

4 MAC РІВЕНЬ

Об'єкти MAC рівня E-UTRA розділяють на два типи: один у користувальницькому встаткуванні (UE), іншої в E-UTRAN. MAC об'єкти передаються по наступних транспортних каналах:

1. Broadcast Channel (BCH)
2. Downlink Shared Channel (DL-SCH);
3. Paging Channel (PCH);
4. Uplink Shared Channel (UL-SCH);
5. Random Access Channel (RACH).

Функції, виконувані MAC об'єктами в користувальницькому встаткуванні й в E-UTRAN різні. На рисунку 5.1 показано можливу структуру MAC об'єктів з боку користувальницького встаткування.

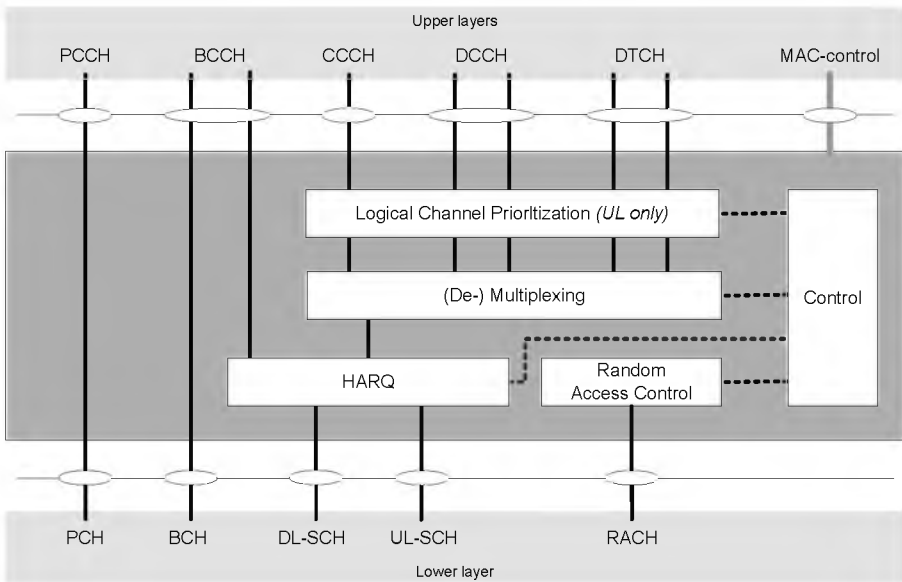


Рисунок 4.1 –MAC структура з боку користувальницького встаткування

4.1 Функції MAC рівня

Наступні функції виконуються MAC рівнем:

1. Мапінг між логічними й транспортними каналами
2. Мультимплексування
3. Демультимплексування
4. Усунення помилки через HARQ
5. Обробка пріоритету між UE за допомогою динамічного планування
6. Обробка пріоритету між логічними каналами одного UE
7. Керування пріоритетами логічних каналів
8. Вибір формату передачі.

Таблиця 4.1 – MAC функції і їхнє застосування в різних каналах

Функція	UE	eNB	Downlink	Uplink
Мапінг між логічними й транспортними каналами	X		X	X
		X	X	X
Мультимплексування	X			X
		X	X	
Демультимплексування	X		X	
		X		X
Усунення помилки через HARQ	X		X	X
		X	X	X
Вибір формату передачі		X	X	X
Обробка пріоритету між UE за допомогою динамічного планування		X	X	X
Обробка пріоритету між логічними каналами одного UE		X	X	X
Керування пріоритетами логічних каналів	X			X

4.2 Логічні канали

MAC рівень забезпечує передачу даних по логічних каналах. Ряд логічних каналів перепризначений для різних видів передачі даних. Кожний тип логічних каналів визначає, яка інформація з нього передається. MAC містить керуючі канали, і канали трафіка як показано в таблиці 4.2.

Таблиця 5.2 – Логічні канали

Назва логічного каналу	Скорочення	Керуючий канал	Канал трафіка
Broadcast Control Channel	BCCH	X	
Paging Control Channel	PCCH	X	
Common Control Channel	CCCH	X	
Dedicated Control Channel	DCCH	X	
Dedicated Traffic Chanl	DTCH		X

Широкомовний канал керування BCCH використовується для передачі системних керуючих повідомлень у нисхідному каналі.

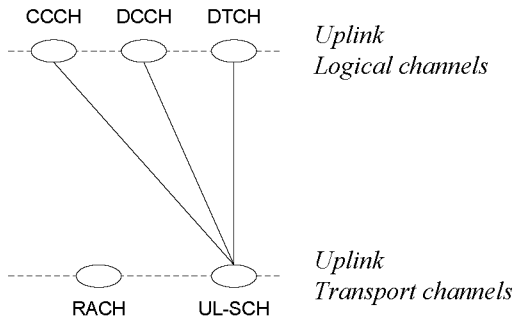
Канал керування пошуковими радіо викликами PCCH - для передачі пошукового радіо виклику (paging) у нисхідному каналі (використовується, якщо мережа не знає точного місця розташування абонента).

Загальний канал керування CCCH призначений для обміну інформацією між мережею й користувальницьким устаткуванням в обох напрямках.

DCCH виділений канал керування - двонаправлений канал для обміну керуючою інформацією між мережею й UE. (Установлюється процедурою RRC установлення зв'язку).

4.3 Мапінг логічних каналів

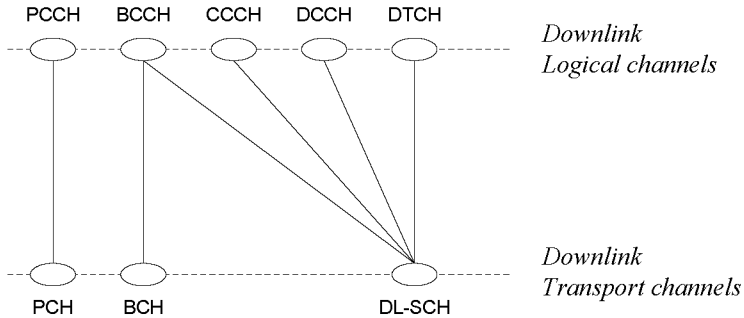
4.3.1 Uplink



Транспортний канал Логічний канал	UL-SCH	RACH
CCCH	X	
DCCH	X	
DTCH	X	

Рисунок 4.2– Мапінг логічних каналів uplink

4.3.2 Downlink



Транспортний канал Логічний канал	BCH	PCH	DL-SCH
BCCH	X		X
PCCH		X	
CCCH			X
DCCH			X
DTCH			X

Рисунок 4.3 – Мапінг логічних каналів downlink

4.4 MAC процедури

4.4.1 Процедура пошуку

Це процедура, відповідно до якої термінал знаходить стільник, для організації з'єднання. Як частина процедури пошуку стільника, термінал одержує ідентифікаційний номер. Крім того, процедура пошуку також забезпечує оцінку параметрів прийому системної інформації, так само вона містить набір параметрів необхідних для одержання доступу до системи. LTE підтримує 510 різних ідентифікаторів стільників, вони розділені на 170 груп, по трьох ідентифікатора в кожному стільнику.

Процедура пошуку в LTE здійснюється в кілька етапів. Для полегшення процедури використовуються первинні й вторинні сигнали синхронізації. Первинні й вторинні сигнали синхронізації - певні послідовності, вставлені в останні два символи OFDM у першому й п'ятому слоті нульового субкадру як показано на рисунку 4.4. На додаток до сигналів синхронізації, у процедурі пошуку можуть також використовуватися опорні сигнали.

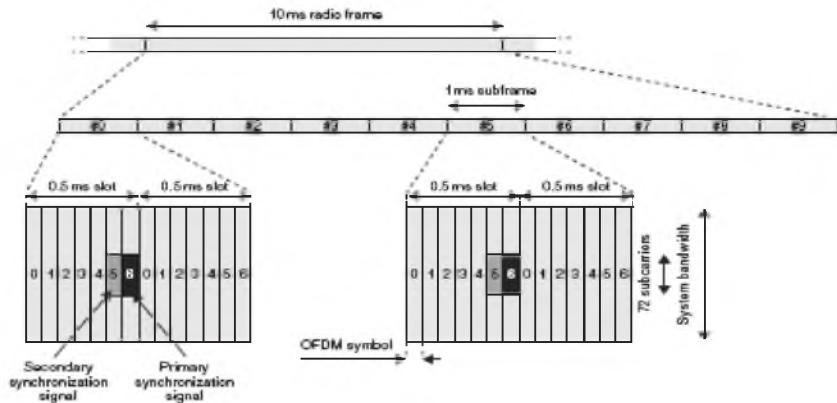


Рисунок 4.4 – Первинні й вторинні сигнали синхронізації

4.4.2 Процедура пошуку стільників

На першому етапі процедури пошуку мобільний пристрій використовує первинні сигнали синхронізації. Варто відзначити, що первинні сигнали синхронізації передаються двічі в кожному кадрі, щоб спростити handover між іншими ситеми радіодоступу, наприклад GSM до LTE. Таким чином, первинний сигнал синхронізації може тільки надати часовий кадр тривалістю 5 мс.

Наступний крок – виявлення ідентифікатора стільника й визначення часової структури кадру. Це здійснюється за рахунок спостереження за парами слотів, де передаються вторинні сигнали синхронізації. Припустимо (s1,s2) – припустима пара з послідовності, де s1 і s2 представляють собою вторинний сигнал синхронізації в нульовому й п'ятому субкадрі, відповідно зворотна пара (s2,s1) не є правильною послідовністю. Використовуючи цю властивість, термінал може визначити синхронізацію кадру. Крім того, кожна комбінація – це один з ідентифікаторів стільників, використовуючи який термінал може одержувати відомості про псевдовипадкову послідовність використовуваної для генерації опорних сигналів у соте. Як тільки процедура пошуку завершена, термінал одержує інформацію системи, що містить такі параметри як смуга пропускання й т.д.

4.4.3 Процедури випадкового доступу

Основна вимога для будь-якої стільникової системи це можливість установки з'єднання. Звичайно це називається випадковий доступ і задовольняє наступним двом вимогам в LTE:

- 1) установлення синхронізації uplink
- 2) установлення унікальності терміналу, C-RNTI

Таким чином, випадковий доступ використовується не тільки для первісного доступу, але так само й після періоду бездіяльності uplink, коли синхронізація втрачена.

Повна процедура випадкового доступу показана на рисунку 4.5, вона складається із чотирьох етапів:

1. Спочатку відбувається передача преамбули випадкового доступу, дозволяючи eNode оцінити синхронізацію передачі
2. Другий крок складається з передачі команди вдосконалення синхронізації, щоб коректувати синхронізацію передачі терміналу.
3. Передача мобільним терміналом повідомлення про ідентифікацію, використовуючи UL-SCH. Точний зміст цього повідомлення залежить від стану терміналу, особливо чи є даний термінал уже відомим цієї мережі.
4. У завершенні процедури передається повідомлення підтвердження рішення від мережі до терміналу по каналі DL-SCH. У цьому кроці так само приймаються рішення щодо безлічі терміналів, що намагаються одержати доступ, використовуючи однакові ресурси випадкового доступу.

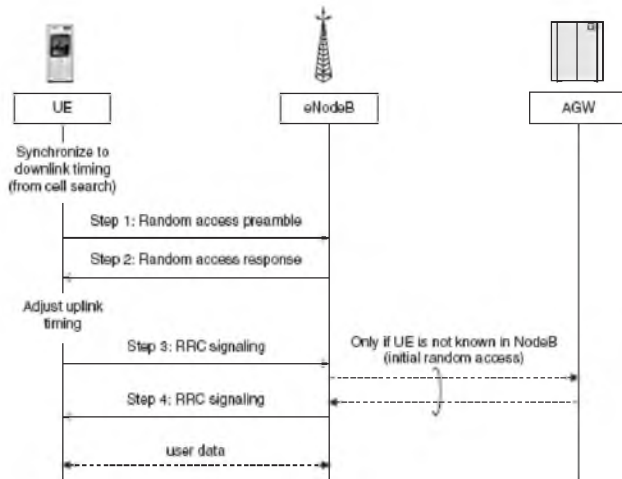


Рисунок 4.5 – Процедура випадкового доступу

4.5 Протоколи HARQ/ARQ

Для забезпечення надійної передачі інформації в технології LTE реалізована динамічна ефективна дворівнева система повторної передачі, що реалізує протокол Hybrid ARQ (Automatic Repeat Query), або HARQ зазначений протокол забезпечує з невеликими накладними витратами на зворотний зв'язок і повторну посилку даних, і доповнений високонадійним протоколом селективного повтору ARQ.

Протокол HARQ надає прийомному пристрою надлишкову інформацію, що дає йому можливість виправляти певну частину помилок. Повторні передачі по протоколі HARQ створюють додаткову інформаційну надмірність, потрібну в тому випадку, якщо для усунення помилок першої передачі виявилось недостатньо. Повторна передача пакетів, не виправлених протоколом HARQ, здійснюється за допомогою протоколу ARQ.

Дане рішення забезпечує малу затримку передачі пакетів з невеликими накладними витратами, при цьому надійність зв'язку гарантується. Більшість помилок виявляються й виправляються за допомогою протоколу HARQ. Тому повторна передача даних по протоколу ARQ (що пов'язане з більшими накладними витратами й підвищує час затримки передачі пакетів) відбувається лише зрідка

В Downlink HARQ є асинхронним. Коли блоки HARQ передаються, вони супроводжуються інформацією контролю, такий як ідентифікатор процесу HARQ, нова передача/повторна передача.

У цієї схеми є наступні переваги:

1. Повна гнучкість планування різних потоків даних відповідно до їхніх відповідних пріоритетів
2. Оскільки ресурси для процесів HARQ не визначені, блоки можуть бути змодульовані й закодовані відповідно до стану зв'язку.

В Uplink передача HARQ синхронна, це означає, що блоки HARQ визначені для передачі й повторної передачі. У такий спосіб для передачі в Uplink, немає ніякої потреби в передачі інформації контролю.

5 БАГАТОАНТЕННІ РІШЕННЯ

Схеми, у яких використовується багато антен, незалежно від того чи йде мова про формування діаграми спрямованості, або про багаторівневу передачу, відіграють значну роль у збільшенні швидкості передачі даних, охопту і ємності. Досить великий потенціал, що забезпечує можливість використання просторового домена, у цей час ще не повністю використаний. Багаторівнева передача, відома і як багаторазовий вхід - багаторазовий вихід (MIMO - Multiple Input, Multiple Output), може використовуватися для збільшення швидкості передачі. У цьому випадку окремому користувачеві посилають паралельні потоки даних. Такі техніки, які, в основному, застосовні в сценаріях з високим відношенням між сигналом і шумом (SNR - Signal to Noise Ratio), і де радіоканал містить високе розсіювання у першу чергу використовуються в нисхідній лінії зв'язку. Термінал розділяє потоки даних, використовуючи для цього характеристики каналів, а також знання про кодову схему, що використовувала базова радіостанція. Багаторівневі схеми передачі у випадку LTE повинні бути стандартизовані. Одним з

багатообіцяючих підходів є вибірковий контроль швидкості по антені (S-PARC - Selective Per-Antenna RateControl), що пристосовує число рівнів і швидкість передачі по окремому рівні відповідно до поточних умов радіоканалу.

Використання багатоантенної передачі інформації в системах мобільного зв'язку поліпшує технічні характеристики останніх і розширює їхні можливості в плані обслуговування абонентів. У технології LTE передбачені два методи багатоантенної передачі: рознесена (SDMA) і багатопоточна (MIMO), частим випадком якої є формування вузького радіопромменя (Beamforming).

В LTE рознесена передача заснована на методі просторово-частотного блокового кодування (SFBC), доповненого рознесенням за часом зі зрушенням частоти (FSTD) при використанні чотирьох антен. Рознесена передача застосовується в основному на загальних спадних каналах, у яких не можна використовувати функцію диспетчеризації залежно від стану каналу зв'язку.

При багатопоточній передачі для одночасного пересилання декількох потоків даних по тому самому радіоканалі використовують трохи передавальних і прийомних антен (на базовій станції мережі й у термінальному пристрої відповідно). Це значно підвищує максимальну швидкість передачі даних. Наприклад, при установці чотирьох антен на базовій станції й такому ж числі антен у термінальному пристрої (на прийомній стороні) можна одночасно пересилати до чотирьох потоків даних по тому самому радіоканалі, фактично збільшуючи його пропускну здатність у чотири рази.

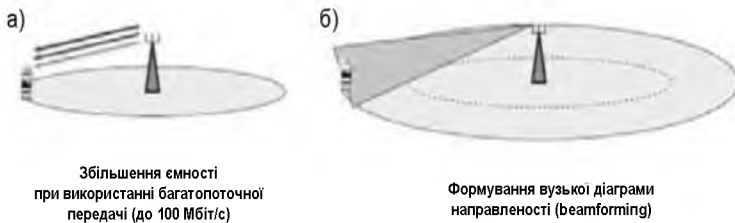


Рисунок 5.1 – Передові антенні рішення

У мережах з невеликим робочим навантаженням або маленькими стільниками багатопоточна передача дозволяє реалізувати дуже високу пропускну здатність радіоканалів і ефективніше використовувати радіоресурси. У випадку ж з більшими стільниками й досить інтенсивним навантаженням якість каналу не дає можливості використовувати багатопоточну передачу. Тоді з метою підвищення якості сигналу кілька

передавальних антен доцільніше задіяти для формування вузького променя (beamforming) при передачі одного потоку даних (рисунок 5.1).

Для досягнення гарної якості роботи мережі при різних умовах експлуатації в технології LTE реалізована адаптивна багатопоточна передача, при якій число потоків, що пересилаються одночасно, даних може постійно регулюватися відповідно до мінливого стану каналу зв'язку. Якщо стан каналу задовільний, можна одночасно пересилати до чотирьох потоків даних, досягаючи тим самим швидкості їхньої передачі до 100 Мбіт/с при ширині займаної смуги частот 20 МГц. При не настільки сприятливому стані каналу передається менше число потоків. У цій ситуації антени частково використовуються для формування вузької діаграми спрямованості, що підвищує загальну якість прийому й, як наслідок, збільшує пропускну здатність системи й розширює зону обслуговування (до 100-120 км). Для забезпечення великої зони радіопокриття або високої швидкості передачі даних на границі стільника можна передавати один потік даних у вузькому промені.

6 МЕРЕЖЕВА АРХІТЕКТУРА SAE

Для переходу до мереж 3G LTE консорціумом 3GPP була запропонована нова мережна інфраструктура (System Architecture Evolution). Метою й сутністю концепції SAE є ефективна підтримка широкого комерційного використання будь-якої послуги на базі IP і забезпечення безперервного обслуговування абонента при його переміщенні між мережами, які відповідають і не відповідають специфікаціям 3GPP (GSM, UMTS, WCDMA і т.д.). Архітектура LTE/SAE знижує експлуатаційні й капітальні витрати. Нова, плоска модель, наприклад, означає, що буде потрібно підвищити пропускну здатність вузлів тільки двох типів базових станцій і шлюзів, щоб вони впоралися із трафіком у випадку його значного росту. Крім того, явно простежується тенденція до все більшого ступеня автоматизації.

SAE описує розподіл необхідних функцій до логічних вузлів і необхідні інтерфейси між вузлами. Необхідними функціями є функції доступу до радіомережі (RAN function). Однак у мобільній мережі так само існують додаткові функції, які потрібні для надання різних послуг: аутентифікація, необхідна для визначення дійсності абонента; установка послуг, необхідних, для того щоб гарантувати безперервне з'єднання й т.д. Як показано на рисунку. 6.1 системна архітектура розділена на дві частини: мережа радіодоступу (Radio access network, RAN) і core network (CN).