

Практичне заняття 1 Ефірний інтерфейс

3.1. Інтерфейси стільникового зв'язку та їх стандартизація

В кожному стандарті стільникового зв'язку використовується різні стандарти інтерфейсів, призначені забезпечувати сумісність апаратури різних фірм-виробників. В деяких випадках використовуються вже існуючі стандартні інтерфейси у вигляді відповідних протоколів обміну в цифрових інформаційних мережах.

Передбачені свої інтерфейси для зв'язку:

- РС з БС
- БС – з ЦК (а в стандарті GSM – ще і окремий інтерфейс для зв'язку прийомо-передавача БС з контроллером БС).
- ЦК – з домашнім регістром, з гостьовим регістром, з регістром апаратури, із стаціонарною телефонною мережею тощо.

Серед всіх інтерфейсів особливе місце займає **інтерфейс обміну між рухомою станцією (РС) і базовою станцією (БС)** – так званий *ефірний інтерфейс* (анг. термін *air interface*). Його позначають **Urn** для обох основних стандартів цифрового стільникового зв'язку – D-AMPS і GSM.

Ефірний інтерфейс обов'язково використовується в будь-якій системі стільникового зв'язку, за будь-якої її конфігурації і в варіанті, єдино можливому для свого стандарту стільникового зв'язку.

Далі будуть детально розглянуті ефірні інтерфейси стандартів D-AMPS і GSM.

3.2. Ефірний інтерфейс системи D-AMPS

(Digital AMPS – цифровий AMPS; діапазони 800 Мгц і 1900 Мгц) – (Advanced Mobile Phone Service) – вдосконалена мобільна телефонна служба

Почнемо із стандарту IS-54, часова структура якого порівняно простота (рис.3.1).

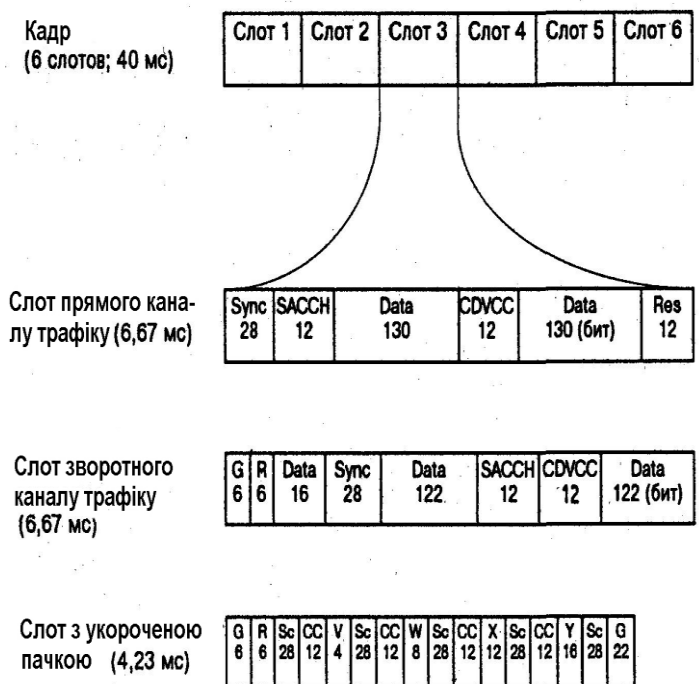


Рис. 3.1. Структура кадру і слоту системи D-AMPS (канал трафіку; стандарт IS-54):

Data – інформація мови; Sync (Sc) – синхронізуюча (навчальна) послідовність; SACCH – інформація повільного суміщеного каналу управління; CDVCC (CC) – кодований цифровий код забарвлення; G – захисний бланк (Guard time); R – інтервал фронту імпульсу передавача (Ramp up time); V, W, X, Y – шістнадцатеричні нулі; Res – резерв

Передача інформації в каналі трафіку організовується послідовними, що йдуть один за одним, кадрами (англ. термін – *frame*, тобто кадр, рама) тривалістю 40 мс. Вводиться таке поняття, як слот. *Слот* – це певний часовий інтервал.

Кожний кадр складається з шести часових інтервалів – *слотів*; $\tau_{сл} = 6,67$ мс, що відповідає 324 бітам, тобто $\tau_{біта} = 20,25$ мкс.

При *повношвидкісному кодуванні* (англ. *full rate coding*) на один мовний канал в кожному кадрі відводиться два слоти, тобто 20-ти мс сегмент мови упаковується в один слот, тривалість якого втричі менша.

При *напівшвидкісному кодуванні* (англ. *half rate coding*) на один мовний канал відводиться один слот в кадрі, тобто упаковка сигналу мови виявляється удвічі щільнішою, ніж при повношвидкісному кодуванні.

Слоти мають різну структуру в *прямому каналі трафіку* (англ. *downlink*) – від БС до РС і в *зворотному каналі трафіку* (англ. *uplink*) – від РС до БС.

В обох випадках на передачу інформації власне мови відводиться 260 біт. Ще 52 біти займає управляюча і допоміжна інформація, яка включає:

- 28-бітову навчальну послідовність, що використовується для ідентифікації слота в межах кадру, синхронізації слота в часі і настройки еквалайзера;

- 12-бітове повідомлення сигналізації (контролю і управління) каналу **SACCH (Stow Associated Control Channel – повільний суміщений канал управління);**

- 12-бітове поле кодованого цифрового коду забарвлення (**CDVCC – Coded Digital Verification Color Code**), яке використовується для ідентифікації РС при прийомі її сигналу БС (код призначається БС індивідуально для кожного каналу, тобто для кожної РС, і ретранслюється РС в зворотному напрямі – на БС). При цьому власне цифровий код забарвлення займає 8 біт, а 4 біти контролю додаються при кодуванні його укороченим кодом Хеммінга для захисту від помилок.

12 Біт в прямому каналі, що залишилися, не використовуються (складають резерв), а в зворотному каналі виконують функцію захисного інтервалу, протягом якого не передається ніякої корисної інформації. Цей інтервал включає в себе 6-бітовий захисний бланк, що дозволяє вирівнювати затримку сигналу з не дуже жорстким допуском, і 6-бітовий інтервал фронту, протягом якого потужність передавача РС виводиться на номінальний рівень. В прямому каналі необхідності в захисному інтервалі не виникає, оскільки вирівнювання затримки проводиться при передачі інформації по зворотному каналу, а передавач БС працює безперервно.

При повношвидкісному кодуванні слоти містять:

- 1 і 4 – перший канал мови;
- 2 і 5 – другий канал мови;
- 3 і 6 – третій канал мови.

При напівшвидкісному кодуванні кожний з шести слотів відповідає своєму каналу мови.

При передачі інформації швидкого суміщеного каналу управління FACH ця інформація заміщає в слоті інформацію мови (поле Data).

На початковому етапі встановлення зв'язку використовується укорочений слот (цей етап триває доти, поки БС не вибере необхідну часову затримку, яка визначається відстанню між РС і БС). В цьому слоті багато разів повторюються синхронізуюча послідовність, і код CDVCC, що розділяються нульовими числами різної довжини. В кінці укороченого слота є додатковий захисний бланк.

Крім того, в стандарті IS-54 використовуються канали управління, спільні з аналоговим стандартом AMPS.

Перейдемо до стандарту IS-136 зі складнішою структурою ефірного інтерфейсу порівняно зі стандартом IS-54, оскільки в стандарті IS-136 замість каналів управління, спільних з аналоговим стандартом AMPS, введені нові «цифрові канали» управління з більш високою пропускною спроможністю і більшою функціональною гнучкістю (рис. 3.2).

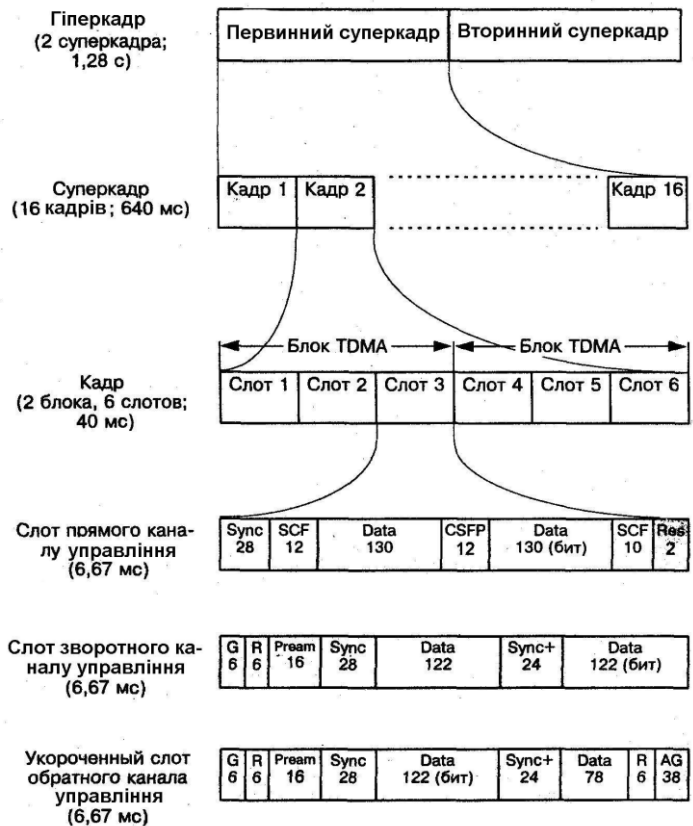


Рис.3.2. Структура ефірного інтерфейсу системи D-AMPS (канал управління; стандарт IS-136):

Data – інформація управління; Sync – синхронізуюча (навчальна) послідовність; Sync+ – додаткова синхронізуюча послідовність; SCF – спільний канал зворотного зв'язку (Shared Channel Feedback); CSFP – закодована фаза суперкадру (Coded Super Frame Phase); G – захисний бланк (Guard time); R – інтервал фронту, імпульсу передавача (Ramp up time); AG – додатковий захисний бланк укороченого слота; Pream – преамбула (Preamble); Res – резерв.

Для каналів трафіку стандарту IS-136 збережена структура ефірного інтерфейсу стандарту IS-54 (рис.3.1). В ньому для цифрових каналів управління прийнятий значний ступінь спадкоємності з каналами трафіку стандарту IS-54, а саме:

- та ж сама тривалість кадру, що складається з шести слотів, із збереженням можливості повношвидкісного і напівшвидкісного кодування;
- та ж сама тривалість біта і відповідно ті ж самі 324 біти в слоті;
- збережені колишні алгоритми каналного кодування і модуляції, значною мірою збережена структура слота. При цьому забезпечується сумісність стандартів від низу до верху.

Пояснимо основні особливості цифрових каналів управління стандарту IS-136 (рис. 2.2):

- колишнє призначення залишилося у поля синхронізації (Sync) і у захисного інтервалу зворотного каналу (поля G, R);

– резервне поле прямого каналу (Res) скорочено до двох біт.

Решта полів слота цифрового каналу управління відрізняється від полів слота каналу трафіку (тут відсутні поля **SACCH** і **CDVCC**; додано поле Sync+, що містить додаткову синхронізуючу послідовність).

В полях Data передається основний обсяг інформації управління, причому в прямому каналі обсяг цієї інформації в слоті складає 260 біт, а в зворотному – 244 біти. В полях спільного каналу зворотного зв'язку (поля **SCF**) передається у відповідь (від БС) інформація схеми випадкового доступу; ця схема реалізує виклик з боку РС.

Поле **CSFP** містить інформацію про фазу суперкадру, яка дозволяє визначити початок суперкадру (що необхідно для коректного прийому управляючої інформації). Крім того, за змістом цього поля, яке відрізняється від відповідного поля цифрового каналу трафіку (поле **CDVCC**), РС відрізняє канал управління від каналу трафіку. Протягом інтервалу преамбули, який не несе інформацію, проводяться автоматичне регулювання посилення приймача БС і символна синхронізація, які передують прийому всієї подальшої інформації. В укороченому слоті загальний обсяг управляючої інформації складає 200 біт, а в кінці слота введено додатковий 44-бітовий захисний інтервал (додаткові поля R і AG).

3.3. Ефірний інтерфейс системи GSM

Часова структура ефірного інтерфейсу системи GSM набагато складніша (рис.3.3).

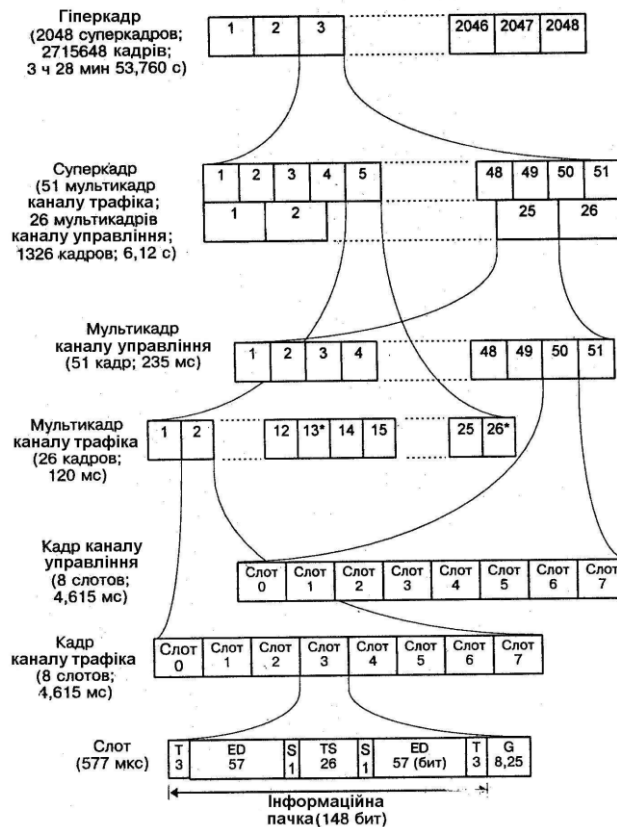


Рис.3.3. Структура ефірного інтерфейсу (канал трафіку) системи GSM:

ED – закодована інформація (Encrypted Data); TS – навчальна послідовність (Training Sequence); T – захисний бланк (Tail bits – хвостові біти); S - схований прапорець (Stealing flag) – ознака мова/управління; G – захисний інтервал (Guard period).

Передача інформації організовується кадрами з тривалістю $\tau_{\text{кадра}} = 4,615$ мс.

Кожний кадр складається з восьми слотів з тривалістю $\tau_{сл} = 577$ мкс, причому кожний слот відповідає своєму каналу мови (тобто в кожному кадрі передається інформація восьми мовних каналів).

При повношвидкісному кодуванні всі послідовні кадри містять інформацію одних і тих же самих восьми мовних каналів.

При напівшвидкісному кодуванні парні і непарні кадри містять інформацію різних мовних каналів, тобто інформація одного і того ж самого мовного каналу передається через кадр, так що в цілому передається інформація шістнадцяти мовних каналів. Повертаючись до схеми, що використовується зараз для повношвидкісного кодування, зазначимо, що інформаційний кадр (він складається з 8 слотів з тривалістю $\tau_{сл} = 577$ мкс) може бути: або **кадром каналу трафіку**, або **кадром каналу управління (рис. 3.3)**. В обох випадках слоти мають різну структуру і різний інформаційний зміст.

На **рис.3.3** наведена структура кадру каналу трафіку при передачі мови. Тривалість слота відповідає 156,25 бітам, тобто тривалість одного біта складає 3,69 мкс.

Перші 148 біт слота складають Інформаційний пакет, або інформаційну пачку (англ. термін *burst* – *спалах*); 8,25 біт, що залишилися, – захисний інтервал.

З 148 біт пачки відводиться:

- 116 біт – на передачу інформації мови (114 біт – на передачу власне мови і 2 біти – на приховані прапорці, що визначають тип передаваної інформації);
- 26 біт – на навчальну послідовність;
- 6 біт утворюють два 3-бітові захисні бланки по краях пачки.

Структура слота для каналів управління наведена на **рис. 3.4**.

При повношвидкісному кодуванні кожний слот кадру відповідає своєму каналу мови.

При напівшвидкісному кодуванні слоти, що відповідають одному і тому ж самому каналу мови, передаються через кадр.

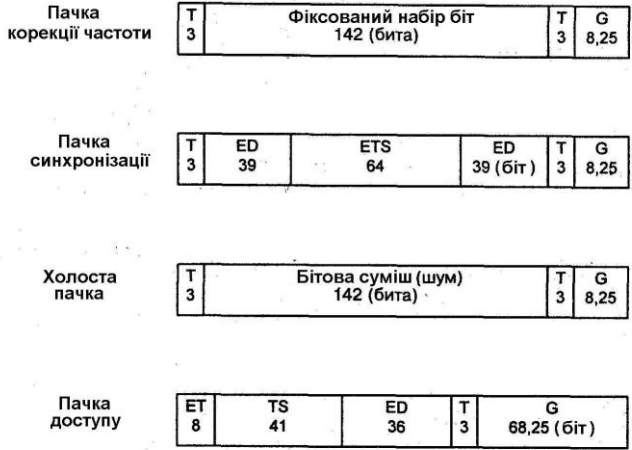


Рис.3.4. Варіанти структури слота каналів управління системи GSM:

ED – закодована інформація (Encrypted Data); TS – навчальна послідовність (Training Sequence); ETS – розширена навчальна послідовність (Extended Training Sequence); T – захисний бланк (Tail bits – хвостові біти); ET – розширений захисний бланк (Extended Tail); G – захисний інтервал (Guard period).

З верхньої частини **рис. 3.3** випливає, що **інформаційні кадри об'єднуються в мультикадри**. 26 кадрів каналу трафіку утворюють мультикадр каналу трафіку тривалістю 120

мс. При цьому в 24 кадрах передається інформація мови – це кадри 1...12 і 14...25, в кадрі 13 передається інформація повільного приєднаного каналу управління (каналу SACCH), а кадр 26 залишається порожнім (він зарезервований для передачі другого сегменту інформації каналу SACCH при напівшвидкісному кодуванні). Мультикадр каналу управління має тривалість 235 мс і складається з 51 кадру каналу управління.

Мультикадри об'єднуються в суперкадри: один суперкадр складається з 51 мультикадра каналу трафіку або 26 мультикадрівв каналу управління. Тривалість суперкадру в обох випадках складає 6,12 с, або 1326 кадрів.

Нарешті, **2048 суперкадрів утворюють один гіперкадр (криптографічний гіперкадр), що** має тривалість 3 год 28 хв 53,760 с, або 2715648 кадрів. Номер кадру в межах гіперкадра використовується в процесі шифрування передаваної інформації.