

## Лекція 5

### Цифрові системи мобільного зв'язку стандарту GSM

#### 5.1. Загальна характеристика стандарту GSM

Розглянемо, як створювався єдиний загальноєвропейський стандарт мобільного зв'язку.

В 1982 році Конференція європейських поштових і телекомунікаційних відомств – СЕРТ (*Conference European Posts and Telegraphs*) з метою вивчення і розробки загальноєвропейської системи стільникового мобільного зв'язку загального користування створила групу, що отримала назву **Group Special Mobile (GSM)**, для розробки **Глобальної системи мобільного зв'язку (Global System for Mobile communication, скорочено – GSM)**.

В 1990 р. публікуються вимоги до системи стільникового зв'язку стандарту GSM, а її застосування – з 1991 р.

GSM відповідно до Рекомендацій СЕРТ повинна була задовольняти наступним критеріям:

- висока якість передачі мовної інформації;
- низька вартість устаткування і послуг, що надаються;
- бути загальноєвропейською системою стільникового зв'язку;
- найбільш ефективно використовувати радіочастоти і мати спектральну ефективність;
- мати високу, відповідаючу зростаючим вимогам, ємність;
- бути сумісною з цифровою мережею інтегрованих послуг – ISDN (Integrated Services Digital Network) і з іншими системами передачі даних;
- підтримувати безпеку передачі інформації;
- підтримувати міжнародний роумінг;
- підтримувати портативне обладнання користувача тощо.

Відповідно до Рекомендацій СЕРТ стандарт GSM 900 передбачає роботу в двох діапазонах частот:

- 890.. 915 МГц – прямий канал (з БС на РС);
- 935...960 МГц – зворотний канал (з РС на БС).
- Рознесення за частотою прямого і зворотного каналу (дуплексне рознесення) складає 45 МГц.
- Рознесення частот між сусідніми каналами складає 200 кГц. Таким чином, у відведеній для прийому (передачі) смузі частот шириною 25 МГц розміщуються 124 канали зв'язку.

В стандарті GSM 1800 передбачається робота в діапазонах 1710... 1785 МГц (БС), і 1805... 1880 МГц (РС), що при тому ж самому рознесенні частот між сусідніми каналами дозволяє розмістити 374 канали.

В стандарті GSM використовується багатостанційний доступ з часовим розділенням. Це дозволяє на одному частотному каналі розмістити 8 фізичних каналів.

Обробка мови здійснюється на основі системи переривчастої передачі мови DTX, яка забезпечує ввімкнення передавача тільки під час розмови. Для перетворення мовних сигналів використовується мовний кодек RPE/LTP-LPC з регулярним імпульсним збудженням і швидкістю перетворення мови 13 кбит/с.

Для захисту від помилок, що виникають в радіоканалах, застосовується блокове та згорткове кодування з переміжністю. Підвищення ефективності

кодування і перемежування досягається повільним перемиканням робочих частот в процесі сеансу зв'язку (217 стрибків в секунду).

Для боротьби із завмираннями сигналів, викликаними багатопроблемним розповсюдженням радіохвиль, використовуються еквалайзери, які забезпечують вирівнювання імпульсних сигналів з середньоквадратичним відхиленням часу затримки до 16 мкс.

Система синхронізації розрахована на компенсацію абсолютного часу затримки сигналів до 233 мкс, що відповідає дальності зв'язку (максимальному радіусу стільника) 35 км.

Для модуляції радіосигналу використовується спектрально-ефективна гауссовська частотна маніпуляція з мінімальним частотним зсувом (GMSK).

Основні характеристики стандарту GSM зведені в **табл. 5.1** (в дужках – дані стандарту GSM 1800).

**Таблиця 5.1.** Основні характеристики стандарту GSM

Найменування характеристики	Значення характеристики
Частотний діапазон прямого каналу, МГц	935... 960 (1805...1880)
Частотний діапазон зворотного каналу, МГц	890...915 (1710..1785)
Дуплексне рознесення частот прийому і передачі, МГц	45
Швидкість передачі повідомлень в радіоканалі, кбит/с	270,833
Швидкість перетворення мовного кодека, кбит/с	13
Ширина смуги каналу зв'язку, кГц	200
Максимальне число каналів зв'язку	124(374)
Максимальне число каналів, що організуються в БС	16-20
Вид модуляції	GMSK
Нормована смуга	0,3
Ширина смуги гауссовського фільтру, кГц	81,2
Кількість стрибків по частоті в секунду	217
Часове рознесення в інтервалах TDMA кадру (передача/прийом) для РС	3
Вид мовного кодека	RPE/LTP-LPC
Максимальний радіус комірки, км	35
Вид множинного доступу	TDMA/FDMA

## 5.2. Структура стандарту GSM та його особливості

Стандарти в області зв'язку необхідні для забезпечення сумісності технічних рішень, які пропонуються різними компаніями – виробниками апаратури.

Питаннями стандартизації в області зв'язку займається велике число організацій. Основні з них, пов'язані із стандартом GSM:

– Міжнародний союз електрозв'язку ІТУ (International Telecommunications Union).

– Міжнародна організація стандартів ІСО (International Standards Organization).

– Європейський інститут стандартів електрозв'язку ETSI (European Telecommunications Standards Institute).

У всіх публікаціях ETSI, що розробив стандарт GSM, послідовно проводиться основна думка, що стандарт *GSM не визначає, як саме будувати апаратуру, проте детально визначає інтерфейси і функції, які виконуються цією апаратурою.*

Тим самим не обмежується ініціатива конструкторів-розробників апаратури, а операторам стільникових мереж надається можливість закупівлі і використання апаратури різних фірм-виробників.

Стандарт GSM 900 складається з більш, ніж 100 книг (специфікацій) – GSM Technical Specifications, поєднаних в 12 серій, від 2 до 30 книг в кожній серії.

Схема, що ілюструє функціональну побудову системи стільникового мобільного зв'язку стандарту GSM, була детально розглянута в перших лекціях даного курсу мобільного зв'язку. Там же було роз'яснено призначення основних елементів цієї системи і характер їх взаємодії. Тому тут доцільно розглянути тільки особливості, властиві стандарту GSM.

Для контролю легальності використання кожна мобільна станція має унікальний міжнародний ідентифікатор мобільного устаткування (**IMEI – international mobile station equipment identity**). Крім того, кожен абонент отримує стандартний змінний модуль автентичності абонента (**SIM-карту – subscriber identity module**), який містить міжнародний ідентифікаційний номер (**IMSI - international mobile station subscriber identity**), персональний ідентифікаційний номер (**PIN -personal identification number**), персональний код розблокування (**PUK – personal unblocking key**), індивідуальний ключ (**Ki**) і алгоритм (**A3**) аутентифікації, а також іншу інформацію (зокрема, SIM-карта може зберігати дані, такі як електронний записник).

Ідентифікатори IMEI і IMSI не пов'язані один з одним, що дозволяє використовувати різні SIM-карти (наприклад, зареєстровані в різних мережах) з одним мобільним терміналом або одну SIM-карту на різних мобільних терміналах.

**По вихідній потужності РС діляться на 5 класів: 20 (клас 1), 8, 5, 2 і 0,8 (клас 5) Вт. Для мобільних телефонів типовим значенням максимальної потужності є 2 Вт (клас 4).**

В стандарті GSM передбачено управління потужністю випромінювання РС. Мінімальний рівень випромінювання РС 20 мВт. РС оцінює якість сигналу (за частотою бітових помилок), що приймається, і передає відповідну інформацію КБС, який ухвалює рішення про регулювання рівня вихідної потужності. Крок регулювання потужності складає 2 дБ.

### **5.3. Архітектура радіоінтерфейсу**

Стандарт GSM передбачає роботу в двох діапазонах частот:

- 890...915 МГц – для передавачів РС;
- 935...960 МГц – для передавачів БС.

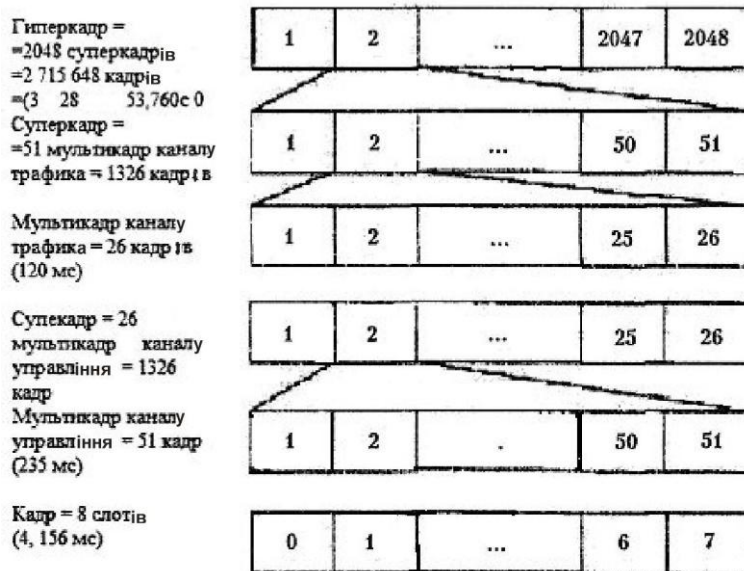
В стандарті використовується вузькополосний (ширина смуги каналу зв'язку 200 кГц) багатостанційний доступ, що поєднує частотне FDMA і часове TDMA розділення каналів. В рамках частотного розділення стандарт з урахуванням захисних смуг містить 124 дуплексні канали з рознесенням частот прийому і передачі в 45 МГц.

Центральна частота каналу (в МГц) пов'язана з його номером співвідношеннями:

- зворотний канал (uplink) –  $f_0 = 890,200 + 0,200 * J, 1 < J < 124$  ;
- прямий канал (downlink) –  $f_0 = 935,200 + 0,200 * J, 1 < J < 124$ .

В рамках часового розділення передача інформації по каналу зв'язку здійснюється протягом одного з 8 часових інтервалів (слотів) тривалістю 577 мкс на кожній з 124 несучих.

Організаційно 8 слотів об'єднуються в кадри тривалістю 4,615 мс, які у свою чергу послідовно групуються в мультикадри, суперкадри та гіперкадри. Тривалість останнього визначає період послідовності кадрів в часовій структурі стандарту GSM. Номер кадру в межах гіперкадру використовується як вхідний параметр при криптографічному захисті даних, що передаються. Загальна структура кадрів і кількісні співвідношення між її елементами подана на **рис. 5.1**.



**Рис. 5.1**

Кожні 4,615 мс (тобто для кожного кадру) несуча частота змінюється за псевдовипадковим законом (із збереженням дуплексного рознесення 45 МГц). Всім активним абонентам, що перебувають в одній комірці, в процесі встановлення каналу призначається єдина частотно-часова матриця. Ортогональність послідовностей перемикавання частот для активних абонентів комірки, що працюють в одному часовому слоті, забезпечується різним початковим частотним зсувом. В суміжних комірках використовуються різні формуючі послідовності.

Цифровий інформаційний потік є послідовністю пакетів, які розміщуються у відповідних часових інтервалах (слотах).

Пакети формуються трохи коротше, ніж слоти, їх тривалість складає 0,546 мс, що необхідне для надійного прийому повідомлення за наявності дисперсії в каналі. Інформаційне повідомлення передається по радіоканалу із швидкістю 270,833 кбит/с (слот містить 156,25 біт, тривалість одного біта 3,69 мкс).

По каналу зв'язку передається або інформація сигналізації, або кодована мова або дані, тому у фізичному каналі можуть бути реалізовані

або логічні канали трафіку, або канали управління, причому кожний з них може існувати в декількох варіантах.

На **рис. 7.2** показана класифікація логічних каналів стандарту GSM. Стрілки позначають напрям передачі: вниз – передача від БС до РС або передача зверху вниз (прямий канал), вгору – передача від РС до БС (зворотний канал) знизу до верху, двонаправлена стрілка – передача в обох напрямках.



**Рис. 5.2**

В стандарті GSM визначені наступні типи логічних каналів:

**Користувацькі (тобто призначені для користувача) канали (Т), або канали трафіку (traffic channels, ТСН) є двосторонніми.** При передачі мови забезпечують швидкість 22,8 кбит/с або 11,4 кбит/с. Ці канали використовуються і для передачі даних з швидкостями від 2,4 кбит/с до 9,6 кбит/с.

Визначені наступні типи каналів трафіку:

**ТСН/FS (traffic channels I full speech)** – повношвидкісні канали трафіку мови, які утворені послідовністю слотів з однаковими номерами в межах кадру;

**ТСН/HS (traffic channels I half speech)** – напівшвидкісні канали трафіку мови, сформовані послідовністю слотів з однаковими номерами парних або непарних кадрів;

**ТСН/F9.6, ТСН/F4.8** – повношвидкісні канали трафіку даних із швидкістю 9,6 і 4,8 кбит/с відповідно тощо.

**Канали управління (control channels)** забезпечують передачу сигналів управління і синхронізації.

Розрізняють декілька типів каналів управління:

**1. BCCH (broadcast control channels)** – мовні канали управління (канали забезпечення радіообміну). Призначені для передачі сигналів управління в напрямі від БС до РС в мовному режимі, тобто без конкретної адресації, і забезпечують настройку РС для роботи з мережею. До складу логічних каналів цього типу входять наступні 3 канали:

**1) FCCH (frequency correction channel – канал F підстроювання частоти), який забезпечує підстроювання частоти несучої в РС;**

**2) SCH (synchronization channel – канал S синхронізації),** призначений для циклової синхронізації РС в процедурі доступу і для передачі ідентифікатора БС, яка обслуговує дану зону;

**3) BCCH (канал управління передачею) - контрольний канал В,** що використовується для передачі інформації про зону обслуговування (ідентифікатора зони обслуговування LAI – *location area identity*, періоду реєстрації).

**2. CCCH (common control channels) – загальні канали управління:**

**PCN (paging channel – канал виклику рухомої станції, або канал пошуку**

3) -однонаправлений канал від БС до РС, що використовується для організації вхідного виклику до РС;

**AGCH (access grant channel – канал дозволу доступів)** направлений тільки від БС до РС і інформує РС про виділений канал сигналізації);

• **RACH (random access channel - канал випадкового доступу R)**, призначений для передачі від РС до БС запиту про номер часового інтервалу сигналізації при доступі її до мережі.

**3. SDCCH (stand-alone dedicated control channels) – індивідуальні канали управління, що використовуються в двох напрямках для зв'язку між БС і РС.**

Розрізняють два види таких каналів: **SDCCH/4** і **SDCCH/8** – індивідуальні канали управління D, що складаються з 4 і 8 підканалів відповідно. Ці канали призначені для сигналізації в процесі встановлення з'єднання, наприклад, для передачі результатів аутентифікації і реєстрації. По них забезпечується запит рухомої станції про необхідний вид обслуговування, контроль правильної відповіді БС і виділення вільного каналу зв'язку, якщо це можливо.

**4. ACCH (associated control channels) – суміщені канали управління,** які також використовуються в двох напрямках. По напрямку "вниз" передаються команди управління з БС, по напрямку "вгору" – інформація про статус РС. Розрізняють два види таких каналів:

**SACCH (slow ACCH - повільний суміщений канал управління - канал A).** По цьому каналу БС передає команди для установки рівня потужності передавача РС, яка посиляє дані про рівень установленної вихідної потужності, виміряний приймачем рівень радіосигналу та його якість;

**FACCH (fast ACCH – швидкий суміщений канал управління – канал A')** служить для організації "естафетної передачі".

Суміщені канали управління завжди об'єднуються з каналами зв'язку (трафіку) або індивідуальними каналами управління. Розрізняють 6 видів об'єднаних каналів управління:

$FACCH/F = FACCH + TCH/F;$

$FACCH/H = FACCH + TCH/H;$

$SACCH/TF = SACCH + TCH/F;$

$SACCH/TH = SACCH + TCH/H;$

$SACCH/C4 = SACCH + SDCCH/4;$

$SACCH/C8 = SACCH + SDCCH/8.$

Двонаправлений канал трафіку T реалізується при частотному розділенні фізичних каналів, які пов'язують БС з РС і РС з БС. В стандарті GSM прямі канали використовують діапазон 935...960 МГц, зворотні – діапазон 890...915 МГц. Рознесення по частоті прямого і зворотного каналу складає 45 МГц. В кожному радіоканалі є 8 часових інтервалів, призначених для передачі інформації від незалежних джерел. Таким чином, фізичний канал трафіку задається вказівкою частотного піддіапазону радіоканалу і номера часового інтервалу, що використовується для передачі як вниз, так і вгору.

Проте РС слід надати час для обробки прийнятих повідомлень і виконання отриманих команд управління. Тому часові цикли прямого і зворотного каналів зсунуті на 3 інтервали, як це показано на циклограмі обміну між РС і БС (рис. 5.3).



Рис. 5.3

Стрілками відзначені моменти передачі інформації двостороннього каналу Т, розміщеного в 2-у часовому інтервалі. Комбінація, послана БС в 2-у інтервалі, буде прийнятий РС в 7-м, а пакет, переданий РС в 2-у дискрете, прийнятий БС в 5-м.

Що стосується кадрів (слотів) передачі даних, то за структурою та інформаційним змістом можна виділити 5 типів слотів:

- **normal burst (NB)** – нормальний часовий інтервал;
- **frequency correction burst (FB)** – інтервал підстроювання частоти;
- **synchronization burst (SB)** – інтервал часової синхронізації;
- **dummy burst (DB)** – настановний інтервал;
- **access burst (AB)** – інтервал доступу.

Схемне зображення слотів наведено на рис. 5.4.

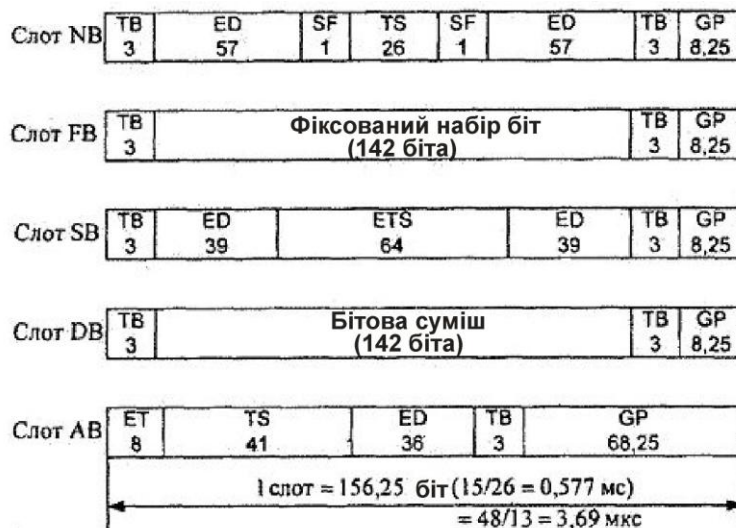


Рис. 5.4.

Скорочення, використані при позначенні полів слотів, мають такий зміст:

- **TB (tail bits)** – заборонений бланк (хвостові біти);
- **ED (encrypted data)** – закодowana інформація;
- **SF (stealing flag)** – прихований прапорець;
- **TS (training sequence)** – навчальна послідовність;
- **GP (guard period)** – захисний інтервал;



- **ETS** (*extended training sequence*) – розширена навчальна послідовність;

- **ET** (*extended tail*) – розширений захисний бланк.

Слоти типу NB використовуються для передачі інформації по каналах трафіку і управління (за винятком каналу доступу **RACH**). На даному часовому інтервалі міститься 114 біт зашифрованого повідомлення, розбитого на два підблоки по 57 біт, навчальна послідовність в 26 біт, яка розділяє вказані інформаційні підблоки, два захисні бланки по 3 біти, захисний інтервал в 8,25 біт і 2 приховані прапорці по 1 біту, які служать ознакою передаваній інформації – трафіку або сигналізації. Навчальна послідовність використовується для вирішення наступних задач:

- оцінка якості зв'язку на основі порівняння прийнятої і еталонної послідовностей (визначення частоти появи помилок в двійкових розрядах – "бітових помилок");

- оцінка імпульсної характеристики радіоканалу і настройка адаптивного еквалайзера для подальшої корекції тракту прийому сигналу;

- визначення затримки розповсюдження сигналу між БС і РС для оцінки дальності радіозв'язку.

Слоти FB призначені для синхронізації по частоті рухомої станції. В цьому часовому інтервалі 142 біти є нульовими, що відповідає передачі змодульованої несучою із зсувом на 1625/24 кГц вище за її номінальне значення. Часові інтервали FB, що повторюються, утворюють канал установки частоти FSSCH.

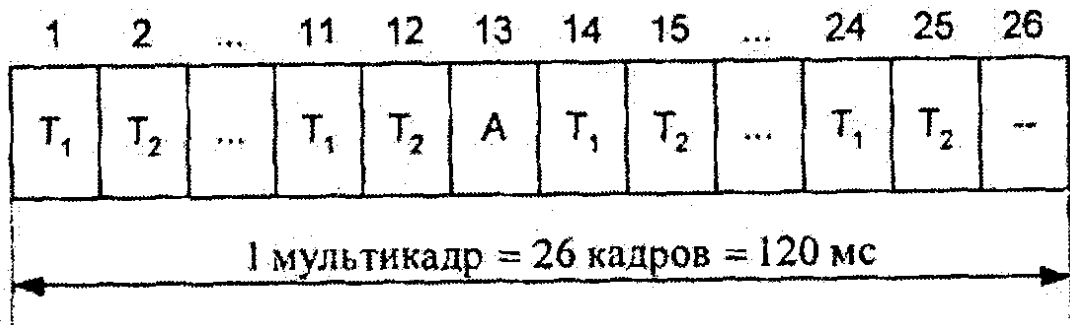
Слоти типу SB використовуються для кадрової синхронізації, тобто для синхронізації в часі базової і рухомої станцій. Кожний з них містить 64 біти розширеної синхропослідовності, а також інформацію про номер кадру і ідентифікаційний номер БС. Слоти SB завжди передаються в парі з FB і утворюють канал синхронізації (SCH).

Слоти DB забезпечують встановлення і тестування каналу зв'язку. За своєю структурою DB співпадає з NB і містить настановну послідовність завдовжки 26 біт. Контрольні біти відсутні, і не передається ніякій інформації, а тільки встановлюється факт роботи передавача.

Слоти АВ призначаються для організації доступу рухомої станції до нової БС. Структура цих слотів значно відрізняється від раніше розглянутої. Специфічність її пояснюється тим, що слоти АВ визначають інтервал, на якому рухома станція вперше намагається встановити зв'язок з базовою станцією. Оскільки час проходження сигналу невідомий, перша позиція слота відводиться полю, що є кінцевим у решти типів. Розширений захисний інтервал в 68,25 біт, який дорівнює подвійному значенню найбільшої можливої затримки сигналу в стільнику, забезпечує той, що достатнє розноситься від сигналів інших рухомих станцій. Навчальна послідовність (41 біт) дозволяє БС правильно прийняти подальші 36 біт інформації від РС.

В каналах трафіку TCH і суміщених каналах управління FSSCH і SSSCH використовується 26-кадровий мультикадр (**рис 5.5**).



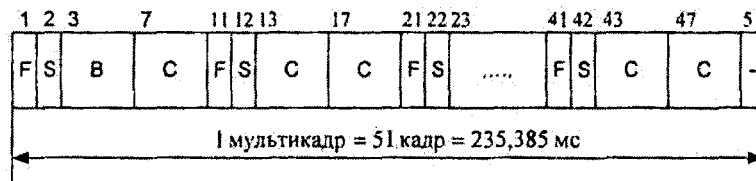


**Рис. 5.5**

В повношвидкісному каналі (TCH/FS) в кожному 13-у кадрі передається пакет інформації каналу SACCH, кожний 26-й кадр вільний. В напівшвидкісному (TCH/HS) каналі зв'язку інформація каналу SACCH передається в кожному 13-у і 26-у кадрах мультикадра. Швидкість передачі інформаційних повідомлень складає 22,8 кбит/с (24 кадри по 114 біт за 120 мс) для повношвидкісного каналу або по 11,4 кбит/с на кожний з двох напівшвидкісних каналів. Повна швидкість передачі в з'єднаному каналі TCH/SACCH складає 24,7 кбит/с.

Швидкий суміщений канал управління FACCH передається половиною інформаційних біт часового інтервалу TDMA кадру в каналі TCH, з яким він поєднується у восьми послідовних кадрах.

Для передачі каналів управління (крім FACCH і SACCH) використовується 51-кадровий мультикадр. На рис. 5.6 показана структура мультикадра при передачі з'єднаного каналу BCCH/CCCH в напрямі "вниз".



**Рис.5.6**

В цьому каналі передаються:

- загальна інформація про мережу (комірку), в якій знаходиться рухома станція, і про суміжні комірки (канал BCCH);
- інформація про часову (циклову) синхронізацію і пізнання приймача-передавач базової станції (канал SCH);
- інформація для синхронізації несучої (канал FCH);
- дозвіл доступу рухомої станції (канал AGCH);
- виклик рухомої станції (канал PCH), якщо ініціатором виклику є мережа.

По сигналах каналу BCCH PC виміряє рівень сигналу BC робочої ("своєї") комірки і до 16 суміжних комірок, а також код якості сигналу, що приймається, в робочій комірці.

Канал BCCH/CCCH "вгору" використовується лише для передачі сигналів паралельного доступу RACH, який є єдиним каналом управління від рухомої станції до мережі. При цьому рухома станція може використовувати для здійснення доступу до мережі нульовий інтервал в будь-якому з кадрів.

Повна швидкість передачі для каналу BCCH, а також для каналу AGCH/PCH складає 1,94 кбит/с (4 рази по 114 біт за 235мс).

Існують і інші структури, які можуть використовуватися в 51-кадровому мультикадрі. Ці структури називають "змінними", оскільки вони залежать від навантаження в мережі.

В стандарті GSM строго визначені часові і спектральні характеристики випромінюваних сигналів. Різні форми огинаючих випромінюваних сигналів відповідають різним тривалостям інтервалу АВ (88 біт) відносно до інших інтервалів TDMA-кадру (148 біт).

Слід зазначити, що в стандарті GSM застосовується спектрально-ефективна гауссовська частотна маніпуляція **GMSK**. При цьому методі несуча частота дискретно, через інтервали часу, кратні періоду  $T_b$  бітової модулюючої послідовності, приймає одне з двох значень:

$$f_H = f_0 - F/4$$

або

$$f_B = f_0 + F/4,$$

де  $f_0$  – центральна частота частотного каналу, що використовується;  $F = 1/T_b$  – частота бітової послідовності.

Свою назву "гауссовська маніпуляція" отримала через те, що послідовність інформаційних біт перед модулятором проходить через фільтр нижніх частот (ФНЧ) з гауссовською АЧХ. За рахунок цього закон змінювання фази протягом посилення повторює хід гауссовської інтегральної функції розподілу, чим забезпечується плавність змінювання частоти і високий ступінь компактності спектру. В стандарті GSM застосовується **GMSK**-модуляція з величиною нормованої смуги  $BT = 0,3$ , де  $B$  – ширина смуги фільтру за рівнем – 3 дБ.

#### 5. 4. Взаємодія радіоінтерфейсу з мережею GSM

Обслуговування абонента і функціонування всієї системи реалізується через ряд процедур. Пояснимо в спрощеному вигляді деякі з них.

##### Підключення РС (перша реєстрація)

При ввімкненні живлення приймач РС, перебудовуючись по частоті, шукає сигнал з максимальним рівнем (використовується логічний контрольний канал В).

Після вибору частотного радіоканалу РС здійснює підстроювання частоти і кадрову синхронізацію (логічні канали F і S). По відомому формату загального сигналу РС може визначити характер службової інформації в наступних циклах доступу.

Проте мережа не знає про появу нової активної РС. Для першої реєстрації РС використовується логічний канал доступу R, спільний для всіх РС даної зони. Тому можливі конфліктні ситуації у випадках, коли декілька РС одночасно намагатимуться зв'язатися з БС по цьому каналу. Для вирішення конфлікту використовується алгоритм асинхронного випадкового множинного доступу типу **ALOHA**.

Сигнал доступу містить ідентифікатор даної РС (IMSI), за яким мережа дізнається про появу нової РС.

Для виключення несанкціонованого використання ресурсів мережі необхідно перевірити автентичність абонента (точніше, SIM-карти). З цією метою проводяться процедури аутентифікації і ідентифікації.

У разі позитивного підсумку аутентифікації і ідентифікації дана РС вважається активною, запам'ятовується код зони її місцезнаходження. У ВРМ

їй привласнюється часовий ідентифікатор TMSI, який передається на PC як підтвердження реєстрації, що відбулася (логічний канал дозволу доступу G).

У разі негативного результату процедур аутентифікації і ідентифікації подальші дії визначаються адміністрацією мережі, яка, наприклад, може санкціонувати повторну спробу реєстрації.

Таким чином, в результаті проведення процедури під'єднання мережі відомо, що PC з номером IMSI активна і знаходиться в зоні LAI, що обслуговується відповідною БС. В пам'яті PC зберігається той же LAI. Для виконання під'єднання були потрібні логічні канали контролю, підстроювання частоти, синхронізації, доступу і дозволу доступу.

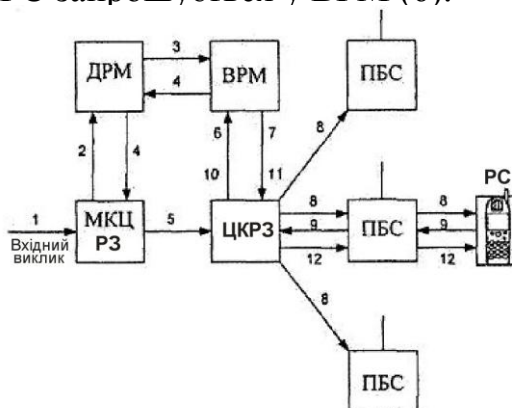
### Від'єднання PC

При переході в пасивний стан PC посилає повідомлення про від'єднання, щоб мережа не шукала її при вхідному виклику. Можливо, що через перешкоди в радіоканалі це повідомлення не дійде до КБС, і мережа буде помилково рахувати цю PC активною. Підтвердження про отримання сигналу про від'єднання БС не може послати PC, оскільки остання може бути вже знеструмленою.

Для розв'язання цієї ситуації використовується процедура періодичної реєстрації. В активному стані PC через установлений час (наприклад, 10... 15 хв.) зобов'язана проводити реєстрацію, подібну першій при підключенні. Якщо PC не підтверджує свою працездатність протягом певного проміжку часу, вона вважається вимкненою, що і підтверджується опусканням прапорців у ВРМ і ДРМ проти ідентифікаторів відповідно TMSI і IMSI.

### Вхідний виклик

Вхідний виклик (див. **рис. 5.7**) поступає на комутатор через міжмережвий комутаційний центр рухомого зв'язку МКЦРЗ (**GMSC – gateway mobile services switching center**), в якому визначається ідентифікаційний номер (IMSI) мобільного абонента, що викликається, і перевіряється відповідність запису в ДРМ (2) і ВРМ (3). Дані повертаються в МКЦРЗ (4), після чого відповідальність за з'єднання передається тому ЦКРЗ, в чій зоні обслуговування передбачається поточне знаходження PC (5), яка викликається. Статус цієї PC запрошується у ВРМ (6).



**Рис. 5.7**

Якщо ВРМ підтверджує (7) досяжність PC, яка викликається, то виклик прямує (8) відповідним підсистемам БС (ПБС). Мовна адреса передається всіма БС, для чого використовується логічний канал пошуку С. Мобільна станція у вільному стані безперервно контролює цей канал. Якщо PC

відповідає на виклик якої-небудь БС (9), то проводиться процедура ідентифікації і аутентифікації (10). У разі їх успішного завершення ВРМ передає ЦКМЗ (И), що з'єднання може бути встановлено (12).

### **Початковий виклик**

Нехай РС активна і вільна. Абонент, який хоче зв'язатися з іншим користувачем, повинен набрати весь номер абонента, що викликається, і лише після цього почати процес встановлення з'єднання. Це дозволяє усунути помилки в наборі номера (20% відмов в наданні потрібного з'єднання) і скоротити час на передачу цифр в КБС.

За командою "Виклик" РС, використовуючи логічний канал доступу, передає повідомлення КБС на встановлення з'єднання. КБС перевіряє категорію абонента (клас обслуговування), відзначає його як зайнятий і посилає РС по каналу D підтвердження, що запит доступу прийнятий. Тепер РС може передавати цифри номера абонента, що викликається, в КБС, який запускає раніше розглянуту процедуру пошуку. Підтвердження встановлення з'єднання і вказівка про перехід на двосторонній користувацький канал передаються РС після відповіді РС, яку викликають.