

## РОЗВИТОК МОБІЛЬНОГО СТІЛЬНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

*Мобільний зв'язок — галузь телекомунікаційної індустрії, що найшвидше розвивається. У даній статті розглянуті історія, теперішній стан, і майбутнє стільникових мереж. Також описаний перехід стільникових мереж до 3G.*

2G

*Mobile communication is the fastest growing field in the telecommunications industry. This article discusses the history, present state, and future of cellular radio networks. Prospective of 2G cellular radio networks transfer to 3G ones is also regarded in this article*

### Вступ

Стільникові системи радіозв'язку, вперше виконані в передовій системі мобільного зв'язку (AMPS), підтримують більшу кількість користувачів, дозволяючи повторне використання частот. AMPS — аналогова система, як і частина першого покоління стільникових систем радіозв'язку. Системи другого покоління цифрові. Європа об'єднала їх в єдину систему, що називається глобальною системою мобільних комунікацій (GSM). Японія використовує систему, що називається персональною цифровою стільниковою системою (PDC).

Стільниковий зв'язок — це сегмент комунікаційної промисловості, що найшвидше росте. Компанії стільникового зв'язку повідомляли у 1997 році про базу абонентів, більшу за 200 мільйонів користувачів. Ця цифра зростає в середньому на 150 000 нових абонентів щодня.

**Мета роботи** — це аналіз стадій розвитку стільникових радіомереж. Стільникова система радіозв'язку забезпечує мобільність зв'язку. Системи досягають мобільності, передаючи дані по радіохвилях. У даній статті розглянуто такі пункти: основні принципи роботи, використані протоколи, управління ресурсами, управління мобільністю, управління зв'язком і короткий огляд ліній зв'язку.

### Існуючі технології мобільного зв'язку

Стільникова система радіозв'язку забезпечує мобільність зв'язку. Системи досягають мобільності, передаючи дані по радіохвилях. Розглянемо деякі приклади систем зв'язку з мобільними об'єктами, що використовуються в наш час.

Пейджинговий зв'язок — це проста и недорога форма мобільного зв'язку. Антена чи супутник передають на радіо короткі повідомлення абонентам. Приймачі — це зазвичай обладнання типу звукової сигналізації, які показують повідомлення на маленькому екрані. Передача даних одностороння. Системи сповіщення призначені для того, щоб забезпечити абонентам надійний зв'язок скрізь, де б вони не були. Це потребує потужних передавачів і малих об'ємів даних для максимального охоплення зазначеної області кожного передавача.

Супутниковий зв'язок складається з великих радіомаяків — відповідачів, які настроєні на специфічну радіочастоту. Вони посилюють сигнал, а потім повторно передають його на радіо в іншій частоті. Вони є невід'ємними пристроями радіопередачі. Недолік супутникового зв'язку — це те, що вони розміщені на великій відстані. Час губиться через відстані, по яких передають радіохвилі.

Стільникові радіомережі поділені на чарунки, кожна з яких обслуговується одним чи більше приймачами. Зв'язок у стільниковій мережі повністю двосторонній: повідомлення відсилаються і отримуються на двох різних частотах — частотний розподіл каналів (FDD). Мотивом стільникової топології мереж є дозвіл на повторне використання частоти. Чарунки, що знаходяться на певній відстані можуть повторно використовувати ті ж самі частоти, що гарантує ефективне використання обмежених ресурсів частоти.

Персональний мобільний зв'язок (*Personal Handyphone System*). Персональна мобільна система (PHS) використовується в Японії. Вона схожа на стільникові мережі, однак телефони можуть також зв'язуватись безпосередньо один з одним у діапазоні. Це є перевагою над стільниковими телефонами, які можуть зв'язуватись один з одним тільки через трансівери базової станції. Ця система дуже популярна в межах перенаселених столичних областей.

### Історія стільникових систем радіозв'язку

Перша система мобільного зв'язку була заснована в 1946 р. в Санта-Луї, Міссурі, США. Система використовувала єдиний радіопередавач розміщений на високій будівлі. Використовувався єдиний канал, і тому для того, щоб говорити, кнопку потрібно було висунути та натиснути для того, щоб слухати — відпустити. Ця напівдвостороння система досі використовується операторами таксі та міліцією. В 1960-х система була замінена на систему з

двома каналами, що називається покращеною мобільною телефонною системою (IMTS). Через те, що частоти були обмежені, система не могла підтримувати багато користувачів.

### Сьогодні

Оскільки Європа є єдиною системою, вона лідирує як в базі абонентів, так і в можливостях передачі даних. GSM використовується в більш ніж 100 країнах 215 операторами в межах Європи і поза її межами. Японська PDC система — це друга за величиною цифрова стільникова система, а система Північної Америки — третя.

Існуючі стільникові системи радіозв'язку — це стільникові системи другого покоління (2G). Третє покоління стільникових систем (3G) дає змогу різним системам працювати між собою для того, щоб досягнути глобального роумінгу між різними стільниковими радіомережами. Союз міжнародного зв'язку (ITU) проводив дослідження відносно 3G системи, починаючи з середини 1980-х. Їх версія 3G системи називається міжнародним мобільним телезв'язком-2000 (IMT-2000).

Європейські країни досліджують 3G системи під егідою Європейського Економічного Співтовариства. Їх система вважається як універсальна мобільна система зв'язку (UMTS) і має на меті ті ж цілі, що й IMT-2000, а саме: використання спільних глобальних частот для усіх стільникових мереж, всесвітній роумінг, стандартизація інтерфейсів, високий рівень передачі даних для обох електросхем і пакета переключення даних, ефективні схеми використання спектра.

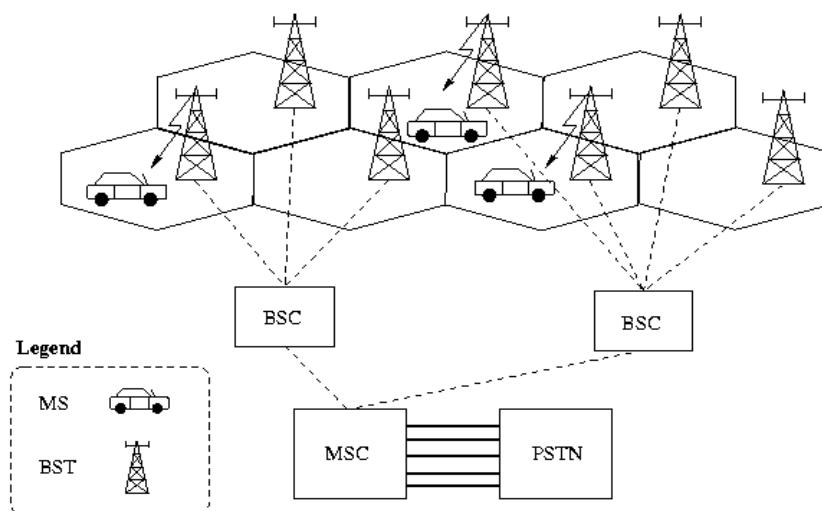
### Основні принципи роботи

Стільниковий телефон чи інший пристрій, який може з'єднуватись зі стільниковою радіомережею, називатимемо рухомою станцією.

Стільникова мережа складається зі стаціонарних і радіосекцій. Така мережа зазвичай називається LMN — громадська наземна мобільна мережа. Мережа складається з таких об'єктів:

- рухома станція (MS) — пристрій, який використовується для зв'язку через стільникову мережу;
- (BST) базова станція — передавач (приймач, який передає) отримує сигнали по інтерфейсу радіомережі;
- мобільний центр перемикання (MSC) — серце мережі, що надсилає й обслуговує запити, зроблені в мережі;
- контролер базової станції (BSC) — керує зв'язком між групою BSTS і окремим MSC;
- громадська телефонна мережа, що переключає (PSTN) — наземна секція мережі.

Наведений рисунок ілюструє, яким чином ці об'єкти пов'язані один з одним у межах мережі. BSTS і керівний BSC часто разом називаються підсистемою базової станції (BSS). Стільникова топологія мережі — це результат обмеженого радіоспектра. Для того щоб використовувати радіоспектр ефективно, ті самі частоти багаторазово використовуються в несумісних чарунках. Географічна область розділена на чарунки. Кожна чарунка має базову станцію, яка передає дані по радіорелейній лінії пересувної станції в межах чарунки. Група базових станцій з'єднана з контролером базової станції. Група контролерів своєю чергою з'єднана з мобільним центром перемикання по мікрохвильовим зв'язкам чи телефонним лініям. MSC з'єднується з громадською телефонною мережею, яка перемикає запити іншим рухомих станціям чи наземним секціям.



Стільникова система

Наведемо опис запиту однієї рухомої станції до іншої рухомої станції, що найкраще пояснює головну технологію стільникової мережевої системи.

Рухома станція розміщує запит, посилаючи запит ініціювання найближчій базовій станції. Цей запит надсилається за допомогою спеціального каналу, зворотного контролюючого каналу (RCC). Базова станція надсилає до MSC запит, який містить номер телефона сторони, що викликають. MSC підтверджує запит і використовує номер для того, щоб зв'язатись через PSTN із стороною, котру викликають. Спочатку вона приєднується до MSC, тоді MSC інструктує базову станцію і рухома станція, яка помістила запит, перемкнутись на голосові канали. Рухома станція, яка помістила запит, після цього з'єднується зі станцією, котру викликають, використовуючи невикористані прямі і зворотні канали (FVC, BVC).

Коли рухома станція отримує вхідний дзвінок, дії мають бути такими:

Рухомі станції безперервно сканують прямий контрольний канал (FCC) на сигнали подіомлення від базових станцій. Коли MSC отримує прохання про зв'язок з рухомою станцією в його області, він відсилає повідомлення радіопередачі усім контрольованим базовим станціям. Повідомлення містить номер викликаної мобільної станції. Тоді базові станції передають по радіо повідомлення по всіх прямих контрольних каналах (FCC). Правильна рухома станція підтверджує запит, впізнаючи себе через зворотний контрольний канал (RCC). MSC отримує підтвердження через базову станцію та інструктує базову і мобільну станцію переключатись на невикористаний мовний канал. Повідомлення з даними передається по прямому мовному каналу, який інструктує виклик мобільної станції.

Розглянуті вище кроки відбуваються досить швидко, користувач не відчуває суттєвої затримки між розміщенням запиту на дзвінок і з'єднанням дзвінка.

### **Протоколи, що використовуються**

Мережі зв'язку використовують протоколи для полегшення взаємодії між різними суб'єктами в межах мережі. Протокол повідомлення є комплексом повідомлень і норм, які відповідають повідомленням між двома чи більше суб'єктами, що з'єднуються між собою в мережі. Суть мережі в використанні цілого набору таких протоколів, організованих у рівневих стеках.

### **Керування радіоресурсами**

Лінія радіозв'язку між MS і BST в Um-інтерфейсі робить мобільний зв'язок можливим. За допомогою повітря як засобу передачі інформації користувачі можуть отримати доступ до комунікаційних мереж, не будучи фізично підімкненими. Повідомлення через повітря має свої недоліки. Радіочастотний спектр, що доступний для стільникового зв'язку, обмежений, і тому наявні радіочастотні спектри мають бути використані ефективно. Конфігурація стільникової мережі розроблена з цим обмеженням. Робота протоколів керування радіоресурсами полягає в тому, щоб керувати радіоресурсами максимально ефективно, використовуючи стільникову конфігурацію. Вони це роблять, узявши на себе такі обов'язки:

- установка й обслуговування голосових дзвінків;
- передача контролю над дзвінком з однієї чарунки в іншу.

### **Керування мобільністю**

У мережі необхідно контролювати місцезнаходження кожної зареєстрованої мобільної станції для того, щоб мобільна станція мала можливість підімкнення до мережі за запитом. Керування інформацією про місцезнаходження мобільної станції здійснюється за допомогою схеми керування мобільністю. Ця схема діє під час реєстрації мобільних станцій за допомогою BSC, де мобільна станція знаходиться на даний момент. Централізована база даних зберігає список усіх мобільних станцій в мережі, а також BSC, де в теперішній час вони зареєстровані. Розподілена система бази даних використовується для синхронізації даних у BSC з централізованою базою даних на сервері початкових умов провайдера.

Схема керування мобільністю складається з розподілених баз даних (VRL і HRL) і пов'язаного протоколу для підтримки інформації про місцезнаходження усіх мобільних станцій в мережі.

Керування мобільністю також відповідає за ідентифікацію мобільних станцій мережею. Мобільні станції в області MSC мають бути ідентифіковані до того часу, коли вони отримають ресурси мережі. Це гарантує, що тільки дійсні користувачі використовують мережу.

### **Керування засобами зв'язку**

Протокол керування засобами зв'язку (CM) стосується настроювання дзвінків. Процедура настроювання дзвінка пояснювалась вище. Але крім цих процедур, протокол CM також керує процедурами для полегшення роумінгу в стільниковій мережі. Роумінг — це послуга, яка дає змогу користувачам оператора окремої мережі дзвонити з районів, не охоплених оператором цієї

мережі. Оператор мережі в районі ініціації дзвінка з'єднується зі шлюзом MSC (GMSC), який з'єднує користувача з його оператором мережі.

GMSC ідентифікує оператора мережі абонента після пошуку в таблиці. Оператор передбачає використання мобільною станцією ISDN номеру (MC ISDN), який однозначно ідентифікує мобільну станцію. Номер складається з коду країни (CC), національного коду призначення (NDC) і номера абонента (SN). Після визначення оператора мережі абонента, HLR оператора мережі надсилає запит про визначення місця знаходження мобільної станції, що дзвонила. Відтак дзвінок створюється в звичайному порядку.

### **Загальне уявлення про лінії радіозв'язку**

Як уже зазначалося фізичний рівень між мобільною станцією і BST використовує радіохвилі для передачі даних, і тому називається лінією радіозв'язку. Для передачі мовлення по лінії радіозв'язку первинний аналоговий вигляд мовлення змінюється на цифровий за допомогою кодувальника мовлення. Схема кодування мовлення, що використовується в GSM, називається схемою кодування лінійним предикативним кодером, збудженим рівним імпульсом (RPE-LPC). Час поділу множинного доступу (TDMA) використовується для поділу кожної з носійних частот на комунікаційні канали. Кожна носійна частота поділяється на вісім каналів зв'язку за допомогою TDMA.

### **Майбутнє**

Священним Граалем телефонного світу є невеликий бездротовий телефон, який можна використовувати вдома і взяти з собою куди завгодно у світі, — він має відповідати на один і той самий номер, незалежно від того, де ви знаходитесь, — таким було визначення PCS (персональних комунікаційних послуг) Таненбаумом у 1996 році. З того часу значення цього терміна еволюціонувало. Поточні GSM мережі надають не тільки голосові послуги, а й послуги передачі даних на 9,6 Кбіт/с. Зараз поняття PCS включає в себе надання не тільки голосових послуг користувачам, незалежно від їх місцезнаходження, а також послуг, незалежно від їх місцезнаходження, мережі чи використовуваного терміналу. Універсальна система мобільних телекомунікацій (UMTS) пропонує досягнути цього ідеалу PCS даних, який включає в себе послуги, що не залежать від їх місцезнаходження, мережі чи терміналу. Цю систему називають стільниковою системою наступного покоління (3G стільникова). Для того щоб досягнути цього ідеалу всім зацікавленим у стільниковому світі треба працювати разом, аби об'єднати комунікації.

### **Шлях до 3G даних**

Поточні послуги даних обмежені швидкістю передачі GSM радіозв'язку в 9,6 Кбіт/с. Ця швидкість передачі вже використовується для надання послуг передачі даних користувачам мережі.

PC-карти використовуються як інтерфейс між PC і мобільними телефонами, і це дає можливість комп'ютерам підключитись до мереж передачі даних за допомогою мобільних телефонів.

GSM-мережа — цифрова, і тому модуляція та демодуляція даних відбувається не так, як під час передачі даних через державні телефонні мережі (PSTN). Дані передаються з комп'ютера на мобільний телефон за допомогою PC-карти. Телефон передає отримані дані безпосередньо до GSM-мережі. Такі технології вже використовуються при передачі даних і факсимільних додатків мобільним телефонам.

### **Послуга загального пакетного радіозв'язку — GPRS**

Збільшені швидкості передачі, що досягнуті HSCSD, не вирішують усіх проблем стільникових мереж щодо передачі даних. GSM-мережа з ланцюгом, що перемикається, і тому повна віртуальна схема створюється кожен раз, коли дані чи голос передаються з однієї точки в іншу через усю мережу. Щоб вирішити цю проблему, розробляється послуга, що називається послугою загального пакетного радіозв'язку (GRPS).

Ідея полягає у тому, щоб дати змогу користувачам підключатись до мереж даних із пакетним перемиканням (IP і X.25) через окремі з'єднання, крім голосової мережі. Ці дві послуги будуть працювати паралельно. Користувач зможе ввійти в GPRS-мережу, а також отримати доступ до будь-якої IP- чи X.25-мережі. При підімкненні до мережі користувач буде платити тільки за обсяг переданих даних, а не за час, проведений у мережі. Користувач зможе приймати вхідні дзвінки під час передачі даних. GPRS-мережа матиме можливість використовувати усі вісім множинних доступів з часовим розподілом каналів (TDMA) для підтримки швидкості передачі даних до 164 Кбіт/с, якщо зовнішні мережі GPRS зможуть зберегти ці темпи.

### **Підвищення швидкості передачі даних для GSM еволюції — EDGE**

EDGE є природним продовженням GPRS. Він використовує той самий рівень мережі, що й GPRS, але базується на новому фізичному рівні. Фізичний рівень призначений для передачі даних на дуже високих швидкостях. Ця послуга вважається послугою стільникових мереж третього покоління і може передавати дані на швидкостях до 500 Кбіт/с в дуже гарних умовах.

**WAP.** Завдяки WAP бездротові пристрої можуть передавати інформацію за допомогою надійного й ефективного способу. Складності бездротового простору змусили розробників створити протокол, який дає змогу ефективно використовувати низьку пропускну здатність і ненадійність бездротового простору. WAP має оптимізований стек протоколу і використовує мову розмітки на рівні додатків — WML і WMLScript. Він використовує протокол даних користувача UDP замість протоколу керування передачею TCP через ненадійність лінії радіозв'язку. Він має протоколи і шари безпеки, які були включені для того, щоб розробити додатки, що дають змогу гарантувати безпечні бізнес-операції.

**Bluetooth.** *Bluetooth* — це технологія, що надає можливість таким мобільним пристроям зв'язку, як мобільні телефони і комп'ютери, спілкуватися без використання громіздких кабелів і програмного забезпечення — драйверів. Це спільне зусилля Ericsson, IBM, Intel, Nokia і Toshiba зробити додатки мобільних даних менш громіздкими у використанні.

#### **Висновки**

1. Інфраструктури стільникової радіомережі ростуть високими темпами. Люди купляють контракти мобільних телефонів тому, що вони забезпечують корисну і відносно дешеву послугу. Послуги, що забезпечуються операторами мережі, розширюються для включення послуг з даними. Географічне покриття мереж збільшується за рахунок глобального роумінгу.

2. Стільникові мережі стають високошвидкісними інформаційними мережами. База стільникових користувачів мобільна і надзвичайно велика. І отже, розвиток застосування мобільних даних залежить від розвитку нових протоколів зв'язку.

3. Індустрія розробляє прискорення розвитку технологій мобільного зв'язку. Ідеальна система зв'язку, де і голосові, й інформаційні послуги можуть бути надані незалежно від розміщення, мережі чи кордонів, може з'явитись в найближчому майбутньому.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. *Akyildiz, McNair, et al.* Mobility management in next-generation wireless systems. Proceedings of the IEEE, August, 1999.
2. *Barth D.* Privacy issues in mobile data communication. Internet-[http://www.gsmdata.com/today\\_papers.htm](http://www.gsmdata.com/today_papers.htm)
3. *GSM data* knowledge site. Internet-<http://www.mobiledata.com>.
4. *Holley K., Costello T.* The evolution of GSM towards UMTS. Internet-[http://www.gsmdata.com/today\\_papers.htm](http://www.gsmdata.com/today_papers.htm).
5. *Rysavy P.* The evolution of cellular data: On the road to 3G. Internet-[http://www.gsmdata.com/today\\_papers.htm](http://www.gsmdata.com/today_papers.htm), 1999.
6. *Zeng, Annamalai, et al.* Recent advances in cellular wireless communications. IEEE Communications, September 1999.
7. *ETSI* — European Telecommunications Standards Institute. Internet-<http://www.wapforum.com>.
8. *Rappapor T. S.* Wireless Communications. Prentice Hall, 1996.
9. *Tanenbaum A. S.* Computer Networks. Prentice Hall, 1996.