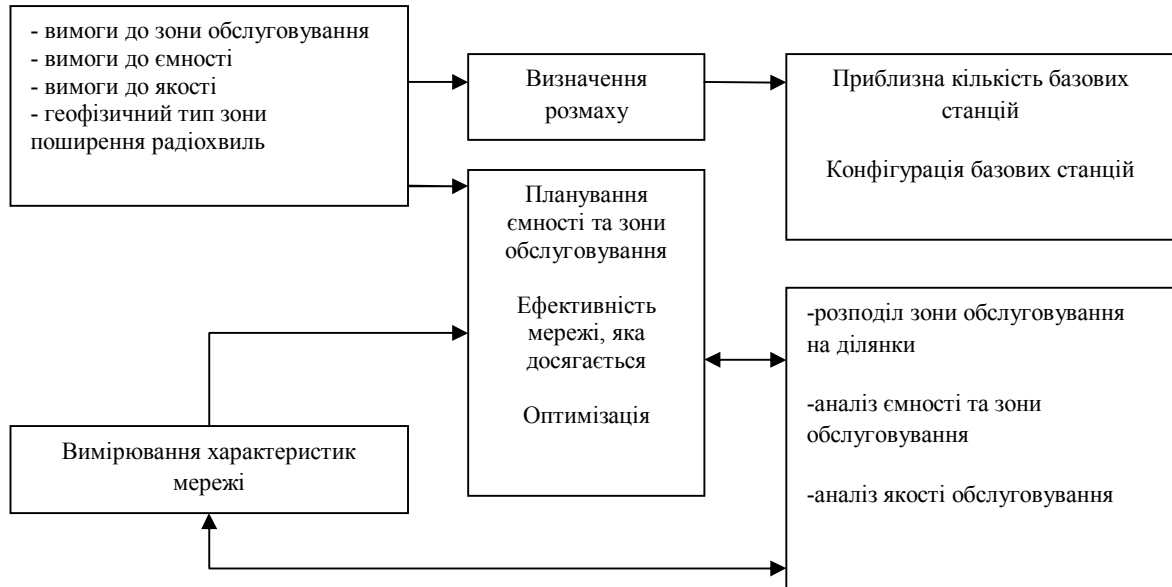


Рисунок 2.1 - Процес планування радіомережі 3G

- Територія
 - зони обслуговування
 - інформація про типів зон
 - умови поширення
- Ємність
 - спектр частот, що мається
 - прогнозування зростання числа абонентів
 - інформація про інтенсивність трафіку
- Якість обслуговування
 - імовірнісне розташування зон (вірогідна зона обслуговування)
 - вірогідність блокування
 - пряме з'єднання кінцевого користувача

У оцінку розмаху входять аналіз ресурсу радіолінії і зони обслуговування, оцінка ємності і, зрештою, оцінка кількості сайтів і апаратних засобів базових станцій, контролерів радіомережі RNC (Radio Network Controller), обладнання для різних інтерфейсів і елементів базової

мережі (тобто базових елементів мережі з комутацією каналів і елементів мережі з комутацією пакетів) [3].

2.2 Аналіз параметрів upstream каналу

2.2.1 Аналіз ресурсу upstream каналу

При аналізі ресурсу upstream каналу необхідно враховувати декілька спеціальних параметрів.

По-перше, це запас перешкодозахищеності – чим більше навантаження допускається в системі, тим більший запас перешкодозахищеності необхідний у upstream каналі і тим менша зона обслуговування. Для випадків з обмеженою зоною обслуговування допускається менший запас перешкодозахищеності, тоді як у випадках з обмеженою ємністю розмір сайту обмежується допустимими втратами на трасі в ресурсі радіолінії, і максимальна ємність повітряного інтерфейсу сайту базової станції не використовується;

По-друге, повинен бути врахований запас на швидкі завмирання – для забезпечення адекватного швидкого управління потужністю в замкнутому контурі необхідний певний резерв потужності передачі MS. Це особливо відноситься до рухомих користувачів, що повільно переміщуються, де швидке управління потужністю допомагає ефективно компенсувати швидкі завмирання;

По-третє, м'який хендовер дає додатковий вигреш при використанні макрорознесення в боротьбі з швидкими завмираннями за рахунок зменшення необхідного відношення E_b/N_0 в порівнянні з окремою лінією радіозв'язку завдяки макрорознесенню.

У таблиці 2.2 аналізується ресурс лінії радіозв'язку для обслуговування передачі даних в реальному часі із швидкістю передачі 144 Кбіт/с і при вірогідності 80% знаходження абонента усередині будівлі. У таблиці 2.1 представлені значення, які приймалися в ресурсі радіолінії для приймачів і

передавачів. Також прийнятий запас в 4,0 дБ для швидкого управління потужністю, аби можна було компенсувати завмирання при невисокій швидкості руху. Допускаються середні втрати на проникнення в будівлю, рівні 15,0 дБ.

Визначені значення втрат на трасі можуть бути використані для розрахунку зони обслуговування. Ефективна зона обслуговування WCDMA визначається за середньою площею (ділянки) сайту на вузол в км²/сайт для заздалегідь визначеного стандартного середовища поширення трафіку.

Відстань до кордонів сайту R можна обчислити за відомою моделлю поширення. Наприклад, моделлю Окумура-Хата.

Таблиця 2.1 – Значення, що приймалися для аналізу ресурсу радіолінії

Прийняті значення для MS	
Максимальна передавана потужність	24 дБм
Коефіцієнт посилення антени	2 дБм
Втрати від впливу тіла людини	0 дБ
Прийняті значення для BS	
Коефіцієнт шуму	5,0 дБ
Коефіцієнт посилення антени	18,0 дБм
Вимога до E_b/N_0	1,5 дБ
Втрати у фідері	2,0 дБ

Таблиця 2.2 – Аналіз ресурсу радіолінії

Передача даних в реальному часі із швидкістю 144 кбит/с			
Передавач MS			
Максимальна потужність передачі MS Вт	0,25		
Теж саме, але в дБм	24,0		a
Коефіцієнт посилення антени MS, дБм	2,0		b
Втрати від впливу тіла людини, дБм	0,0		c
Еквівалентна ізотропна випромінювана потужність (EIRP), дБм	26,0		d=a+b-c

Таблиця 2.2 – Аналіз ресурсу радіолінії (продовження)

Приймач BS		
Інтенсивність теплового шуму дБм/Гц	-174,0	e
Коефіцієнт шуму приймача BS дБ	5,0	f
Інтенсивність шуму в приймачі, дБм/Гц	-169,0	$g=e+f$
Потужність шуму в приймачі, дБм	-103,2	$h=g+10*\lg(3840000)$
Запас перешкодозахищеності, дБ	3,0	i
Потужність перешкод в приймачі, дБм	-103,2	$j=10*\lg(10^{(h+i)/10}-10^{h/10})$
Повна потужність: ефективний шум + перешкоди, дБм	-100,2	$k=10*\lg(10^{h/10}+10^{j/10})$
Виграш відносно сигнал/шум при обробці сигналів, дБ	14,3	$l=10*\lg(3840/144)$
Потрібне E_b/N_0 , дБ	1,5	m
Чутливість приймача, дБ	-113,0	$n=m+l+k$
Коефіцієнт посилення антени BS, дБм	18,0	o
Втрати в кабелі на BS, дБ	2,0	p
Запас на швидке завмирання, дБ	4,0	q
Максимальні втрати на трасі, дБ	151,0	$r=d-n+o-p-q$
Вірогідність попадання в зону обслуговування, %	80	
Постійна логарифмічно нормальних завмирань, дБ	12,0	
Коефіцієнт експоненти моделі поширення	3,52	
Запас на логарифмічно нормальні завмирання, дБ	4,2	s
Виграш при м'якому хендовері, дБ	2,0	t
Втрати на проникнення в будівлю, дБ	15,0	u
Втрати, що допускаються, на поширення від кордонів сайту, дБ	133,8	$v=r-s+t-u$

2.2.2 Визначення радіусу сайту

Для визначення відстань до кордонів сайту R використовується відома модель поширення Окумура-Хата. Дана модель описує усереднений варіант поширення сигналів у вказаному середовищі, і вона дозволяє перетворити максимальні допустимі втрати на трасі в дБ в максимальну дальність до кордонів сайту в кілометрах, враховуючи значення несучої частоти сигналу, а також висоту антен BS і MS.

Рівняння Окумура-Хата має вигляд:

$$L_p = A + B \cdot \lg f - 13,82 \cdot \lg h_b - a(h_m, f) + (44,9 - 6,55 \cdot \lg h_b) \cdot \lg R \quad (1)$$

де - L_p втрати, що допускаються, на трасі, дБ;

f - частота несучої, МГц;

h_b і h_m - висота антени BS і MS, м;

$a(h_m, f)$ - функція посилення антени MS від висоти її положення і несучої частоти;

R - відстань від MS до BS, км.

Параметри A і B мають різні значення для різного діапазону частот. Так для діапазону 150 - 1000 МГц $A = 69,5$; $B = 26,16$; для діапазону 1500 - 2000 МГц $A = 46,3$; $B = 33,9$.

Параметр $a(h_m, f)$ визначається різним чином залежно від типу населеного пункту.

Для середніх і малих міст:

$$a(h_m, f) = (1,1 \cdot \lg f - 0,7) \cdot h_m - (1,56 \cdot \lg f - 0,8) \quad (2)$$

Для великих міст:

$$a(h_m, f) = \begin{cases} 8,29 \cdot [\lg(1,54 \cdot h_m)]^2 - 1,1 & f \leq 200 \text{ MHz} \\ 3,2 \cdot [\lg(11,75 \cdot h_m)]^2 - 4,97 & f \geq 400 \text{ MHz} \end{cases} \quad (3)$$

Спираючись на проведений вище аналіз ресурсу радіолінії upstream каналу і розглянуту модель поширення, можна визначити відстань до кордонів сайту в кілометрах R . Приймавши висоту антени BS 30 м, висоту антени MS 1,5 м і частоту несучої 1950 МГц, отримаємо:

$$L_p = 137,4 + 35,2 \lg(R), \quad (4)$$

Визначивши з вираження (4) R , можна отримати площу ділянки (сайту), яка також є функцією конфігурації розбиття на сектори (5)

$$S_{site}(R) = K \cdot R^2 \quad (5)$$

Значення K залежать від числа секторів в сайті і представлені в таблиці 2.3

Таблиця 2.3 - Залежність коефіцієнта K від кількості секторів

Число секторів	1	2	3	6
Значення K	2,6	1,3	1,95	2,6

Після визначення площі, що покривається одним сайтом, необхідно оцінити величину трафіку, який підтримується на цій ділянці. Коли повторне використання частоти системи WCDMA дорівнює 1, система, як правило, обмежується по перешкодах повітряним інтерфейсом, і, таким чином, необхідно встановити залежність між величиною перешкод і ємністю сайту.

2.2.3 Коефіцієнт навантаження в upstream каналі

Для визначення необхідної потужності сигналу в upstream каналі, що передається MS j , обслуговуваною певною BS n може бути використане відношення (6). При цьому зазвичай вважається, що потужність сигналу від MS, що обслуговуються іншими BS, I_{oth} прямо пропорційна (з коефіцієнтом пропорційності i) потужності сигналу MS, що обслуговуються тією же BS, що і MS k , I_{own} [4].

$$\frac{W}{R_j \cdot v_j} \cdot \left(\frac{p_j}{I_{own} - p_j + I_{oth} + N} \right) = \frac{W}{R_j \cdot v_j} \cdot \left(\frac{p_j}{I_{own} - p_j + i \cdot I_{own} + N} \right) \geq (E_b / N_0)_j, j = 1, \dots, K_n, \quad (6)$$

де

W – чіпова швидкість в системі WCDMA

R_j – бітова швидкість, використовувана MS

v_j – коефіцієнт активності користувача на фізичному рівні

p_j – потужність сигналу MS j що приймається обслуговуючою її BS n

K_n – кількість MS, обслуговуваних BS n

N – потужність шуму порожнього сайту (зазвичай приймається рівною $-108,1$ dBm)

Перетворивши нерівність (6) в рівняння і, вирішуючи його відносно p_j , можна визначити мінімально необхідну потужність для прийому сигналу базовою станцією n .

$$p_j \cdot \left(1 + \frac{(E_b / N_0)_j \cdot R_j \cdot \nu_j}{W} \right) = \frac{(E_b / N_0)_j \cdot R_j \cdot \nu_j}{W} \cdot (1+i) \cdot I_{own} + \frac{(E_b / N_0)_j \cdot R_j \cdot \nu_j}{W} \cdot N \Rightarrow$$

$$p_j = \frac{1}{1 + \frac{(E_b / N_0)_j \cdot R_j \cdot \nu_j}{W}} \cdot (1+i) \cdot I_{own} + \frac{1}{1 + \frac{(E_b / N_0)_j \cdot R_j \cdot \nu_j}{W}} \cdot N, j=1, \dots, K \quad (7)$$

Якщо підсумувати по всіх MS, які обслуговуються BS n , то отримаємо рівняння навантаження в upstream каналі:

$$\sum_{j=1}^{K_n} p_j = \left[\sum_{j=1}^{K_n} \frac{1}{1 + \frac{(E_b / N_0)_j \cdot R_j \cdot \nu_j}{W}} \cdot (1+i) \right] \cdot \sum_{j=1}^{K_n} p_j + \left[\sum_{j=1}^{K_n} \frac{1}{1 + \frac{(E_b / N_0)_j \cdot R_j \cdot \nu_j}{W}} \right] \cdot N \Rightarrow$$

$$\sum_{j=1}^{K_n} p_j \cdot (1+i) = \frac{\left[\sum_{j=1}^{K_n} \frac{1}{1 + \frac{(E_b / N_0)_j \cdot R_j \cdot \nu_j}{W}} \cdot (1+i) \right] \cdot N}{1 - \left[\sum_{j=1}^{K_n} \frac{1}{1 + \frac{(E_b / N_0)_j \cdot R_j \cdot \nu_j}{W}} \cdot (1+i) \right]} \quad (8)$$

При цьому враховуємо, що $I_{own} = \sum_{j=1}^{K_n} p_j$

Коефіцієнт навантаження upstream каналу визначається як

$$\eta_{UL} = \sum_{j=1}^{K_n} \frac{1}{1 + \frac{(E_b / N_0)_j \cdot R_j \cdot \nu_j}{W}} \cdot (1+i) \quad (9)$$

і дозволяє прогнозувати величину перевищення перешкодами теплового шуму (10).

$$L = 10 \cdot \lg(1 - \eta_{UL}) \quad (10)$$

Запас на перешкоди в ресурсі лінії має дорівнювати максимальному прийнятому перевищенню перешкод.

Для оцінювання ємності сайту WCDMA необхідно використовувати дещо інше вираження коефіцієнта навантаження [5]:

$$\eta_{UL} = \frac{(1+i)}{W} \sum_{j=1}^N R_j \nu_j (E_b / N_0)_j \quad (11)$$

У таблиці 2.4 представлені роз'яснення позначень і їх параметри, що рекомендуються.

Таблиця 2.4 - Значення основних параметрів upstream каналу

	Визначення	Значення, що рекомендуються
N	Число користувачів на сайт	
v_j	Коефіцієнт активності користувача на фізичному рівні	0,67 для мови 1,0 для передачі даних
(E_b / N_0)	Енергія сигналу на біт, поділена на спектральну щільність шуму, яка повинна відповідати заданій якості обслуговування. Шум включає і тепловий шум, і перешкоди	Залежить від обслуговування, бітової швидкості, каналу з багатопроменевим завмиранням, рознесенням антен при прийомі, швидкості MS і так далі
W	Швидкість передачі чіпов WCDMA	3,84 Мчп/с
R_j	Бітова швидкість j користувача	Залежить від обслуговування
i	Відношення рівнів радіоперешкод від іншого сайту до перешкод у власному сайті, визначене приймачем BS	Макросайт з не напрямленою антеною: 55%

На рисунку 2.2 показана залежність пропускної спроможності від рівня шуму в upstream каналі. При розрахунку приймалися допущення $(E_b / N_0)_j = 1,5$ дБ і $i = 0,65$. Замість числа користувачів відображена повна пропускна спроможність сайту для всіх абонентів, що одночасно обслуговуються.

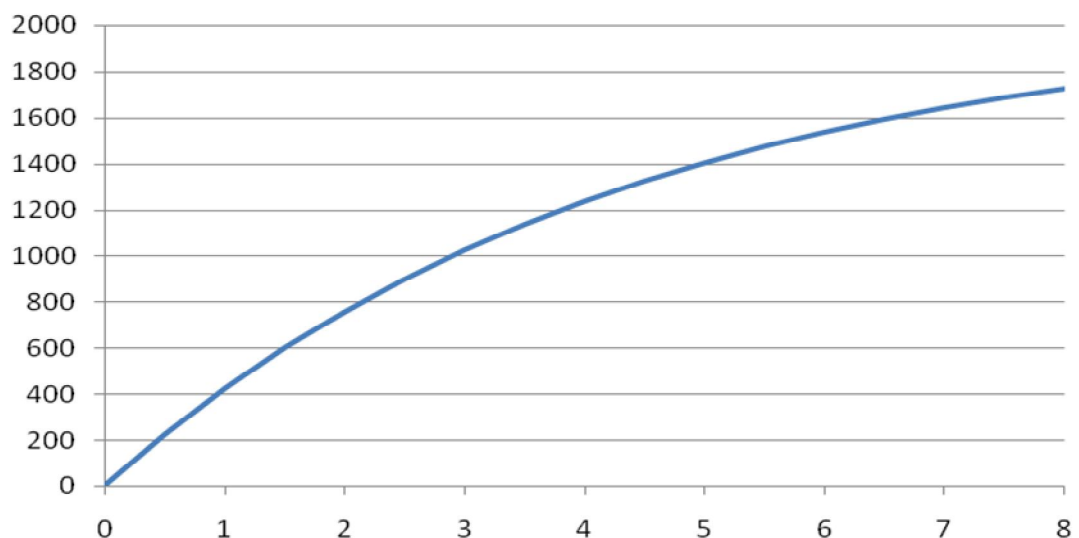


Рисунок 2.2 - Залежність пропускної спроможності сайту від рівня шуму

Як видно з рисунка збільшення рівня шуму з 2 дБ до 5дБ відповідає збільшенню пропускної спроможності сайту на 100%.

2.3 Аналіз параметрів downstream каналу

2.3.1 Коефіцієнт навантаження у downstream каналі

Коефіцієнт навантаження у downstream каналі η_{DL} можна визначити, ґрунтуючись на аналогічні принципи, як і для upstream каналу, хоча параметри будуть дещо відрізнятися (12):

$$\eta_{DL} = \sum_{j=1}^N \left[\frac{R_j \nu_j (E_b / N_0)_j \cdot ((1 - \alpha_j) + i_{DL})}{W} \right] \quad (12)$$

В порівнянні з коефіцієнтом навантаження в upstream каналі найбільш істотним новим параметром є α , який є коефіцієнтом ортогональності у downstream каналі. WCDMA використовує ортогональні коди у downstream каналі для розділення користувачів; ортогональність зберігається і без якогось-небудь багатопроменевого поширення, коли сигнал BS приймається MS. Проте, якщо має місце великий розкид затримки в радіоканалі, MS сприйматиме частину сигналу BS як перешкоду від множинного користування. Ортогональність, рівна 1, відповідає ідеальним ортогональним користувачам. Зазвичай, ортогональність в багатопроменевих каналах складає від 0,4 до 0,9.

У downstream каналі відношення радіоперешкод від іншого сайту до перешкод у власному сайті i_{DL} залежить від розташування користувача, а тому є різним для кожного j абонента, і може бути представлений у вигляді:

$$i_{DL} = \sum_{n=1, n \neq m}^N \frac{Lp_{mj}}{Lp_{nj}}, \quad (13)$$

де N - кількість сусідніх сайтів

Lp_{mj} - максимально допустимі втрати на трасі BS m , в зоні якої обслуговується абонент j ;

Lp_{nj} - максимально допустимі втрати на трасі BS n , сусідньої для BS m .

При моделюванні радіоперешкод у downstream каналі вплив передачі з м'яким хендовером може моделюватися як наявність додаткових з'єднань у сайті. Витрати на м'який хендовер визначаються як повне число з'єднань, поділених на загальне число користувачів мінус 1. У той же самий час слід

враховувати виграш при м'якому хендовері в порівнянні з E_b/N_0 для окремої радіолінії. Цей виграш, названий виграшем від об'єднання при макрорознесеннях, можна вивести з аналізу моделювання на рівні лінія/система і виміряти як зменшення необхідного відношення E_b/N_0 для кожного користувача.

Вплив рознесення антен при передачі має бути включений в необхідне відношення E_b/N_0 . Коефіцієнт навантаження у downstream каналі дуже схожий на коефіцієнт навантаження в upstream каналі в тому сенсі, що при наближенні до 1 система досягає своєї повної пропускної спроможності.

Для завдання розмірів у downstream каналі важливо оцінити повну необхідну величину потужності передачі BS. Вона має спиратися на усереднену потужність передачі для користувача, а не на максимальну потужність передачі на краю ділянки, показаній в ресурсі радіолінії.

Мінімальна необхідна потужність передачі для кожного користувача визначається середнім загасанням між передавачем і мобільним приймачем, тобто \bar{L} і чутливістю приймача MS в умовах відсутності радіоперешкод при множинному доступі (усередині або між сайтами). Тоді вплив збільшення перешкод, обумовлений радіоперешкодами, додається до цієї мінімальної потужності, і повна потужність є потужністю передачі, необхідною для користувача при "середньому" розташуванні у сайті. Математично повна потужність передачі може бути представлена наступним рівнянням:

$$P_{BSix} = \frac{N_{rf} \bar{L} \sum_{j=1}^N \frac{(E_b / N_0) \nu_j R_j}{W}}{1 - \bar{\eta}_{DL}}, \quad (14)$$

де N_{rf} - спектральна щільність шуму у вхідному каскаді приймача MS. Значення цього параметра можна набути з

$$N_{rf} = -108.2 \text{ dBm} + NF, \quad (15)$$

де NF - коефіцієнт шуму приймача MS при типових значеннях 5 - 9 дБ.

Коефіцієнт навантаження можна апроксимувати його середнім значенням:

$$\bar{\eta}_{UL} = \sum_{j=1}^N \left[\frac{R_j \nu_j (E_b / N_0)_j}{W} \cdot \left((1 - \bar{\alpha}_j) + \bar{i}_{DL} \right) \right] \quad (16)$$

Для дослідження пропускної спроможності низхідного каналу приймалися значення $(E_b / N_0) = 4$ дБ, рівень перешкод від інших сайтів $\bar{i} = 0,65$, ортогональність $\bar{\alpha} = 0,6$. Потужність передавача BS дорівнює 10 Вт.

На рисунку 2.3 представлена залежність пропускної спроможності downstream каналу (Кбіт/с) від максимально допустимих втрат на трасі (дБ) при різних потужностях передавача BS (10 і 20 Вт). Як видно з рисунка, збільшення потужності на 100% дає дуже маленький вигравш в пропускній спроможності, а значить, є неефективним. Правильнішим є розділення потужності у downstream каналі між несучими, але такий спосіб вимагає, аби розподіл частот оператором дозволяв використовувати дві несучі на BS.

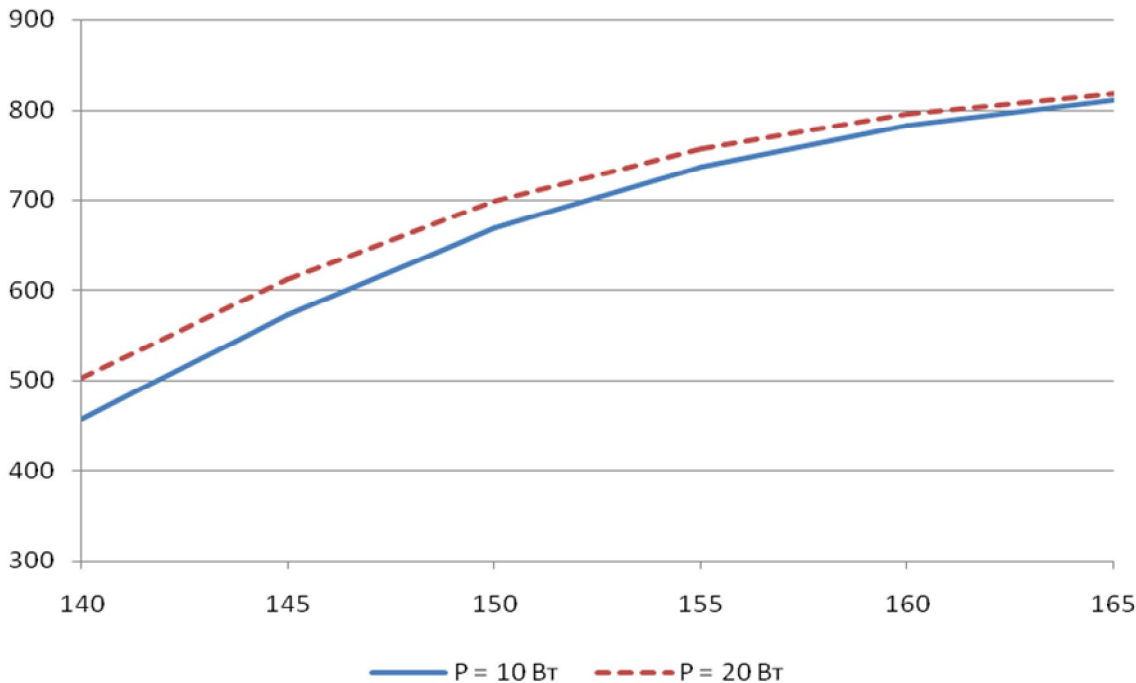


Рисунок 2.3 - Дослідження пропускної спроможності downstream каналу

2.3.2 Аналіз зони обслуговування у downstream каналі

У downstream каналі зона обслуговування залежить від навантаження більше, ніж у upstream каналі. Це пояснюється тим, що у downstream каналі максимальна потужність передачі залишається однаковою - ті ж 10 Вт незалежно від числа користувачів використовуються спільно, тоді як в upstream каналі кожен додатковий користувач має свій власний підсилювач потужності. Тому навіть при низькому навантаженні у downstream каналі зона обслуговування зменшується при збільшенні числа користувачів.

Для дослідження залежності між пропускною спроможністю downstream каналу і радіусом сайту були прийняті значення $E_b/N_0 = 2$ дБ, рівень перешкод від інших сайтів $\bar{i} = 0,65$, ортогональність $\bar{\alpha} = 0,6$. Дослідження проводилося при двох значеннях потужності передавача BS – 10 Вт і 20 Вт. Результат дослідження відображує на рисунку 2.4

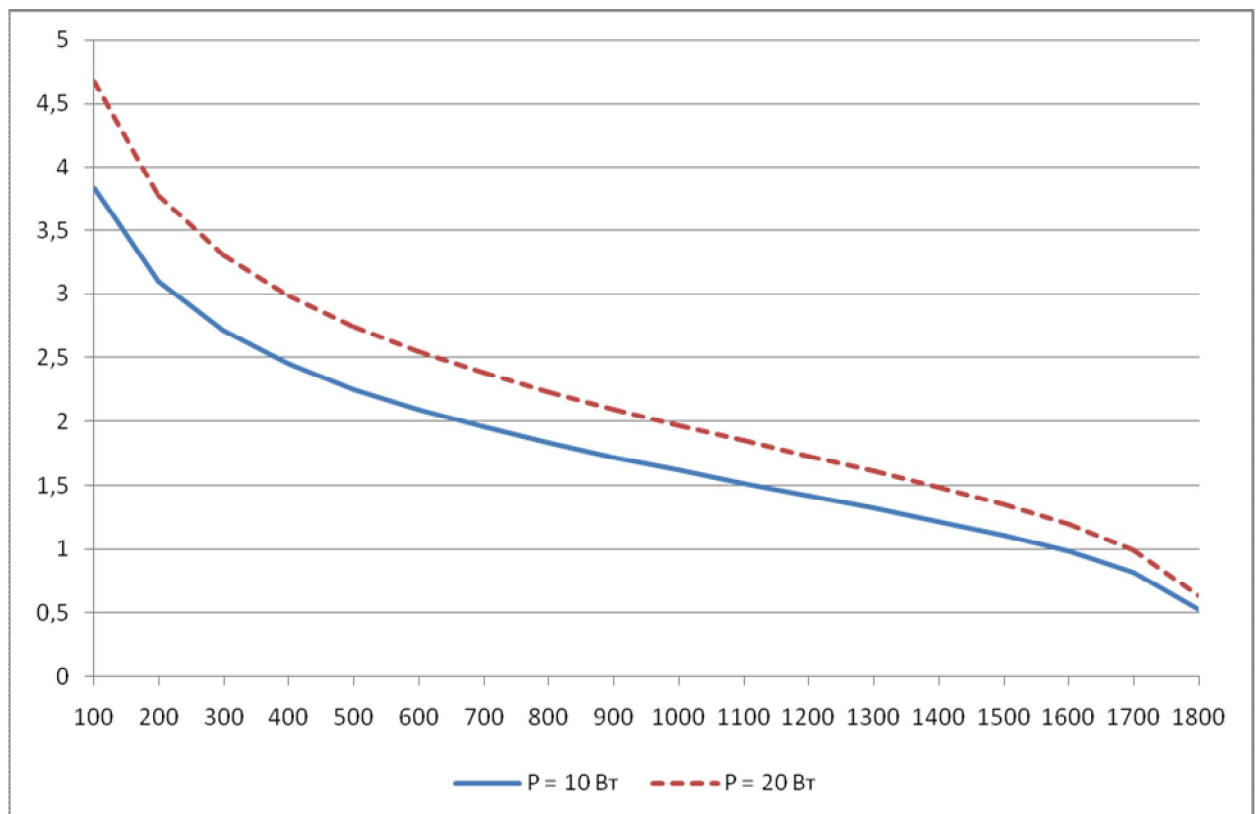


Рисунок 2.4 - Залежність радіусу сайту від пропускної здатності downstream каналу

Варто відзначити, що значення E_b/N_0 істотно впливає на максимальну пропускну спроможність downstream каналу. Для високих швидкостей

передачі потрібне відношення E_b/N_0 має тенденцію до зниження. Так $E_b/N_0 = 5,5$ дБ при ортогональності $\bar{\alpha} = 0,6$ дозволяє отримати повну пропускну спроможність порядку 800 Кбіт/с/сайт. А при зменшенні E_b/N_0 до 2дБ, можливо отримати пропускну спроможність порядку 1800 Кбіт/с/сайт.

Ще одна важлива особливість полягає в тому, що чим нижче вимога до E_b/N_0 , тим менша потужність потрібна для забезпечення тих же робочих характеристик і тим більше може бути радіус сайту.

Висновки

У представленій роботі проаналізовані параметри upstream/downstream каналів радіоінтерфейсу WCDMA. Метою дослідження було встановити, яким чином параметри каналів впливають на ємність сайтів мережі та розміри зони обслуговування. За результатами роботи можна сформулювати наступні висновки:

- зона обслуговування може бути визначена за допомогою моделі поширення радіохвиль, наприклад, Окумура-Хата, на основі даних ресурсу каналу;
- в макросайтах зона обслуговування визначається дальністю дії по upstream каналу, тому що потужність передавача MS набагато менша за потужність передавача BS;
- для прогнозування ємності сайту може бути використаний коефіцієнт навантаження. Оскільки в мережі UMTS пропускна здатність upstream та downstream каналів може відрізнятися одна від одної, то коефіцієнт навантаження розраховується окремо для каналів кожного виду;
- пропускна спроможність downstream каналу може обмежувати зону обслуговування. Якщо потрібно забезпечити надійну роботу сервісів, які вимагають високі швидкості передачі, необхідно зменшити розміри сайтів і тим самим збільшити їх пропускну спроможність.

Результати дослідження можуть бути корисними на етапі початкового планування UMTS мережі, коли на основі вимог до ємності, зони обслуговування та якості сервісів, визначається приблизна кількість базових станцій.

В даній роботі практично не враховувались м'який хендовер, рознесений прийом та вплив від сусідніх каналів та мереж інших операторів.

Вказані параметри будуть розглядатися під час подальших досліджень, присвячених детальному плануванню та оптимізації мережі UMTS.

Перелік посилань

1. Бакланов И.Г. NGN:принципы построения и организации / под ред. Ю.Н. Чернышова. – М.: Эко-Трендз, 2008 – 400 с.: илл.
2. Невдяев Л.М. Мобильная связь третьего поколения. – М.: Международный центр научной и технической информации, 2000 – 208 с.
3. Попов В.А., Воропаева В.Я., Верховский Я.М. Алгоритм оптимальной кластеризации для сетей сотовой связи. // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. Випуск 13 (121). - Донецьк-2007. С. 53-58.
4. Radio network planning and optimization for UMTS / edited by Jaana Laiho, Achim Wacker, Tomas Novosad – John Wiley & Sons LTD, England, 2006 – 630 p.
5. Christophe Chevallier and others. WCDMA (UMTS) Deployment Handbook. Planning and optimization. – John Wiley & Sons LTD, England, 2006 – 390 p.