

现代无线与移动通信系统

第三章：GSM与移动通信系统结构

李少谦 林灯生

通信抗干扰技术国家级重点实验室



电子科技大学

University of Electronic Science and Technology of China

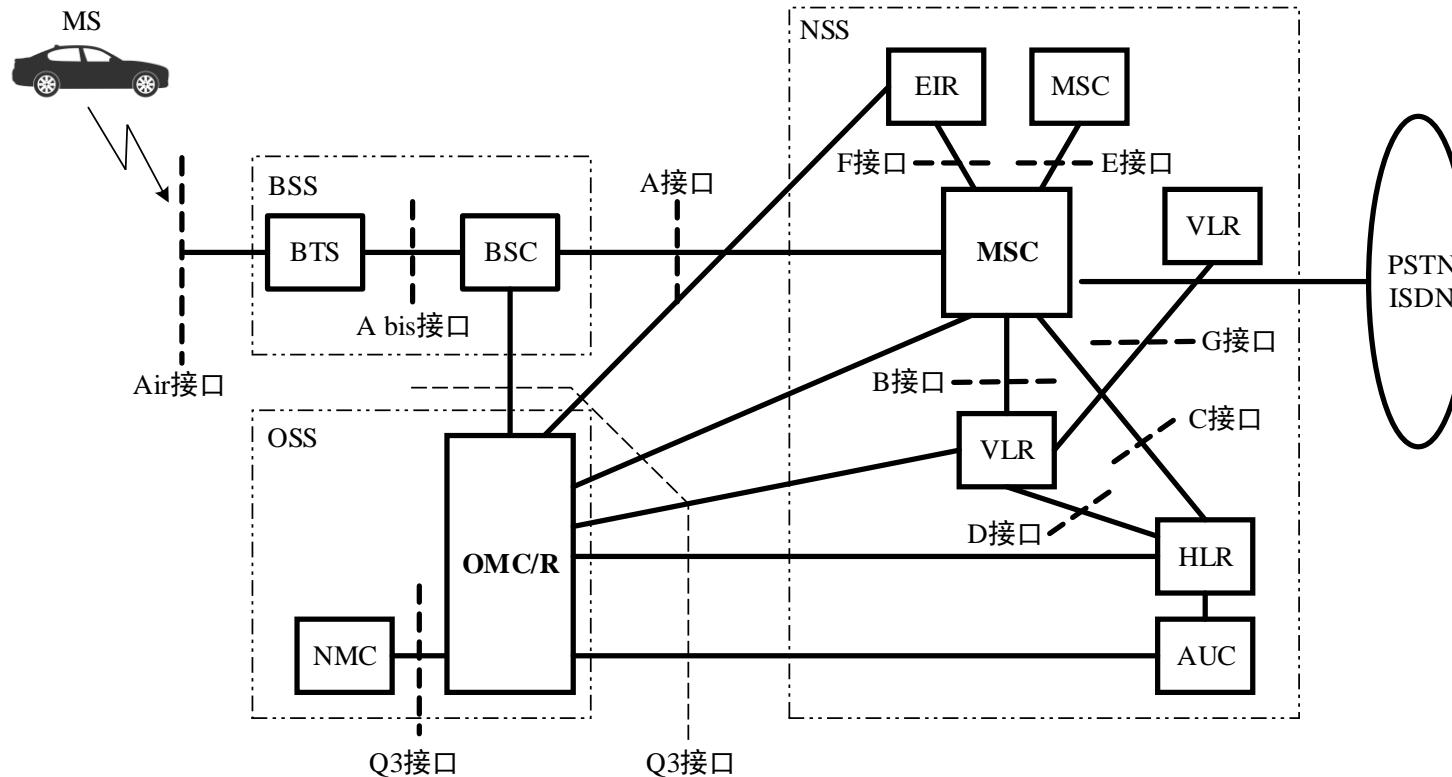
一、GSM系统的结构与功能



GSM主要特点

- GSM是世界首次推出的实用数字蜂窝移动通信系统，是目前全球规模最大、用户最多的系统
- GSM具有典型的通同公众蜂窝移动通信系统结构，具有较完备的、开放的接口和通用的接口标准
- 用户权利的保护和传输信息的加密
 - SIM卡：认证用户身份特征，网络操作，安全保密等信号
- 支持电信业务，承载业务和补充业务
 - 电信业务：电话、紧急呼叫、传真
 - 承载业务：数据
 - 补充业务：各类数字业务，如呼叫转移、短消息、来电显示等。
- 具有跨国漫游能力
- 系统容量大、频谱效率高
 - 系统容量比TACS模拟系统高2倍，系统载干比一般只要求9dB，频率重复利用率高，组网灵活方便。

GSM移动通信系统结构



移动分系统(MS)：手持台、车载台

基站分系统(BSS)：基站收发信机(BTS)、基站控制器(BSC)

交换分系统(MSS)：移动交换机(MSC)、位置寄存器(HLR、VLR)、设备识别寄存器(EIR)、鉴权中心(AUC)等

操作与支持系统(OSS)：操作维护中心(OMC)、网络管理中心(NMC)等



1. 移动分系统功能 (MS)

- ✓ 无线接入GSM数字移动通信网，并完成各种控制功能。
- ✓ 支持各种基本业务(电信业务和承载业务)和补充业务。
- ✓ 间断接收(DBX)和间断发射(DTX)。
- ✓ 加密，对用户数据和信令单元进行加密。
- ✓ 语音编解码和信道编译码。
- ✓ 协助BSS完成APC、跳频及各种切换。
- ✓ 无线信道速率和用户数据速率之间的适配。
- ✓ 支持人机接口(MMI)各种功能。
- ✓ 呼叫过程的提示。



SIM卡为GSM提供的安全保密功能如下：

- A、用户个人身份号码PIN
 - PIN用于控制对SIM卡的使用，只有输入正确的PIN码，移动台设备才能对SIM卡进行存取，读出数据，并可以进网。
- B、鉴权过程
 - 鉴权过程在GSM网络和SIM卡之间进行，以验证用户身份的合法化。
- C、加密
 - 系统对用户传输信息进行加密处理，加密用于无线接口，SIM含加密参数。
- D、使用临时移动用户识别号码



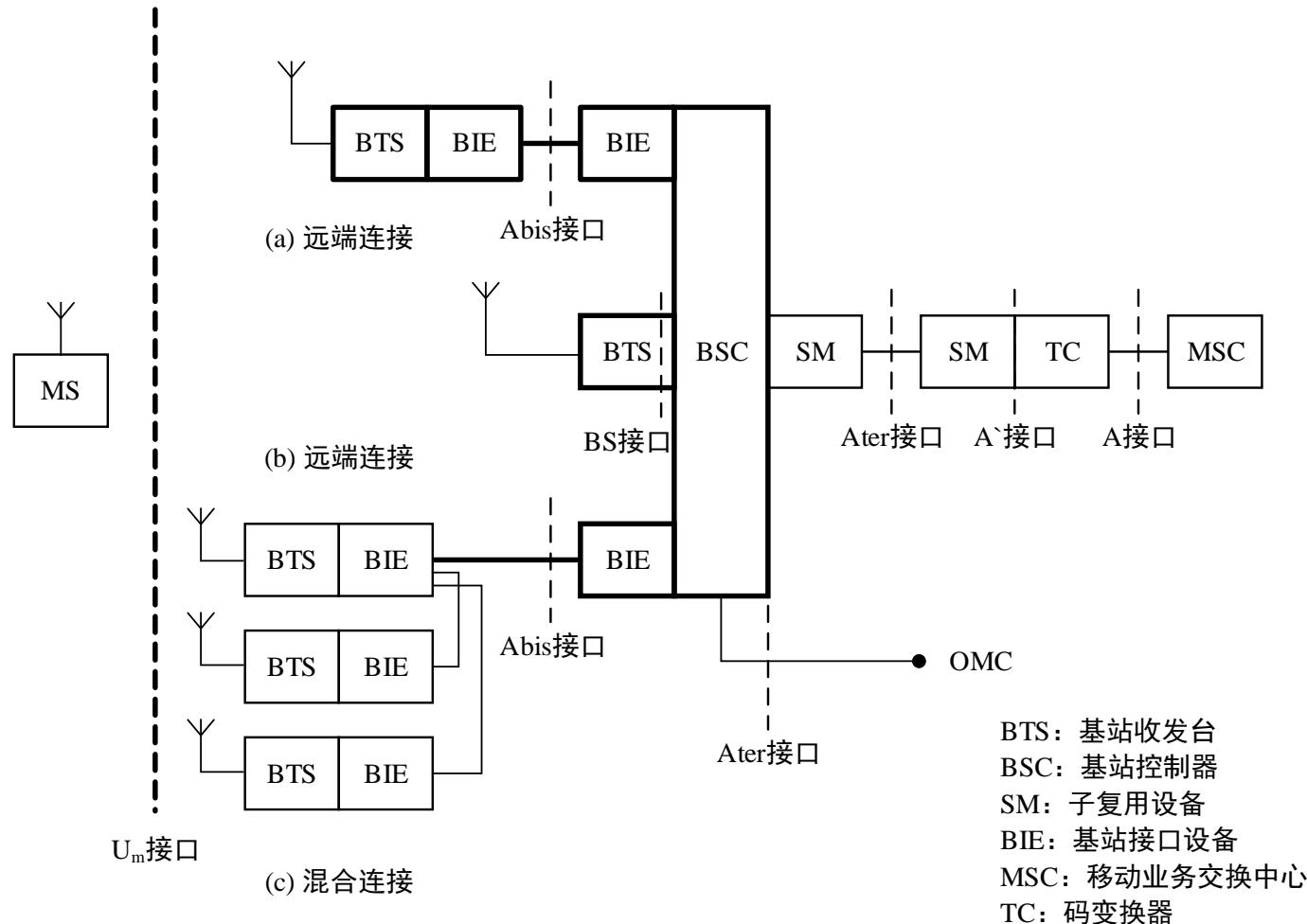
2、基站分系统功能 (BSS)

基站系统主要由基站控制器（**BSC**）和基站收发信机（**BTS**）组成。每个基站控制器可控制几个基站收发信机。

- 协助MSC完成地面信道管理。
- 无线信道测量和分配。链路监视、功率控制、跳频管理。
- 无线信道资源指示。
- 信道编解码，对用户数据和用户单元进行加密。
- 码型转换及速率适配。
- 独立完成小区内和同一BSC内的切换，执行MSC指令的在BSC间的切换。
- 信号的收发与处理。
- 交换功能，将无线信道连接到A接口PCM信道上。
- 空间分集接收。



典型的BSS组成方式



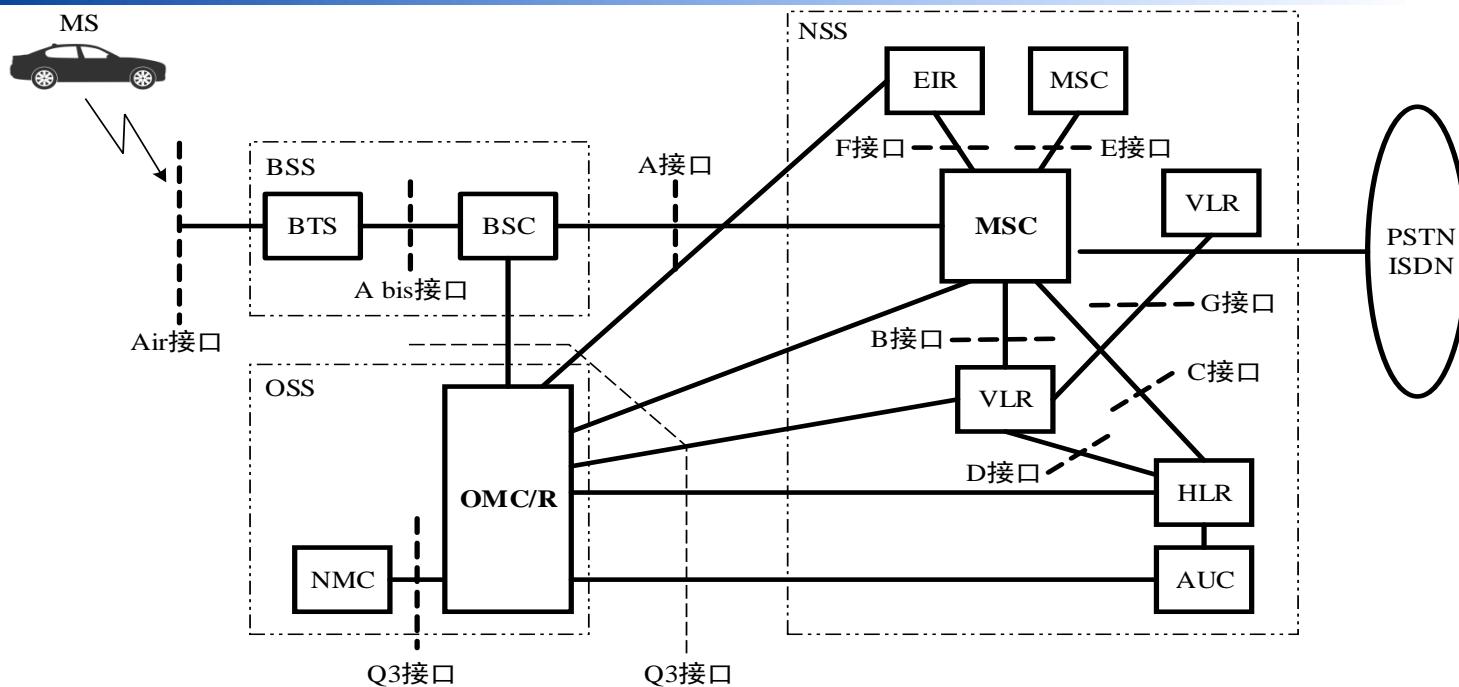


附属设备

- TC单元
 - GSM——PSTN之间实现码型和速率转换
 - 13kb/s+3kb/s——PCM 64kb/s
 - 接口将一条PSTN的2.048Mb/s PCM链路，30×64kb/s转化 \times 为30×16kb/s业务，同时建立一个64kbps的7号信令信道。TC的位置一般在MSC一侧。
- SM单元：将4个16kbps合成1个64kbps
- BIE单元：远距离接口



3、交换分系统功能 (MSS)



交换分系统由五个功能单元组成：

- ✓ 移动交换中心MSC
 - ✓ 归属用户位置寄存器（HLR）
 - ✓ 访问用户位置寄存器VLR
 - ✓ 鉴权中心（AUC）
 - ✓ 移动设备识别寄存器EIR



① 归属用户位置寄存器 (HLR)

- 中央数据库，存着用户所有相关数据，识别号码、访问能力、用户类别、补充业务等。
- 移动用户是运动的，一旦发出呼叫会出现主叫者不知被叫移动台位于何处，因此，在交换系统中需要建立一些数据库，用来保存MS的踪迹。当一个人购买了一个GSM移动台后，他的订单将被登记在HLR中。HLR中包含用户信息，如补充业务和鉴权参数。
- 此外，HLR还要有MS位置的信息，即MS当前停留在哪个MSC区，这一信息将随MS的移动而相应改变。MS要把它的位置信息（经由MSC/VLR）发往它的HLR，这样便提供了能接收呼叫的先决条件。



② 访问用户位置寄存器（VLR）

- 拜访位置寄存器（VLR）也是一个数据库，是动态数据库，它包含了当前处在本区（MSC区）的全部MS的有关信息。
- 当某一个MS用户漫游到新的MSC区，与该MSC连接的VLR就向其HLR请求该MS的有关数据。与此同时，其HLR将通知该MS当前正处在哪一MSC区。如果该MS用户想建立呼叫，则VLR将建立该MS用户所必须的全部信息，无需每次都要与HLR交换信息。



③ 鉴权中心 (AUC)

- 存贮鉴权算法和密钥，保证各种保密参数的安全性，向HLR提供鉴权参数。



④ 移动设备识别寄存器（EIR）

- 存贮移动设备的国际移动设备识别码（IMEI）、确保入网移动设备是入网许可的，不是失窃的和无故障的。



⑤ 移动交换中心（MSC）

- MSC是NSS的核心。
- MSC是交换机，用户信道互连和与其它MSC或PSTN的信道之间建立交换连接、呼叫控制和计费。
- 具有移动用户呼叫建立和控制、位置更新、切换、数据查询、移动应用、信令连接、用户保护和话音加密等移动功能。



MSC功能：移动接入

- 移动交换完成主叫与被叫用户之间的电路接续功能，但由于用户的移动性，其呼叫接入处理过程与一般交换有所不同。
- 主要表现为：必须向VLR发出询问，请求提供MS的用户数据；必须向HLR发出询问，请求提供至MS的选路信息。
- 移动呼叫接入处理较为复杂，涉及到需与其它网络设备交换信令消息，需要较多的信息存储容量。



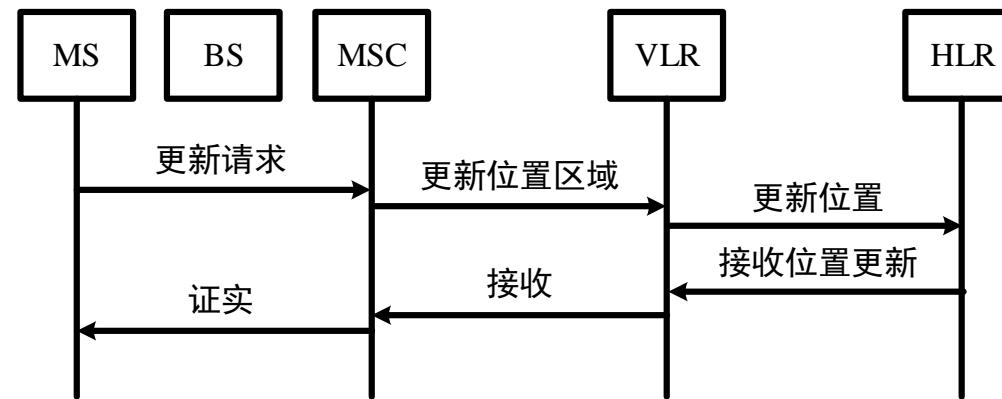
MSC功能：移动用户位置管理

- 位置登记有定时登记、强迫登记和呼叫自动登记三种方式。后两种方式由移动台自动完成，定时登记则是在MSC控制下完成的。
- MSC周期性地向所有MS发送当前时间值和登记周期。MS据此定时向MSC报告其所在的位置区。MSC根据收到的登记消息，对每个MS的位置消息进行修改。
- 如果超时未收到登记报告，则认为该MS已关机停用，以后将对其来话呼叫予以拒绝。
- MSC内部设置有移动台位置管理表，动态记录每个移动台的位置及活动状态。



MSC功能：移动用户位置管理

- 位置更新是MSC通过登记发现新的来访用户后，通过信令消息告知VLR，再由VLR通知HLR完成的。位置删除则是逆过程，由HLR发出删除消息，通知VLR和MSC完成。





MSC功能：越区信道切换

- 越区信道切换是移动交换特有的功能。它包括：
 - ✓ 信号监视
 - ✓ 信号测量
 - ✓ 切换控制
 - ✓ 切换接续
- 前两个子功能由BS和MS完成，用来触发信道切换和选择切换目标小区，后两个子功能则由MSC完成。



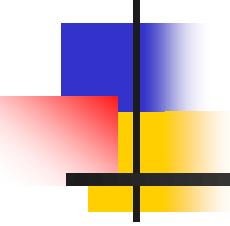
MSC功能：实时数据库管理

- 在移动交换中，MSC必须与HLR、VLR、EIR及AUC交换大量的数据，这些网络设备实质上是分布式大容量实时数据库
- 数据检索的实时性是MSC最重要的设计要求，这直接关系到移动呼叫建立时延和频道切换的速度，对移动服务质量指标有直接的影响。



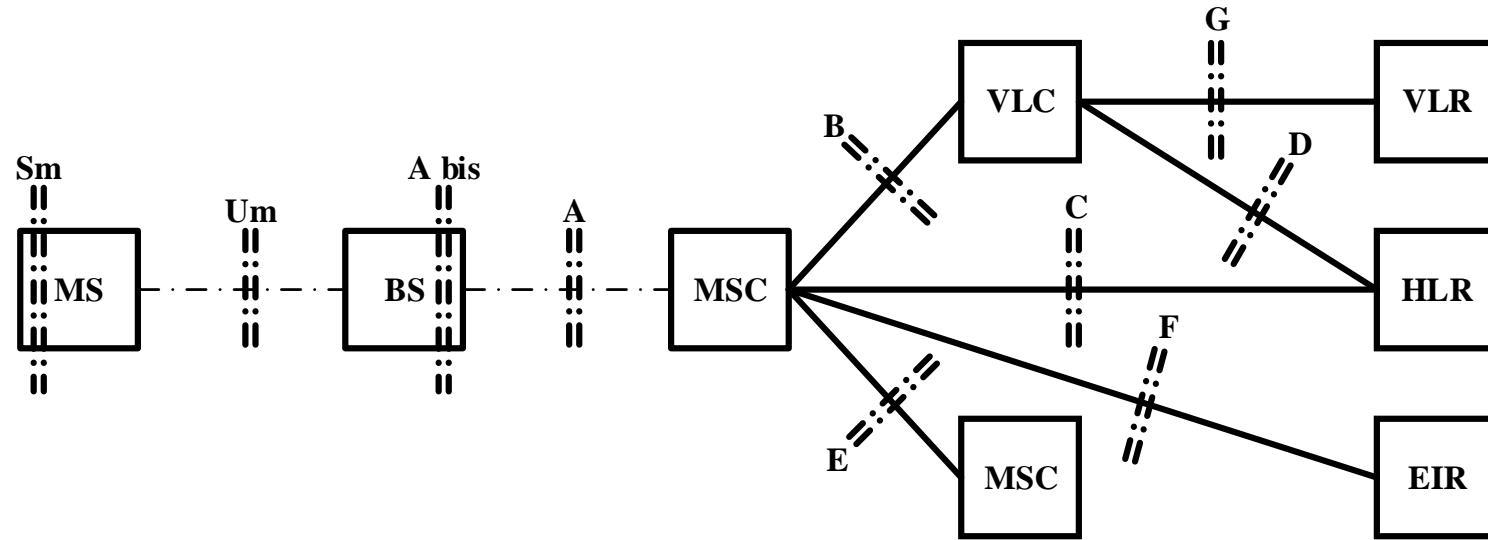
4、操作支持分系统（OSS）

- 支持一个和多个操作维护中心（包括OMC和网络管理中心）。
- 用于GSM的操作和维护（监视和维护，收费，改参数）。
- OMC对基站分系统和交换分系统分别进行操作和维护，基站（OMC-R）、交换（OMC-S）。



二、空中接口与信道构成

分系统与设备间的接口





空中接口 (Um) 主要特征和功能

- 空中接口是系统的最重要的接口，它决定了系统的主要特征和功能
- 空中接口包含了下述特性：
 - 信道结构和接入能力
 - MS-BS通信协议
 - 维护和操作特性
 - 性能特性
 - 业务特性

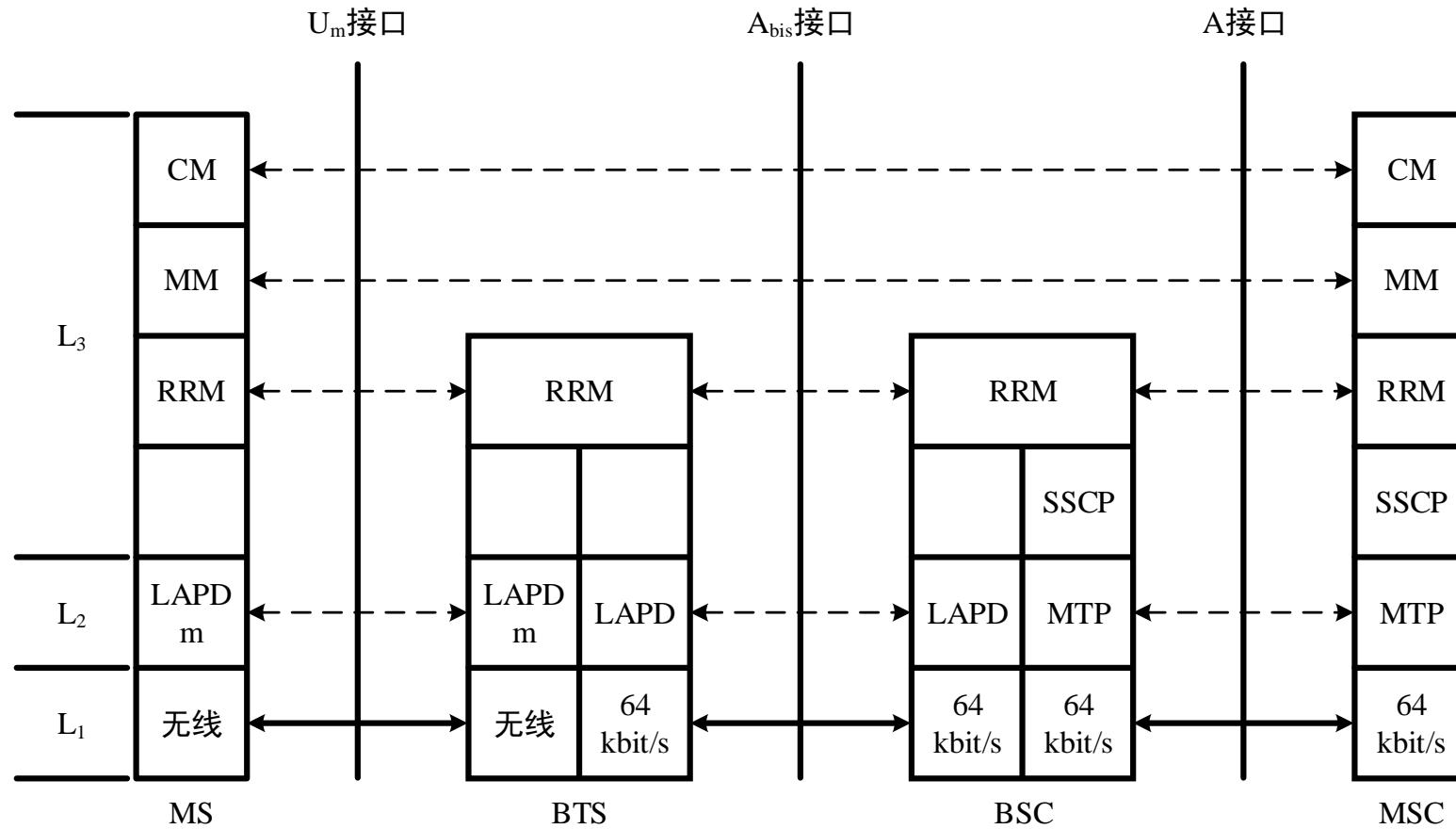


空中接口分层结构

- **物理层**: 为最低层。包括各类信道，为高层信息的传输提供基本的无线信道。
- **数据链路层**: 为中间层，记为LAPDm。它包括各种数据传输结构，对数据传输进行控制。
- **第三层**: 为最高层，记为L3。它包括各类消息和程序，对业务进行控制。它包括无线资源管理(RRM)、移动性管理(MM)、通信管理(CM)三个子层。



各设备间分层协议模型





物理层的主要功能

- 支持在物理媒介上传输比特流所要求的全部功能
- 物理信道：多址接入和时隙、帧结构
- 逻辑信道及其类型
- 逻辑信道至物理信道的映射。包括信道的组合、信道定义、分配参数
- 误码检测、加密、跳频能力等
- 与二层、三层功能单元之间的接口



数据链路层的主要功能

- 接受物理层的服务，向第三层提供服务，对三层的各功能提供数据传输
- 允许三层消息单元在三层实体间透明传输
- 包括帧类型识别、序列控制、流量控制、数据格式与错误检测等



第三层主要功能

- 无线资源管理(RRM): 包含物理信道的建立与维持, 支持越区切换等
- 移动性管理(MM): 对移动台移动特性进行管理, 同时负责无线信道的安全
- 通信管理(CM): 移动台建立呼叫的所需功能
- 补充业务支持(SS): 如呼叫转移、计费等
- 短消息业务支持(SMS)



物理层主要性能指标：

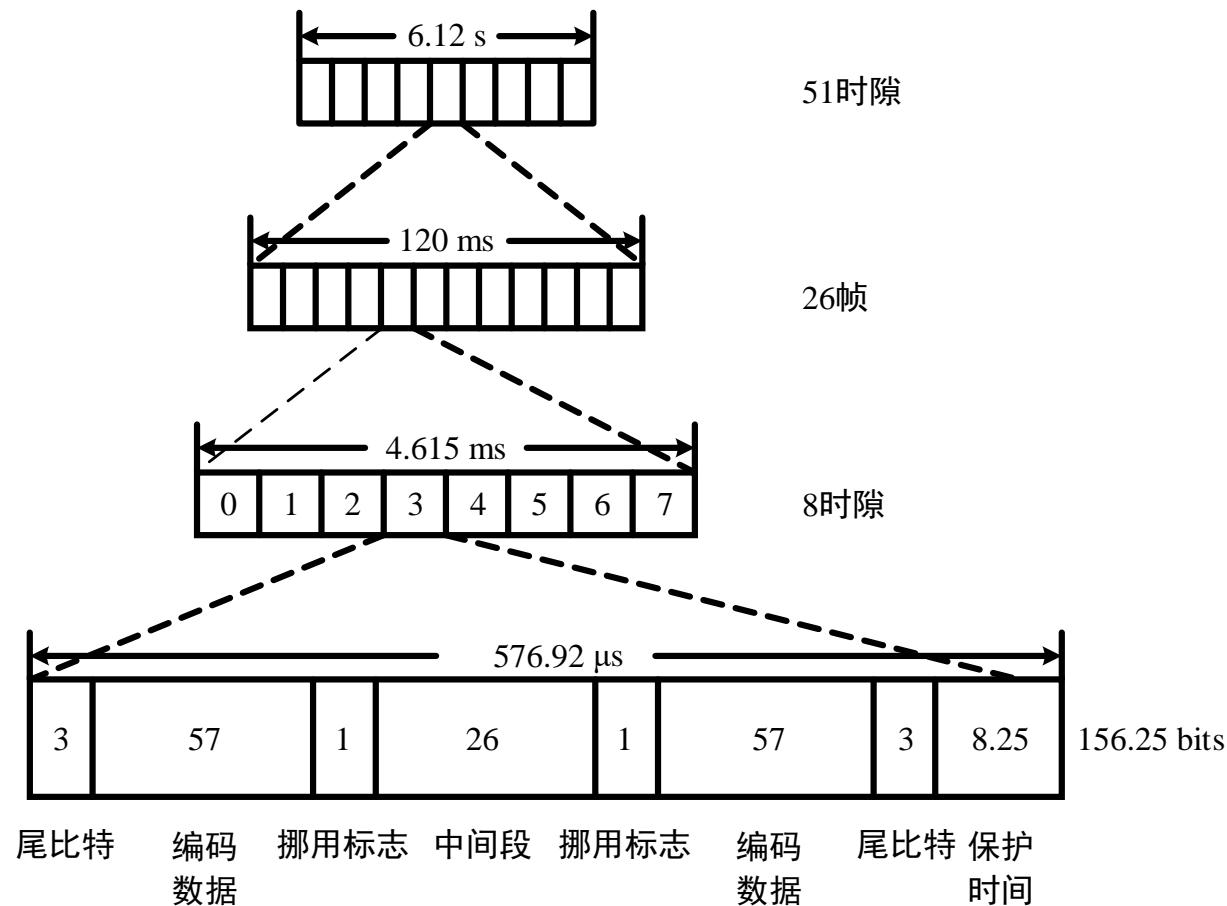
- 发射频率：移动台发送890~915MHz；
基站发送935~960MHz
DCS1800：移动台发送1710~1785MHz；
基站发送1805~1880MHz
- 双工间隔：45MHz
- 载波频道间隔：200KHz
- 多址方式：TDMA/FDMA

每载频有 8 个基本物理信道采用 TDMA，通常每扇区频道数 7，物理信道数 56，每载波码元速率 270.833kb/s。



物理层主要性能指标：

- 调制方式：高斯滤波最小移频键控（GMSK）
 $BT=0.3$ 。
- 语音编码：13kb/s RPE-LP编码
- 时隙和TDMA帧：时隙周期为 $576.9\mu\text{s}$ ，8个时隙构成一个TDMA帧，若干帧构成复帧。
- 基站最大输出功率：每载波500W，每基本物理信道62.5W。
- 同频复用：一般用: $N=9$ ， $C/I=9\text{dB}$ ，增加3dB余量，三扇区。



GSM帧结构



物理信道与逻辑信道

- **物理信道**: 传输信号的物理通道, 由空中接口物理层构成
- **逻辑信道**: 在物理信道上传输数据业务的通道, 多个逻辑信道可共用一个物理信道, 逻辑信道由空中接口数据链路层定义。
- GSM逻辑信道由业务信道 (TCH) 和控制信道 (CCH) 组成。大容量系统若每个小区有7个载频, 则可将1个载频中8个物理信道的0、1信道设为控制信道, 2~7设为业务信道, 其余载频都设为业务信道。小容量系统将减少控制信道数量。
- GSM控制信道 (CCH) 由广播信道、公用控制信道、专用控制信道三类信道组成



业务信道

- 业务信道：传送数字话音和应用数据业务
- 话音：分全速率和半速率
- 全速率：13kb/s，纠错保护后总速率22.2kb/s
- 半速率：6.5kbps，纠错保护后总速率11.4kb/s半速率率为交替帧发送。
- 数据：2.4、4.8、9.6kbps透明数据业务。



① 广播信道 (BCH) , 前向链路

广播信道功能：建立基站与移动台的初始连接，由三个信道构成。

- ✓ 广播控制信道 (BCCH)。广播小区网络识别，小区现在特征（信道利用率，阻塞）等消息。
- ✓ 频率校正信道 (FCCH)。每10帧发一次，用于用户校正频率。
- ✓ 同步信道 (SCH)。每10帧发一次，用于时钟同步。



②公共控制信道 (CCCH)

公共控制信道功能：通信双方初始呼叫、响应与认证，由三个信道组成。

- ✓ 寻呼信道（PCH），前向链路。用于寻呼用户，短消息也用此信道。
- ✓ 随机接入信道（RACH），反向链路。用于用户接入，响应PCH信道上的寻呼。
- ✓ 接入认可信道（AGCH），前向链路。用于系统准予用户接入。



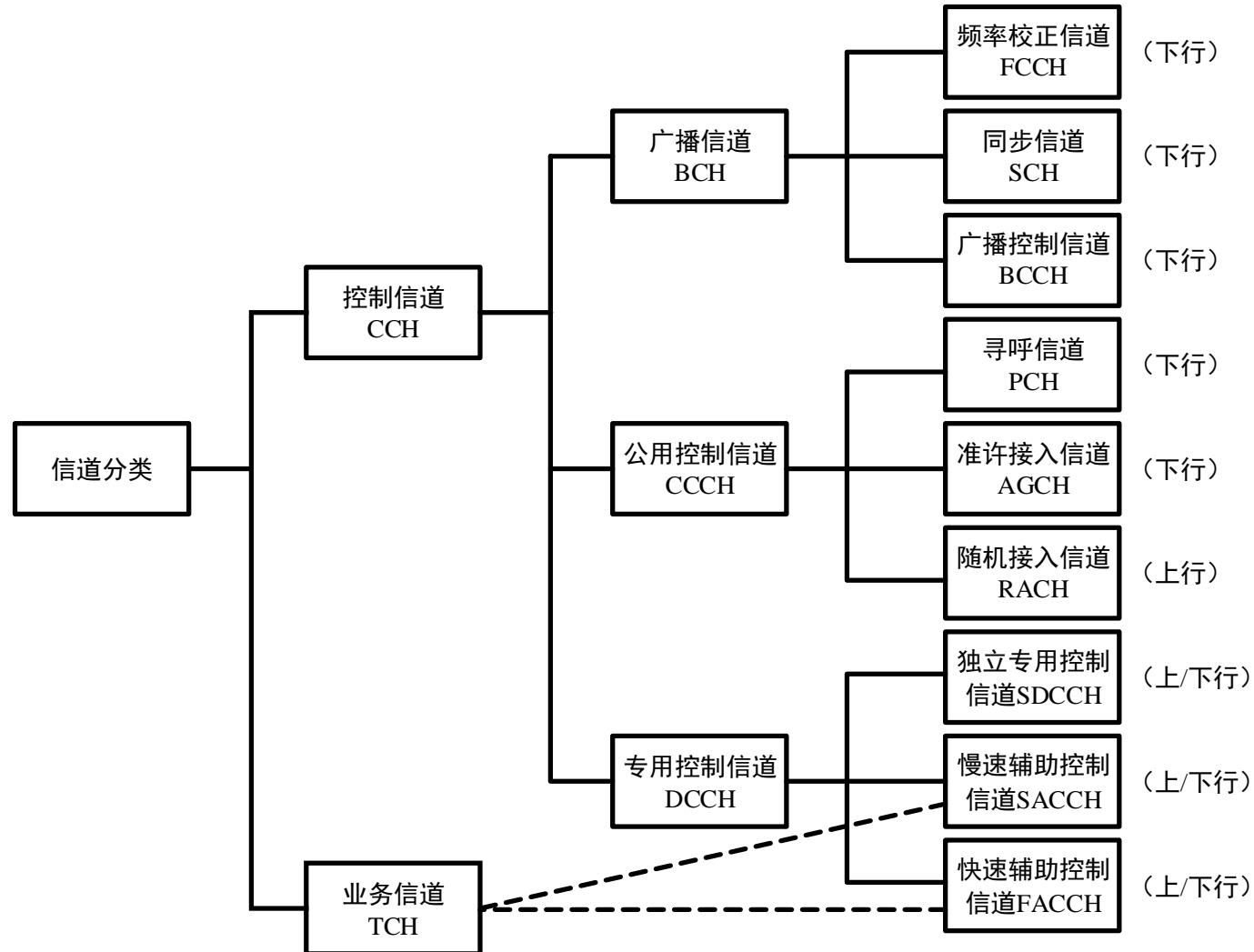
③专用控制信道（DCCH）双向传输

专用信道功能：用户通信开始前与系统间的认证加密等信息交互，以及通信过程中的控制信号的交互，由三个信道构成。

- ✓ 独立专用控制信道（SDCCH），在专用信道上，移动台与网络进行业务建立前的信令交换。
- ✓ 快速辅助控制信道（FACCH），传某些特定信息，如功率和帧调整控制信息，测量数据用于切换。
- ✓ 慢速辅助控制信道（SACCH）所携带信令与FACCH相同，但速率较慢。



逻辑信道分类示意图





移动台接入系统的过程

- 当移动台进入某小区，首先收听广播控制信道信息（BCCH），进行网络识别和频率、码元同步，并在自己的寻呼组搜索是否有寻呼信息。
- 当移动台发现有寻呼信息，由随机接入信道（RACH）向网络申请接入，要求分配专用信令信道，于是系统在下行的接入准许信道（AGCH）上为移动台分配独立专用控制信道（SDCCH）。
- 在专用信道上，移动台和网络间进行鉴权和业务信道建立前的信令交换，此后转入业务信道TCH进行话音或数据通信。



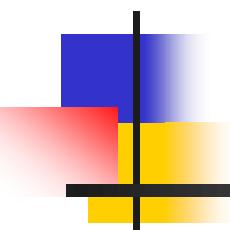
控制信号与信令系统

- 在通信网中，为了完成用户随时随地都可以建立通信的要求，除了要传送用户到用户的信息(如话音、数据)外，还要在交换局与交换局、用户与交换局之间传送用于建立和释放呼叫为主的控制信号，以便完成用户进行通信的正常接续。
- 这些控制信号称为信令，通信网中对这些信令所遵守的协议称为信令方式；
- 每个交换局为完成特定信令方式的传递与控制所实现的功能实体称为信令系统。



No.7信令

- 对于移动通信网，信令方式一般采用No.7公共信道信令方式，它是利用局间公共的几条信令链路传送话路的信令信息。
- No.7信令具有传输速度快、信令容量大、可靠性高、使用灵活、成本低、适用能力强等特点，同时可开放很多新业务功能，具有很好的应用前景。
- 我国No.7信令的应用和发展很快，目前已在电话网、移动网、ISDN网和智能网中广泛应用。



三、GSM的增强：GPRS

(General Packet Radio Service, 通用分组无线业务)

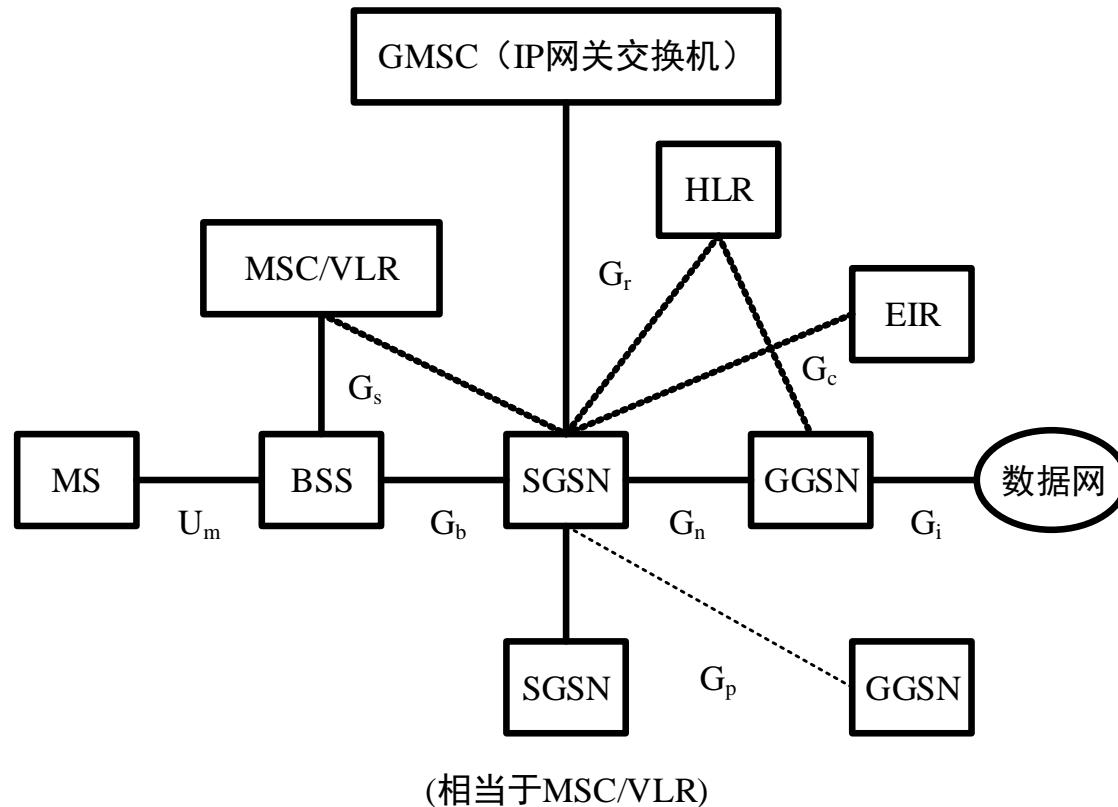


GPRS特点

- GPRS是GSM系统的改进，在电路交换系统中引入分组交换功能与业务，支持数据网功能
- 采用分组方式，更有效地利用资源，多用户可以共享一个物理信道，有快速的呼叫建立/清除时间
- 用户也可同时使用多个物理信道，用户最高数据速率可达171.2kbps
- 引入新业务简单、方便，支持TCP/IP和X.25业务
- 可提供按时间、数据量、内容等灵活的计费方式

GPRS网络结构

- 在GSM网络结构中增加GPRS服务节点（SGSN）和网关节点（GGSN）和其它设备。





SGSN

■ SGSN功能

- 用户认证和鉴权
- 移动性管理
- IP网协议与BSS、MS所用协议的转换
- 数据缓存、流量控制、加密和压缩
- 建立数据到相应GGSN的路由
- 支持计费数据收集和话务管理
- SGSN切换和MSC/VLR的交互



GGSN与其它设备

■ GGSN功能

- 将来自外部网络的分组数据连到相应的SGSN
- 将来自MS的分组数据连到相应的外部网络
- 提供到外部IP网络的接口

■ 其它设备

- 域名服务器：将逻辑名称转化为IP地址
- 边界网关（BG）用于两个网互连，具有安全功能
- 防火墙
- 计费关口，收集SGSN和GGSN的计费信息



GPRS的逻辑信道

- 分组数据业务信道PDTCH
- 分组广播控制信道PBCCCH
- 分组寻呼信道PPCH
- 分组随机接入信道PRACH
- 分组接入允许信道PAGCH
- 分组通知信道PNCH（向多个MS多播）
- 分组随路控制信道PACCH（专用控制信道）