



第十六章

移动网络的结构与组成



主讲人: 牛 凯

niukai@bupt.edu.cn

主要内容



- 本章介绍移动网络的结构与组成。首先介绍从GSM、GPRS到WCDMA的移动网络演进，然后介绍从IS-95至CDMA2000的网络演进，再次，介绍以LTE、WiMax为代表的4G移动网络特征，最后简要介绍5G移动网络的结构特征。

16.1 从GSM网络到GSM/GPRS网络



- GSM网络结构
- GSM/GPRS网络



16.1.1 GSM网络结构

- GSM是欧洲电信标准委员会ETSI为第二代移动通信制定的，可以国际漫游的泛欧数字式蜂窝移动通信系统的标准。
- 下面以表格形式给出GSM900第一、第二两阶段以及DCS1800第一、第二两阶段无线接口(空口接口)的主要性能：



GSM主要性能表

	GSM900 (一阶段)	GSM900 (二阶段)	DCS1800 (一阶段)	DCS1800 (二阶段)
上行	890~915MHz	880~915MHz	1710~1785MHz	1710~1785MHz
下行	935~960MHz	925~960MHz	1805~1880MHz	1805~1880MHz
信道号范围	1至24	1至24和975至1023	512至885	512至885
收、发间隔(频率)	45MHz	45MHz	95MHz	95MHz
收、发间隔(时间)	3个时隙	3个时隙	3个时隙	3个时隙
调制数据率	270.833kb/s	270.833kb/s	270.833kb/s	270.833kb/s
帧周期	4.615ms	4.615ms	4.615ms	4.615ms
时隙周期	576.9us	576.9us	576.9us	576.9us
比特周期	3.692us	3.692us	3.692us	3.692us
调制方式	0.3GMSK	0.3GMSK	0.3GMSK	0.3GMSK
信道间隔	200kHz	200kHz	200kHz	200kHz
时隙数	8	8	8	8
移动台最大功率	20W	20W	20W	1W
移动台最小功率	13dBm	5dBm	4dBm	0dBm
功控调节次数	0至15	0至19	0至13	0至15
话音比特率	13kb/s	13kb/s	13kb/s	13kb/s



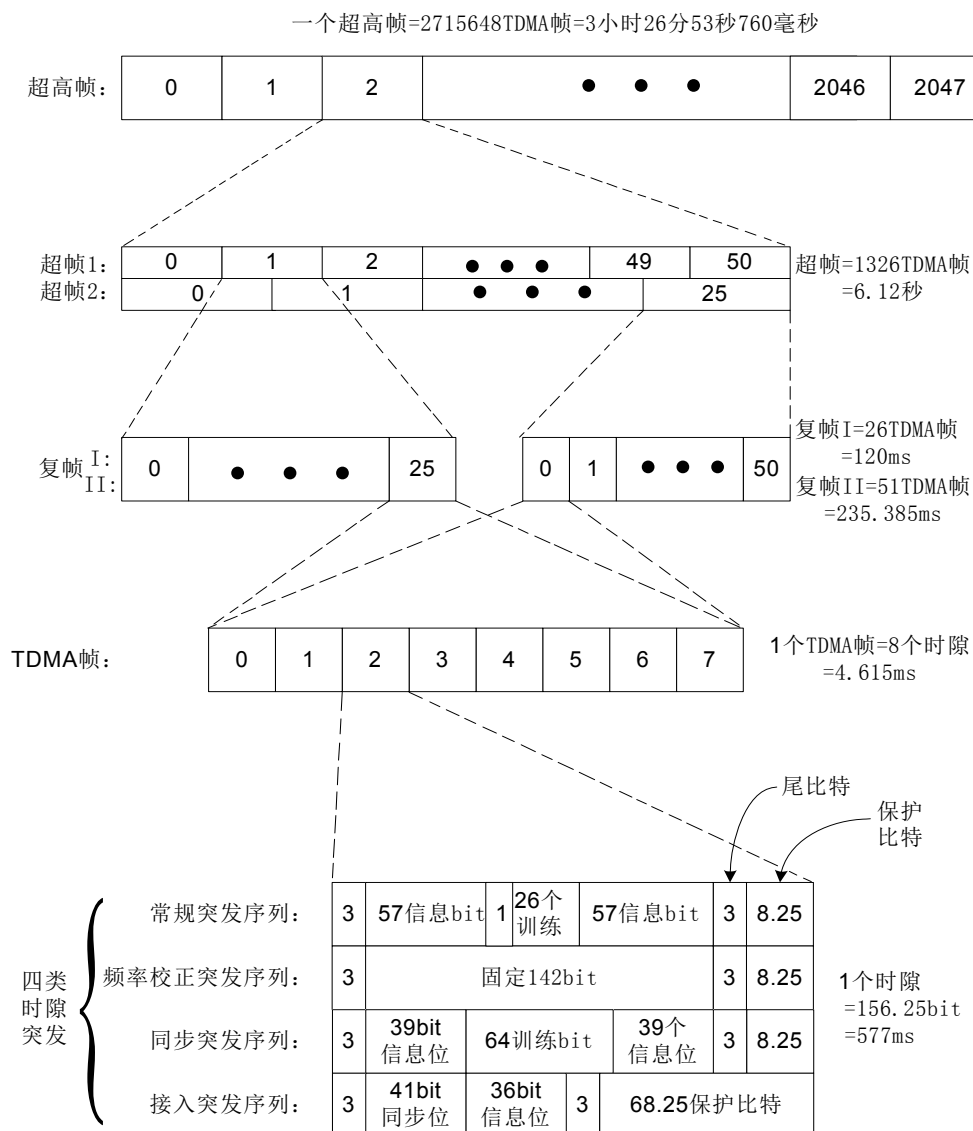
- GSM信道可以分为物理信道和逻辑信道。所谓物理信道，这里是指实际物理承载的传输信道，而逻辑信道则是按信道的功能来划分的。逻辑信道是通过物理信道传送的。

1.物理信道与帧结构

- GSM是一类数字式移动通信体制，它主要是通过时分多址TDMA方式来实现的，亦即用户间是以时间分割的不同时隙方式来传送不同用户信息的。
- GSM仅有8个时隙，它不足以满足每个小区内的实际用户数的需求，因此GSM系统是采用以时分为主体时分、频分相结合的方式(TDMA/FDMA方式)。



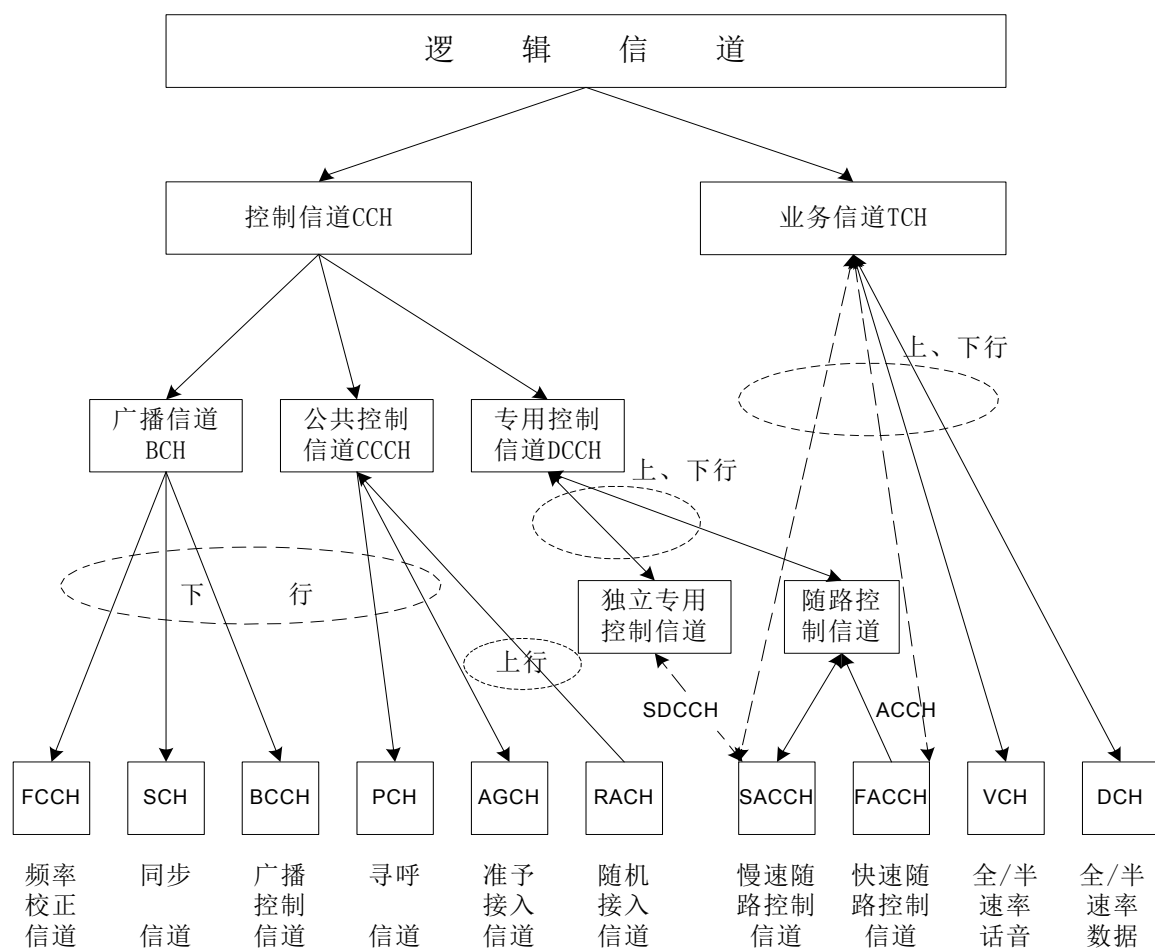
GSM的帧结构：
GSM最大特色
是时分多址，
而时分是利用
帧结构来实现
的，其结构如
右图所示：





2. GSM逻辑信道

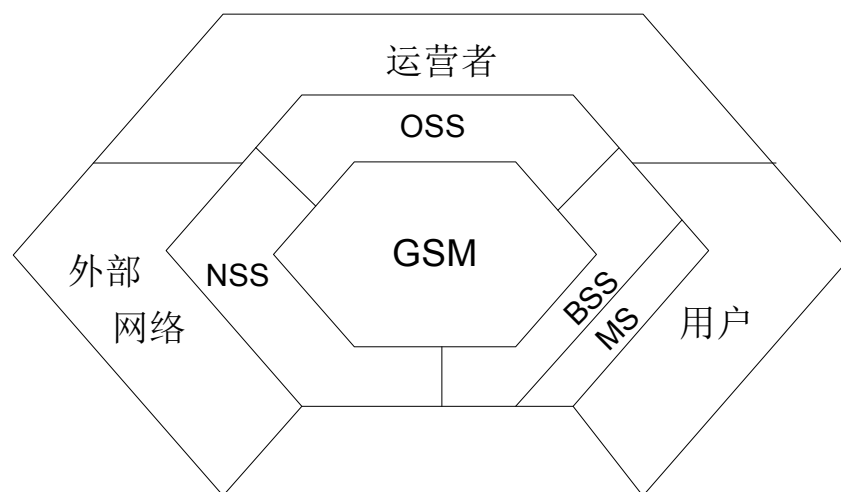
- GSM逻辑信道结构如下所示：





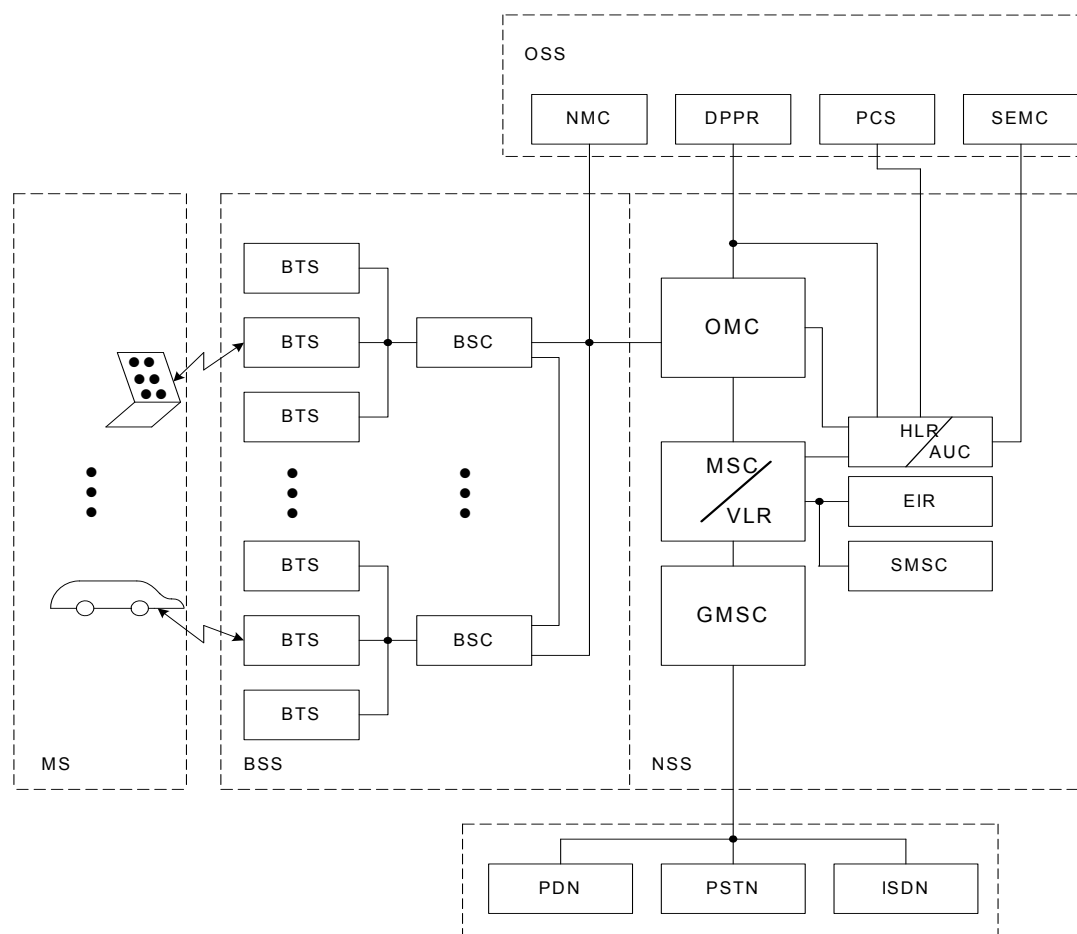
3. GSM网络组成

- GSM总体体系结构图如下所示。GSM网络由三个面向和四个组成部分构成：面向用户的移动台MS与基站系统的两个组成部分；面向外部网络(一般为本地核心网PSTN)的网络子系统NSS部分；面向运营者的操作支撑系统OSS部分。





- GSM的网络结构如下图所示：

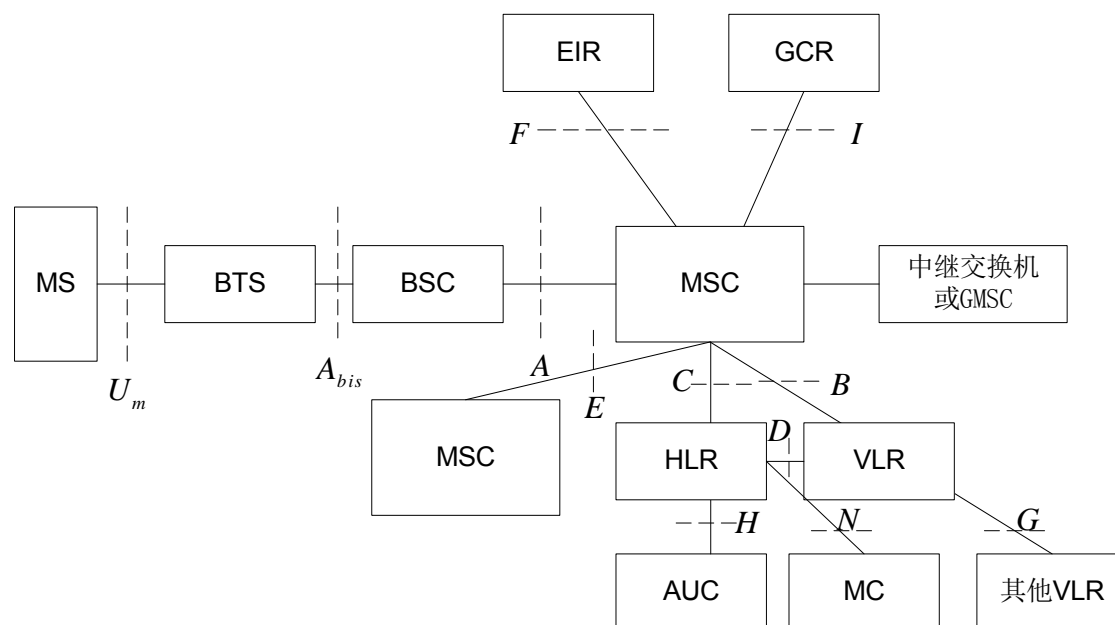




- 由图可见， GSM的网络结构由下列四个主要部分组成：
MS、BSS、NSS和OSS。
- (1) 移动台MS (Mobile Station) :它主要包含手机、车载台(便携式)两种类型
- (2) 基站子系统BSS (Base Station Subsystem) :它由基站收/发信台BTS和基站控制器BSC两个部分组成，它是组成蜂窝小区的基本组成部分。一个BSC可以控制数十个BTS。
- (3) 网络子系统NSS (Network Subsystem) :它主要满足GSM的话音与数据业务的交换功能以及相应的辅助控制功能。
- (4) 操作支持子系统(Operation Support System) :它主要面向运营商，是相对独立于GSM的核心BSS与NSS的一个管理服务中心。



- GSM系统取得成功的最主要因素之一是将它设计成一个开放的系统，在GSM系统中统一规定了国际上建议的接口标准和协议要求，并对所有国家、地区、厂家开放，以此可实现网络系统中不同功能实体的不同厂家设备的互连互通。GSM系统主要接口关系如下图所示：



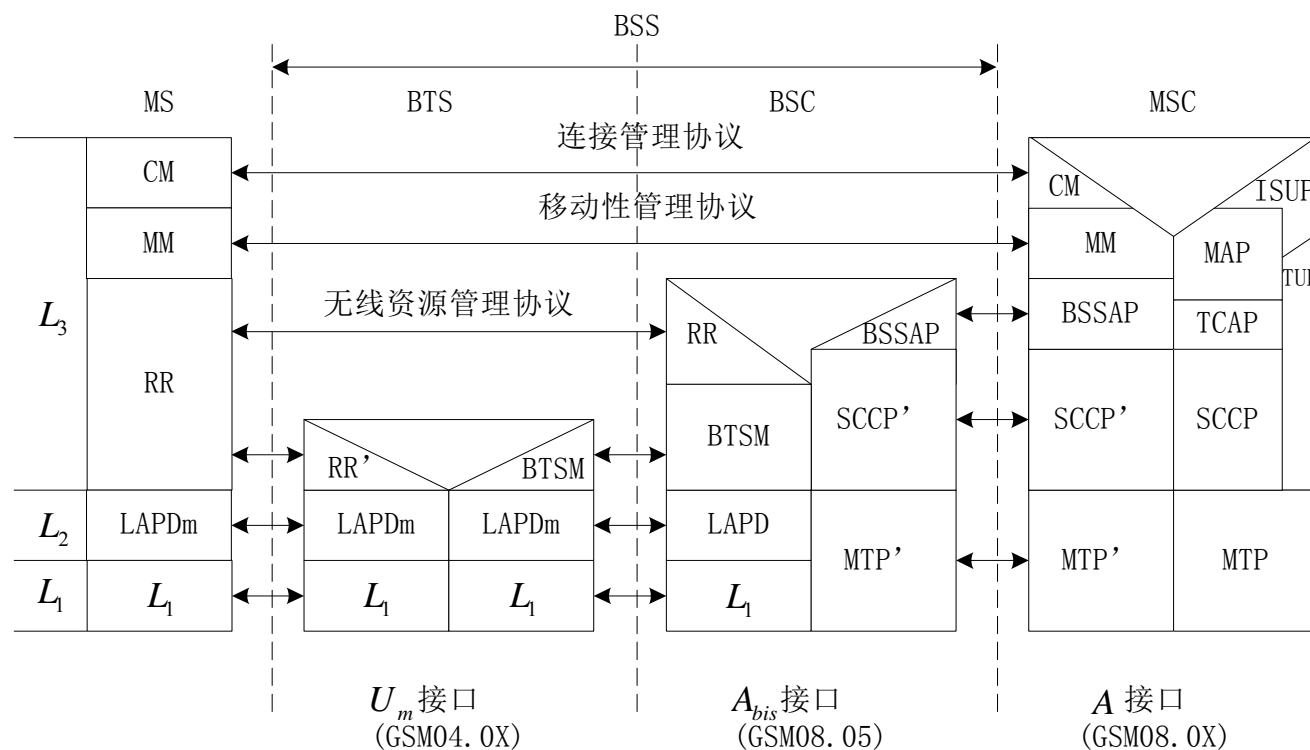


4. GSM系统的协议栈

- GSM规范对各接口所使用的分层协议也作了详细的规定。 GSM系统各接口采用的分层协议结构是符合开发系统互连OSI参考模型的。
- GSM协议分层结构由以下三层组成：
 - (1) L_1 层，又称为物理层，它是无线接口的最低层，提供传送比特流所需的物理(无线)链路、为高层提供各种不同功能的逻辑信道。
 - (2) L_2 层，又称为链路层，它的主要目的是在移动台与基站之间建立可靠的专用数据链路。
 - (3) L_3 层，又称为网络高层，它主要是负责控制和管理协议层。



- GSM系统主要接口的协议分层示意图如下：





16.1.2 GSM/GPRS网络

- GPRS(General Packet Radio Service)即通用分组无线业务，其标准是欧洲电信标准化协会ETSI从1993年开始制订并于1998年完成的。
- GPRS是从GSM系统基础上发展起来的，与GSM共用频段、共用基站并共享GSM系统与网络中的一些设备和设施。GPRS大为拓广了GSM业务的服务范围，在GSM原有电路交换的话音与数据业务的基础上提供了一个平行的分组交换的数据与话音业务的网络平台。

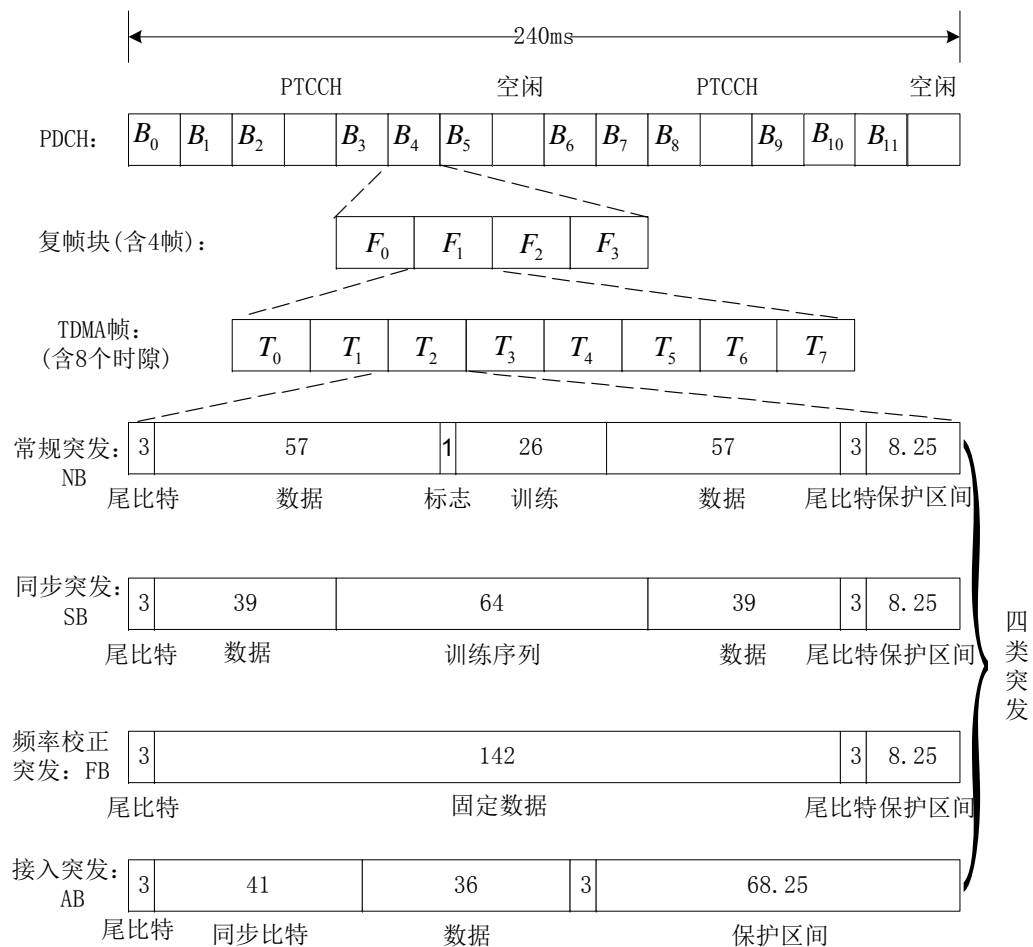


- GPRS的主要功能是在移动蜂窝网中支持分组交换业务，按时隙，而不是占用整个通路，将无线资源分配给所需的移动用户，收费亦按占用时隙计算，故能为用户提供更为经济的低价格服务；利用分组传送实现快速接入、快速建立通信线路大大缩短用户呼叫建立时间，实现了几乎“永远在线”服务，并利用分组交换提高网络效率。
- GPRS不仅可应用于GSM系统，还可以用于其它基于X.25与IP的各类分组网络中，为无线因特网业务提供一个简单的网络平台，为第三代3GPP WCDMA提供了过渡性网络演进平台。



1. GPRS的物理信道结构

- 与GSM一样，GPRS信道可以分为物理信道和逻辑信道两大部分。GPRS物理信道的总体结构与GSM是一样的，只是在具体实现的帧结构上有所差别。GPRS物理信道中的分组数据信道PDCH的具体结构如下：

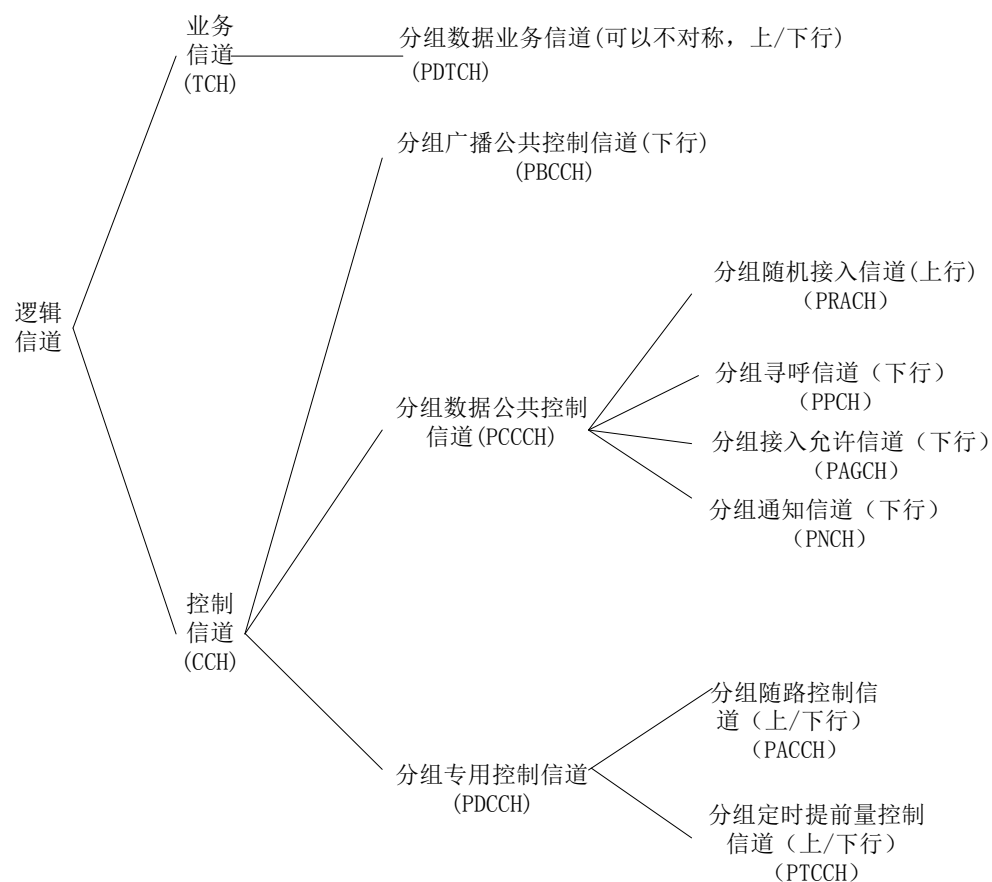


GPRS中分组数据信道PDCH结构



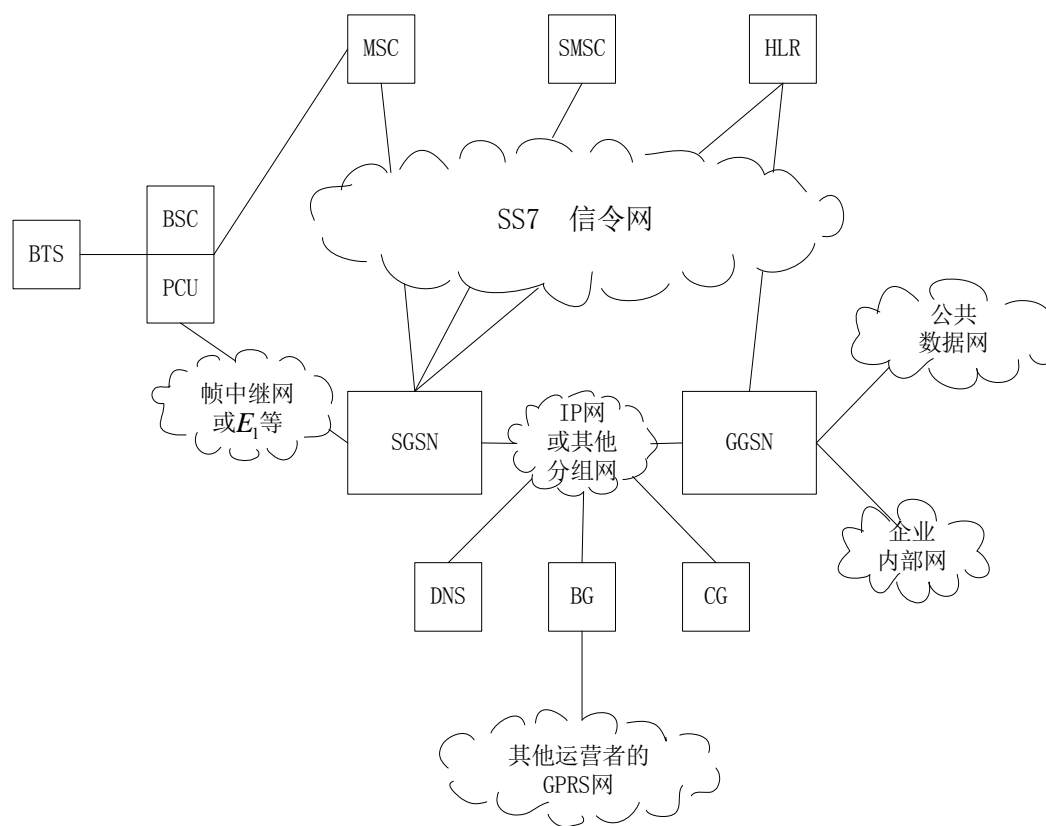
2. GPRS逻辑信道

- GPRS逻辑信道结构如下：





3. GPRS网络结构





- 由图可见GPRS网络的主要功能实体为：
 - 1) 分组控制单元PCU：完成无线链路控制(RLC)与媒体接入控制(MAC)的功能；完成PCU与SGSN之间G_b接口分组业务的转换；
 - 2) 服务GPRS支持节点SGSN：负责GPRS与无线端的接入控制、路由选择、加密、鉴权、移动管理；完成它与MSC、SMS、HLR、IP及其它分组网之间的传输与网络接口；
 - 3) 网关GPRS支持节点GGSN：GGSN是与外部因特网以及X.25分组网连接的网关，可看作提供移动用户IP地址的网关路由器；GGSN还可以包含防火墙和分组滤波器等；提供网间安全机制；

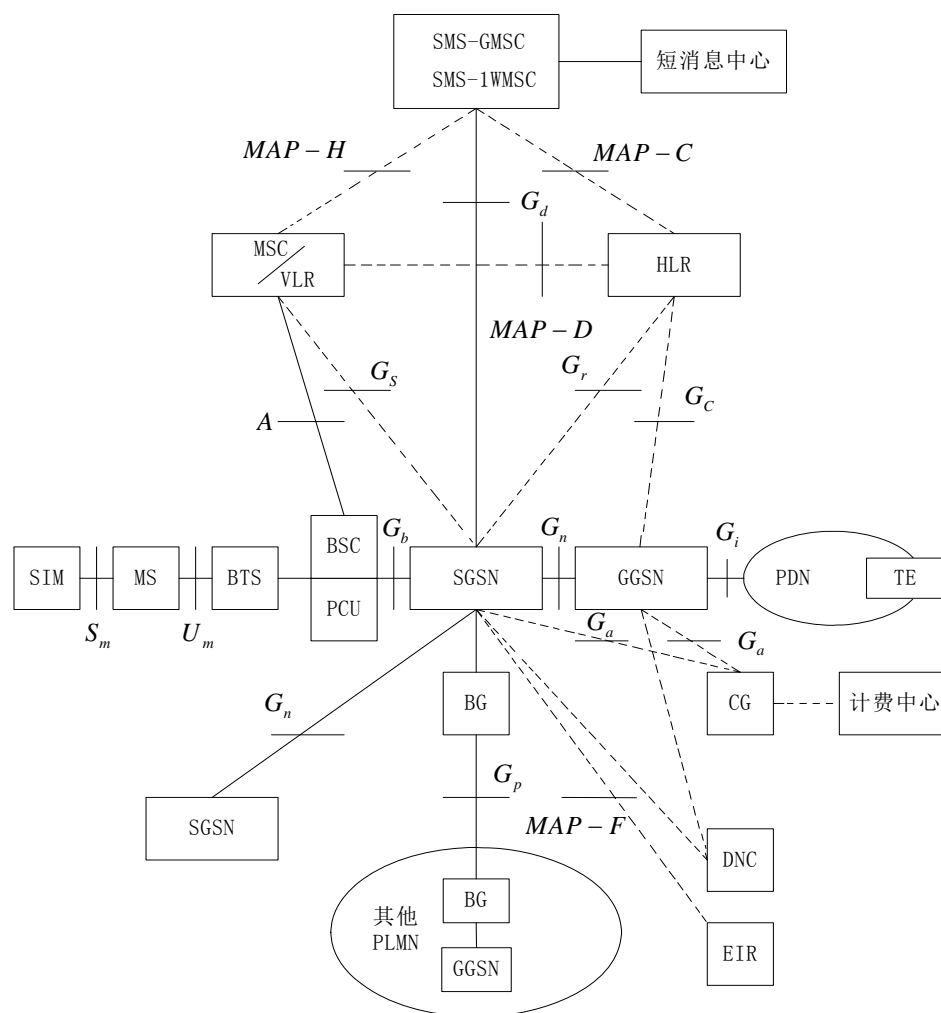


- 4) 边界网关BG: 它是其它运营者的GPRS网与本地GPRS主干网之间互连的网关, 它应具有基本的安全功能, 此外还可以根据漫游协定增加相关功能;
- 5) 计费网关CG: 它通过相关接口Ga与GPRS网中的计费实体相连接, 用于收集各类GSN的计费数据并记录和进行计费;
- 6) 域名服务器DNS: 它负责提供GPRS网内部SGSN、GGSN等网络节点域名解析以及接入点名APN的解析。



4. GPRS网络逻辑结构与接口

- GPRS在逻辑功能上可以通过原有的GSM网络增加两个核心节点：SGSN与GGSN，因此需要定义一些新的接口，其基本逻辑结构如下图所示：

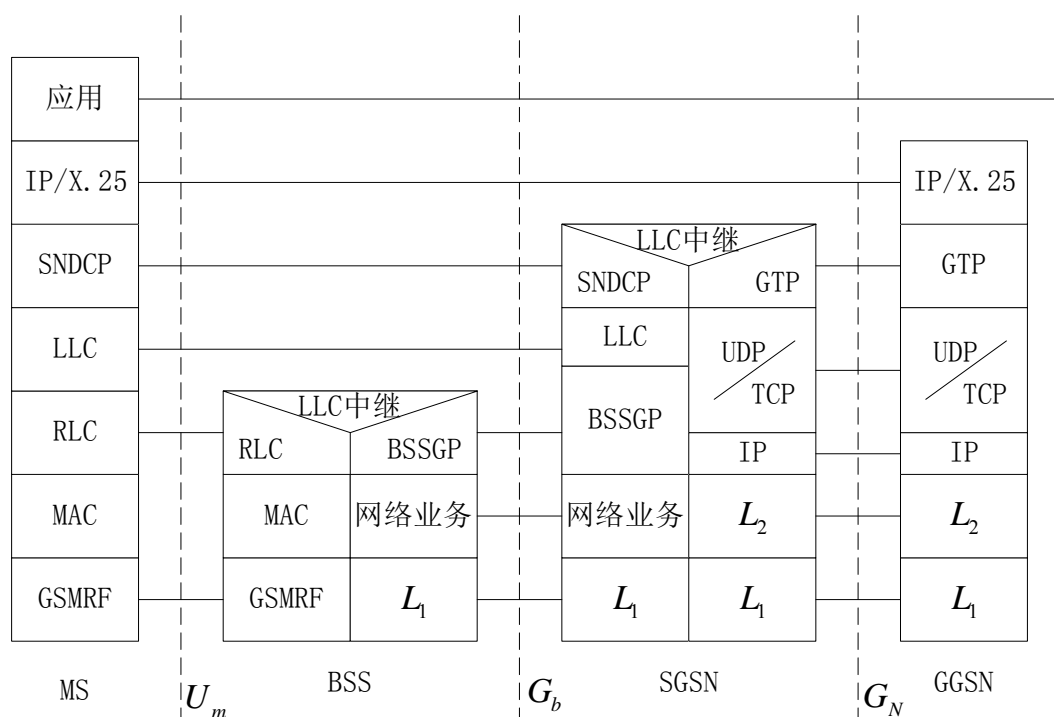


- 图中，实线表示数据和信令传输及接口，虚线仅表示信令传输及接口。
- MAP-C、D、H、F以及 S_m 、 U_m 和A表示原有GSM信令传输及接口，而其它接口则为GPRS新增接口。



5. GPRS系统的协议栈

- GPRS协议栈在传输平面和信令平面之间是有区别的，下图给出传输平面的协议栈，它提供用户信息传递分层协议结构和相关信息传递过程。

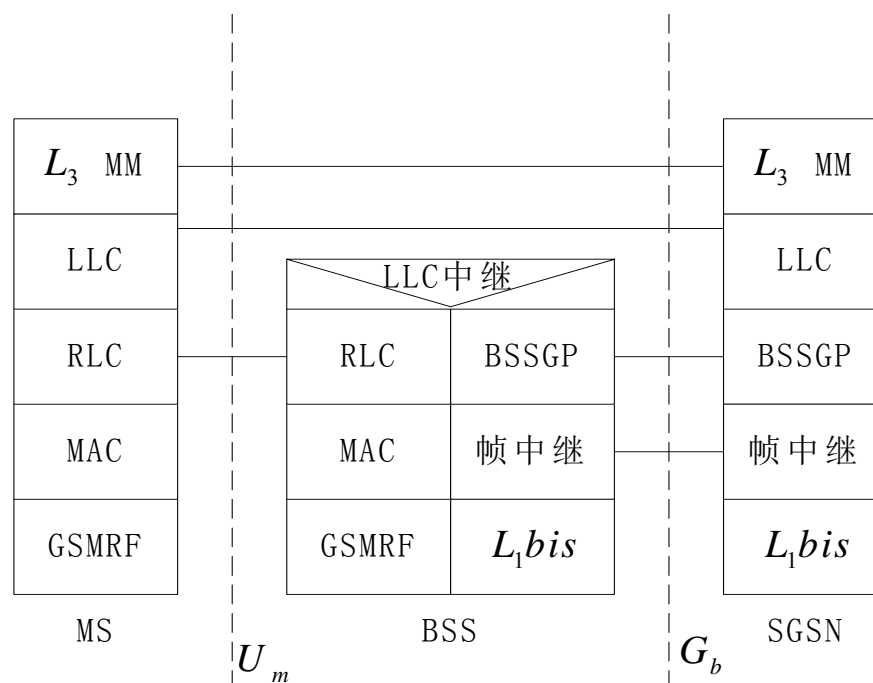




- GPRS传输平面的协议栈结构与GSM的主要区别：
 - 1) GSM协议主要针对电路交换业务，而GPRS协议则针对分组交换业务的。GPRS允许移动用户占用多个时隙，但在GSM中移动用户一般仅能占用一个时隙。
 - 2) GPRS的信道分配很灵活，可以是对称的，也可以是不对称的，然而GSM中信道分配必须是对称的。
 - 3) GPRS的资源分配也与GSM有些不同，在GSM中小区可以支持GPRS，也可以不支持GPRS。对于支持GPRS的小区，其无线资源应在GSM和GPRS业务之间动态分配。
 - 4) GPRS中上行链路和下行链路的传输是独立的，而在GSM中由于话音的对称性，这两者是不独立的。



- GPRS信令平面由控制和支持传输平面功能的协议组成。它主要包含：控制GPRS网络接入连接；控制一个已建立的网络接入连接过程；控制一个已建立的网络连接的路由通道；控制网络资源安排，指派网络资源；短消息业务SMS的网络和分层协议。下图是控制信令平面的协议栈结构：



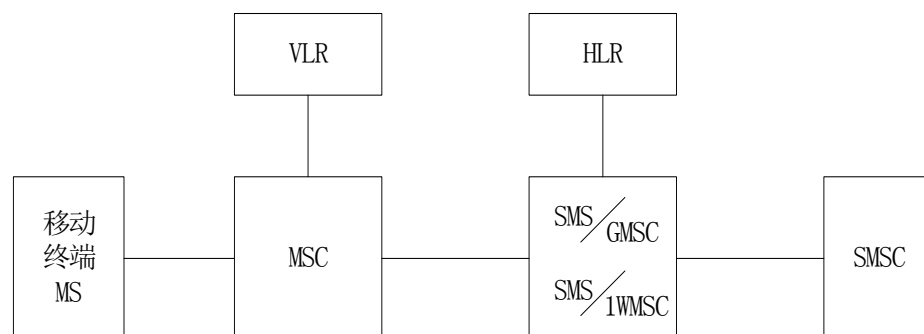


6.短消息业务SMS

- 短消息业务类似于因特网中对等实体间的立即消息业务。SMS用户可交换160个字符(映射域140 byte)的包括字母和数字的消息，并且消息的提交在几秒内即可完成。只要有GSM就可提供SMS服务。
- SMS主要有两类业务：小区广播服务和点对点PTP服务。
- SMS占用GSM的逻辑信道，不管是否有呼叫，消息都会被传送并可能得到确认。
- SMS采用GSM/GPRS网络结构协议和物理层来传送和管理消息，它具有存贮转发特征。



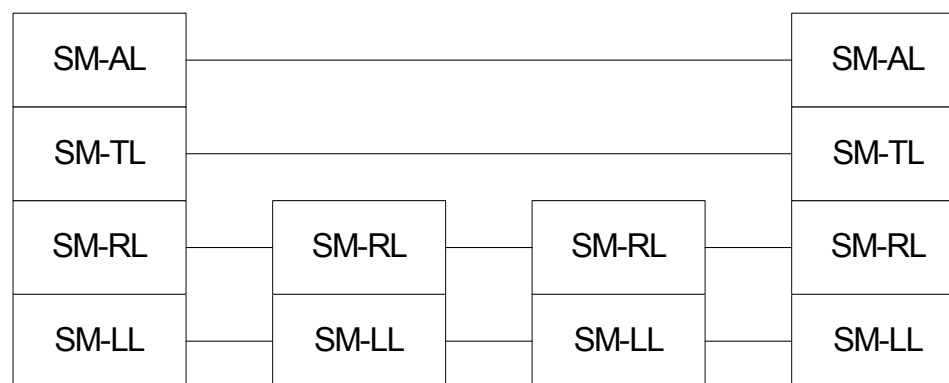
- SMS的网络结构如下图所示：



- SMSC存贮和传送每则消息，并对消息恰当的分类和路由，消息采用SS7在网中传送。
- 在GSM中，SM在HLR中排队或直接发送给接收方的本地MSC中的SMS－GMSC，然后SM再转发给恰当的MSC，再由这个MSC将消息传送至MS。



- SMS协议包含四层：应用层AL、传输层TL、中继层RL和链路层LL。SMAL显示包含字母、数字和单字的消息；SMTL为SMAL提供服务与SM交换消息并接受接收方SM的确认消息，它在每个方向上都可获得传递报告或发送SM的状态；SMRL通过SMRL中继短消息协议数据单元SMSPDU。SMS的网络协议栈如下图所示：





- 在空中接口，SMS占用控制信道的时隙来传送，它可分几种情况：
 - 1) 若MS处于空闲状态，则在独立专用控制信道SDCCCH上传送短消息；
 - 2) 若MS处于激活状态，这时SDCCCH用于呼叫建立和维持，则采用慢速随路控制信道SACCH来传送短消息；
 - 3) 若SMS在传送过程中，MS状态产生了变化，则报告传送失败，短消息需重传；
 - 4) 在小区广播情况下，比如发送天气预报或广播其它短消息给多个BSC的MS，则采用小区广播信道CBCH来传送MS。

16.2 第三代(3G)移动通信与3GPP网络

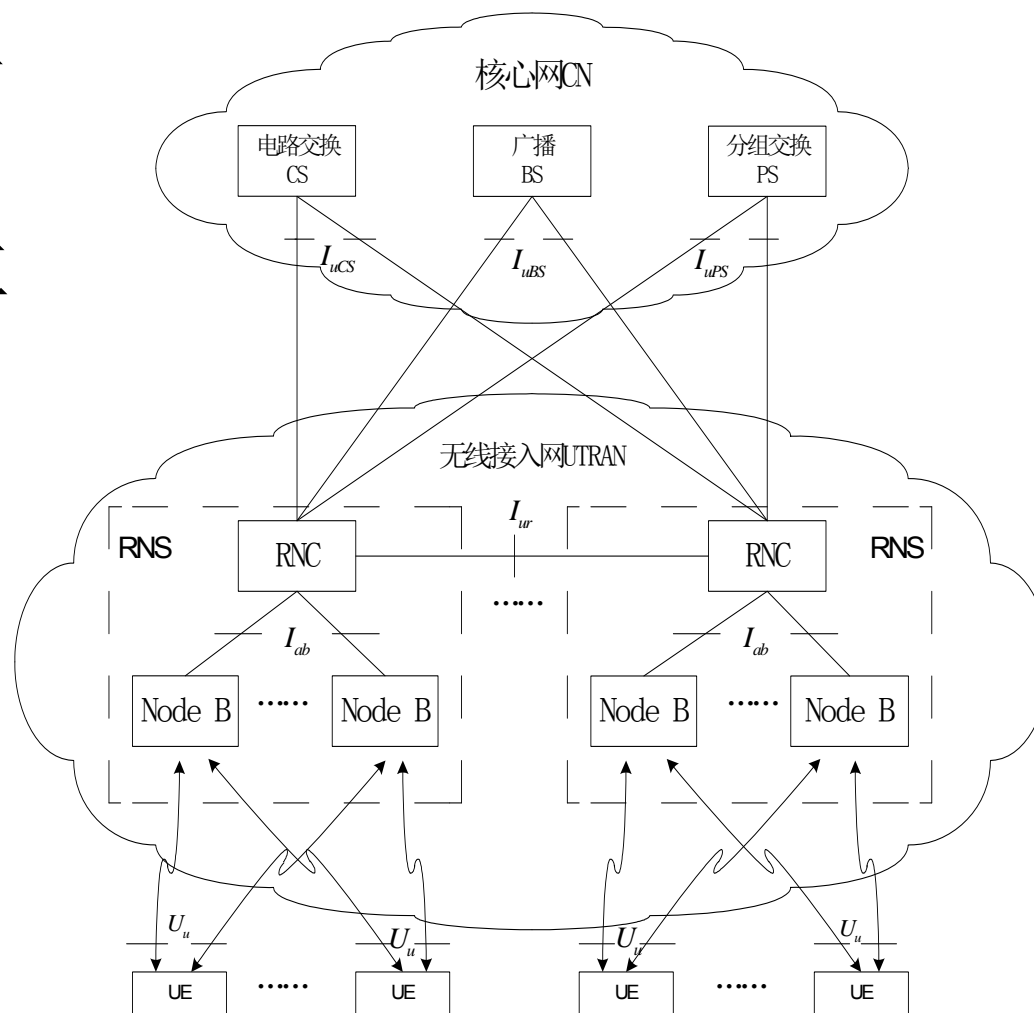


- 1.WCDMA的网络结构
- 2.从第二代(2G)网络向第三代(3G)网络的平滑过渡与演进

16.2.1 WCDMA的网络结构



- WCDMA网络结构如右图所示。共由下列三个主要部分组成：
 - 1) 用户设备
 - 2) 无线接入网
 - 3) 移动核心网

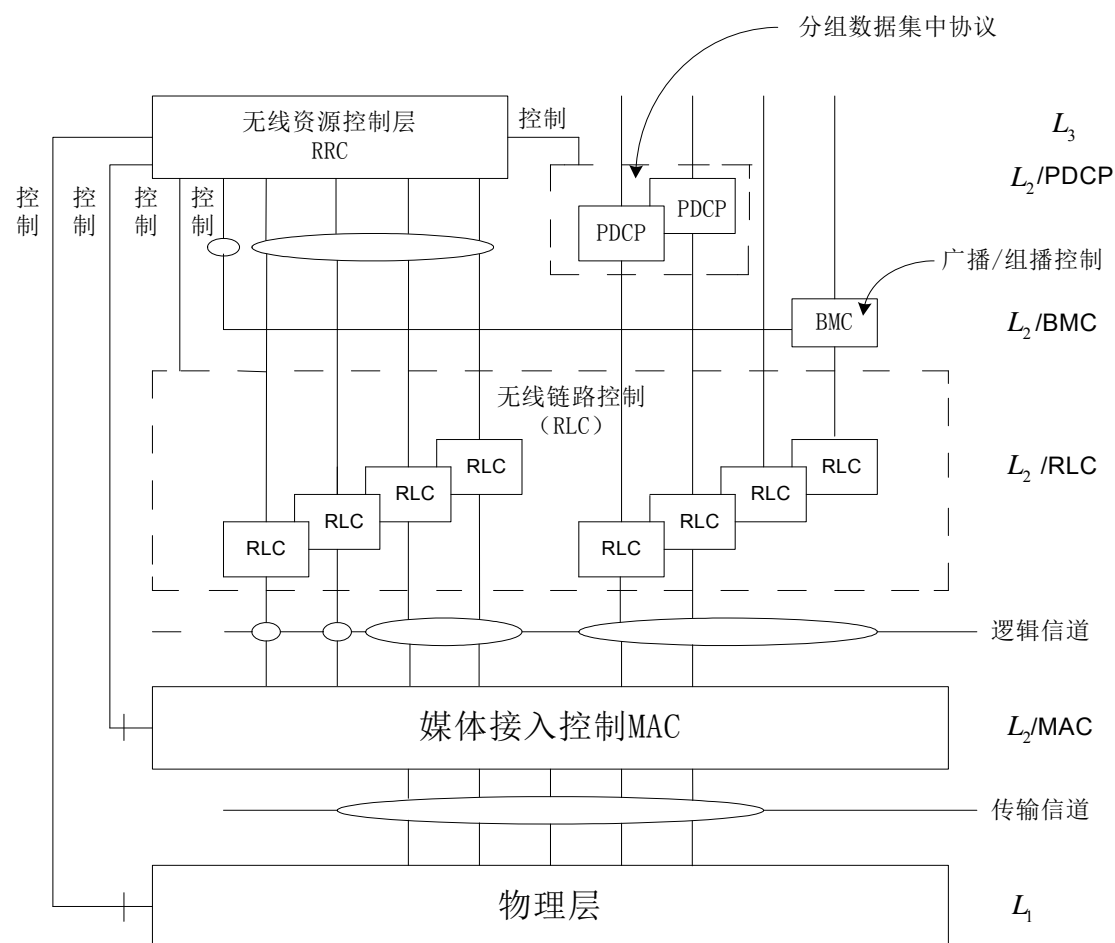




- WCDMA系统与网络是分阶段实现的，目前是按R99(Release 99)标准来部署的。R99标准基于ATM，其CN采用GSM/GPRS增强型，UE和UTRAN则是基于全新的WCDMA无线接口协议。
- 与第二代GSM类似，第三代WCDMA网络主要接口有Uu、Iub和 Iu。另外在3G中还增加了一个RNC之间的Iur接口，主要用于软切换。

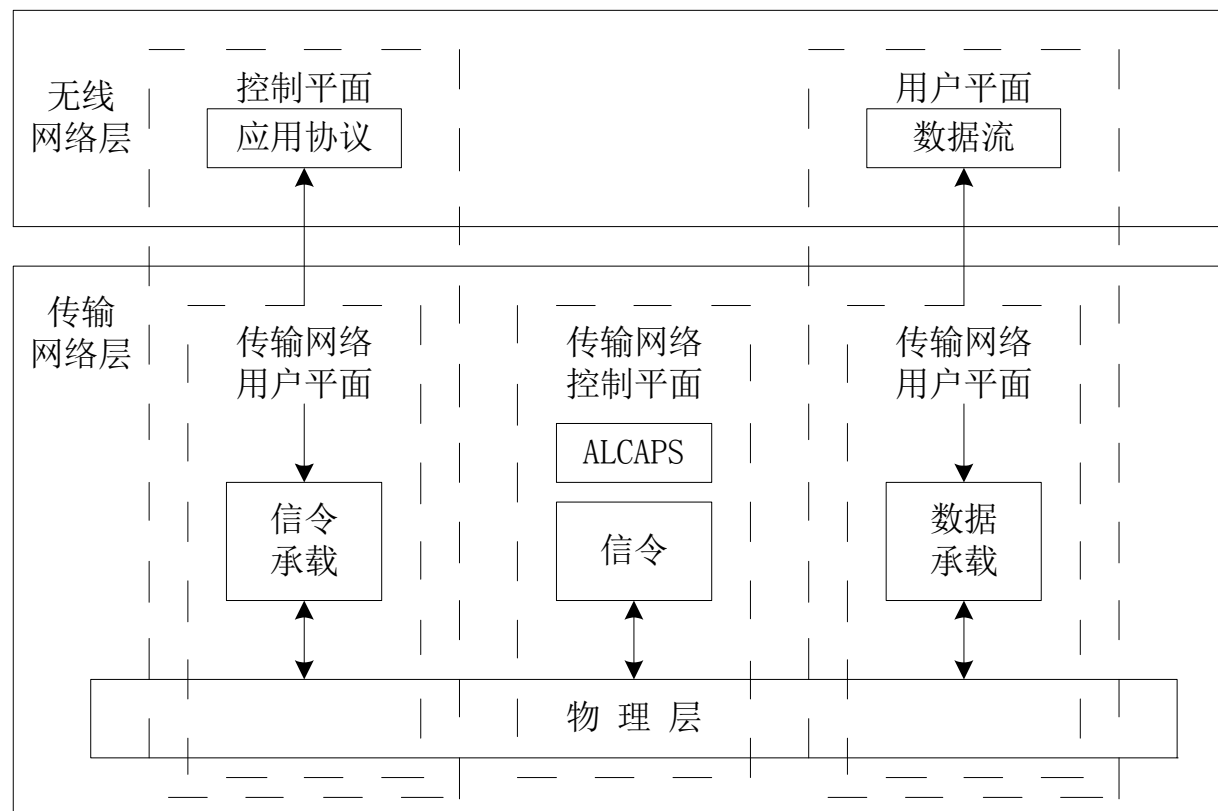


1. 无线接口(Uu)协议结构





- 无线接入网UTRAN接口通用协议模型如下所示：





- 上述结构是按照层间与平面间相互独立的原则而建立的，这样可以带来更大的灵活性。
- 协议结构横向包括两层：无线网络层和传输网络层。所有UTRAN相关问题只与无线网络层有关，传输层只是UTRAN采用的标准化传输技术，而与UTRAN的特定功能无关。
- 协议结构的纵向为三个垂直平面：
 - 1) 主控制平面，包含无线网络层的应用协议以及传输层用于传送应用协议消息的信令承载；
 - 2) 用户平面，包含数据流和用于传输数据流的数据承载；
 - 3) 传输网络控制平面，不包含任何无线网络控制平面信息，但包含用户平面数据承载所需的ALCAP协议以及ALCAP所需的信令承载。



2. Iu接口协议结构

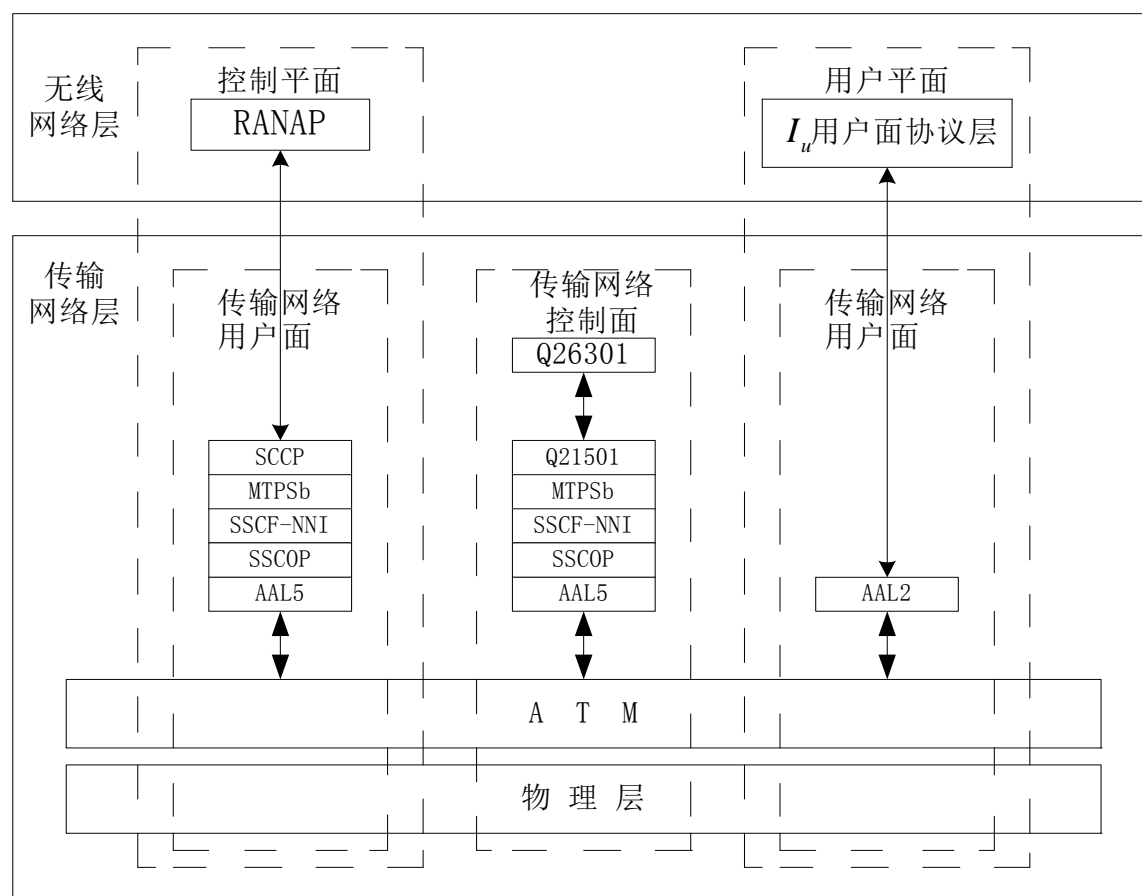
- Iu接口是无线接入网UTRAN和核心网CN之间的接口，它是开放接口，以便多个制造商产品兼容。
- Iu接口有三种类型：
 - 1) 面向电路交换的Iucs
 - 2) 面向分组交换的Iups
 - 3) 面向广播的Iubs。



- Iu接口主要支持以下功能：
 - 1) 建立、维持和释放无线业务承载过程；
 - 2) 系统内切换，系统间切换和SRNS的重新分配；
 - 3) 小区广播服务；
 - 4) 一系列的一般服务，即不是针对某个人特定UE的服务；
 - 5) 在协议层次上对不同的UE的信令区分和管理；
 - 6) 在UE和CN之间传输非接入层的信令的直接传输；
 - 7) 位置服务和UTRAN向CN的位置报告；
 - 8) 对于分组数据流提供资源预留机制。

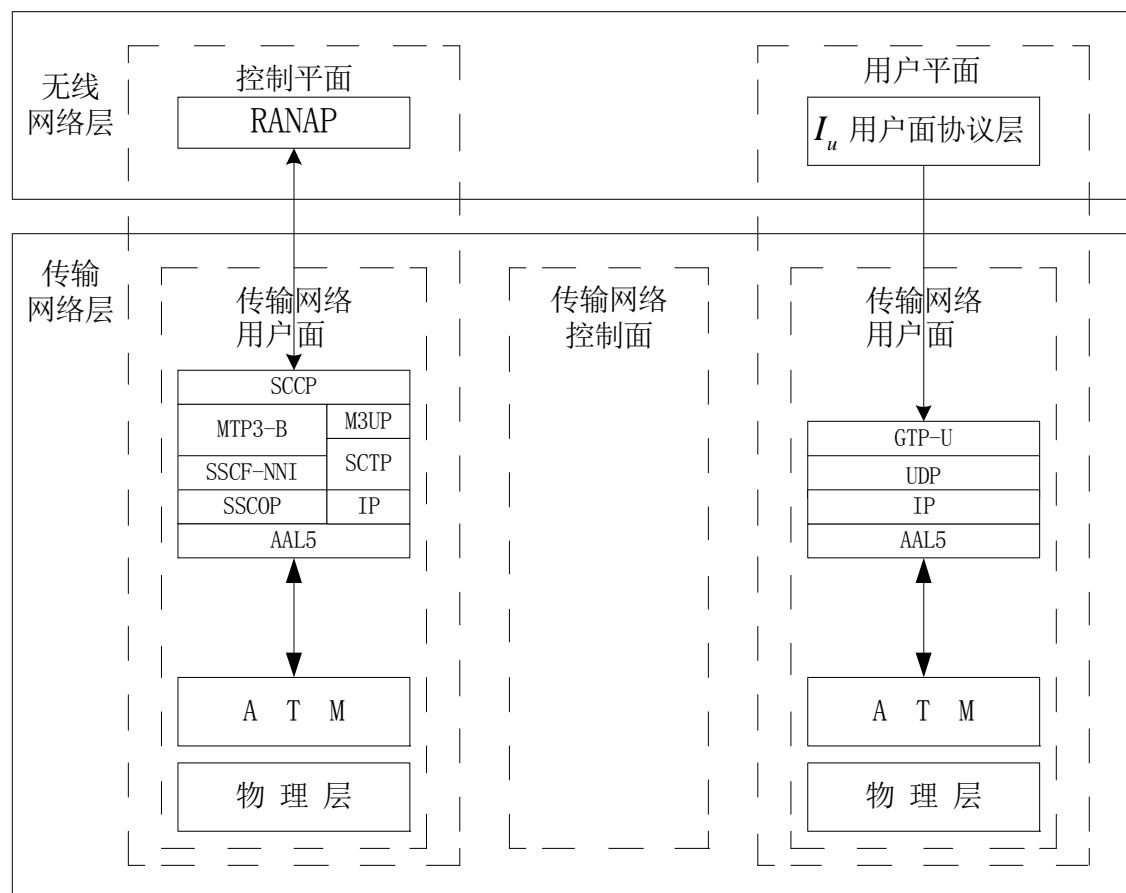


- Iucs接口协议结构如下所示:





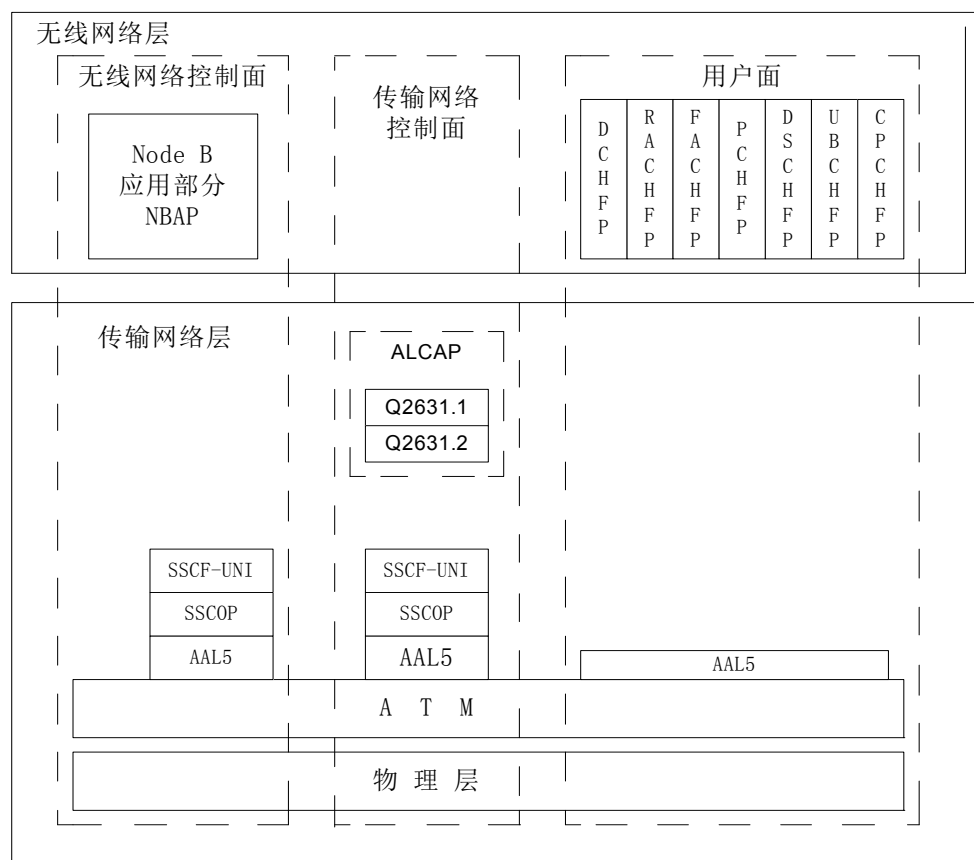
- Iups接口的协议结构如下图所示：





3. Iub接口协议结构

- Iub是一个连接基站(3GPP协议中称为NodeB)与RNC之间的逻辑接口，它是一个开放式接口。



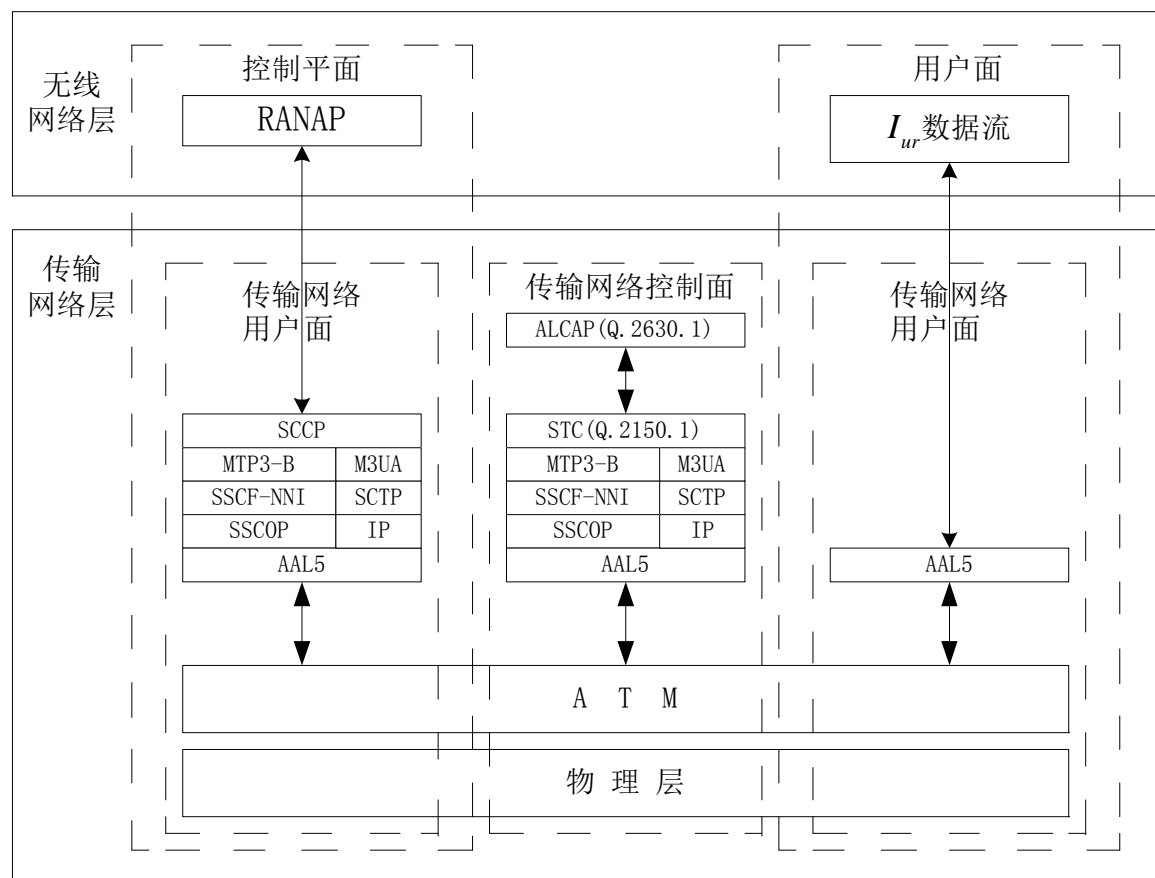


4. Iur接口协议结构

- Iur接口是两个RNC间的接口，专门用来支持RNC间的软切换。
- Iur接口设计的主要目标为：
 - 1) 连接不同厂家生产的RNC；
 - 2) 保持UTRAN与不同的RNC之间的服务连续性；
 - 3) 将Iur接口的无线网络功能与传输网络功能相分离，使得可以在将来方便地实现新的技术(指新的传输网络技术)。



- Iur接口的协议结构如下图所示:



16.2.2 从2G网络向3G网络的平滑过渡与演进

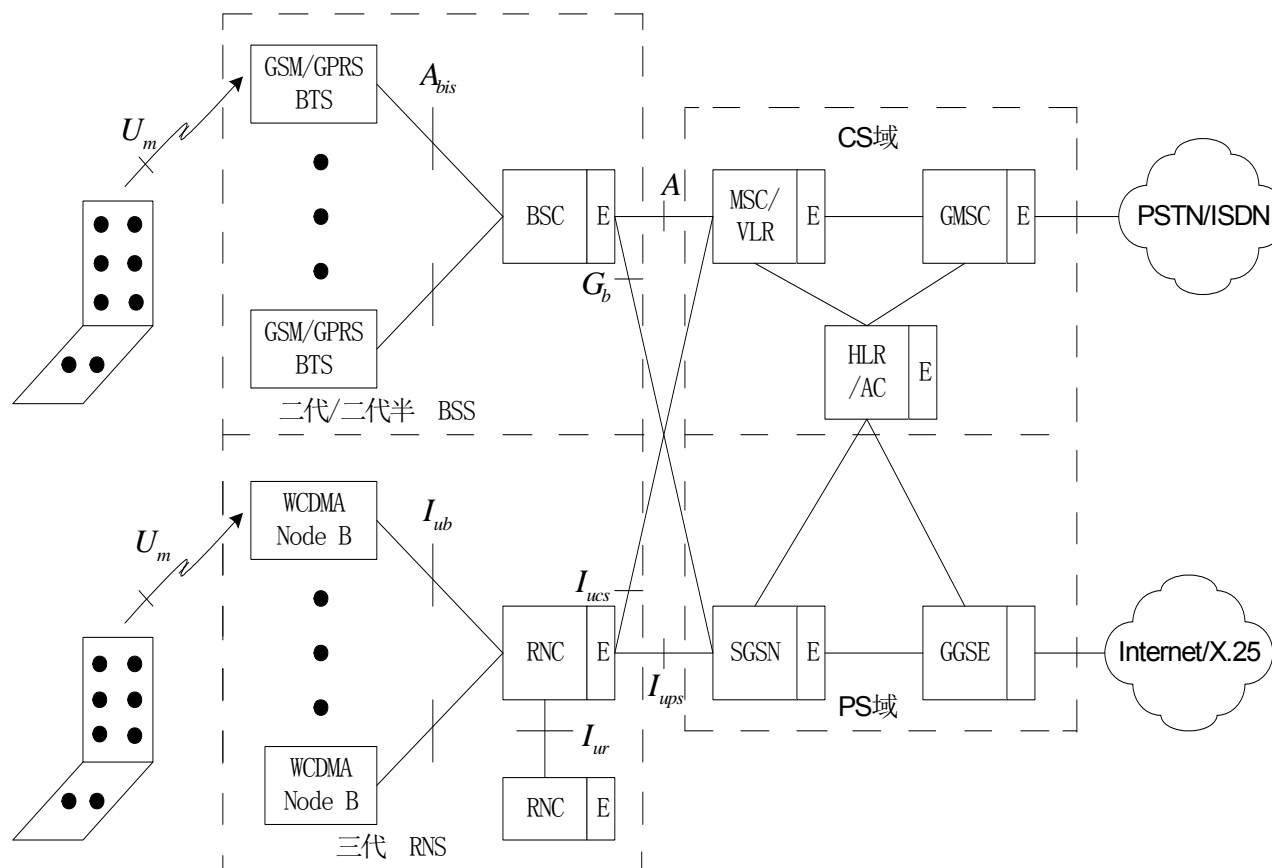


- 从总体上来说，由2G向3G演进的步骤分为两步：第一步为过渡性方案，第二步实现全IP核心网。



1. R99标准的WCDMA过渡性方案

- 3GPP R99标准的WCDMA过渡性方案，其结构如下所示：





- 该方案基本上是在二代的GSM与二代半的GPRS的网络平台基础上过渡和升级产生的。与2G GSM PHASE2+以及GPRS标准相比，3G的R99中的主要改动有：
 - 1) 无线接口：2G和2.5G的GSM 和GSM/GPRS采用的是时分多址TDMA方式，而 3G的WCDMA则采用码分多址CDMA方式。3G在2.5G的GPRS基础上，分别支持电路交换CS和分组交换PS两类业务。3G的传送数据能力有很大的增强，即从原来2G最低的9.6k/s提高至3G最高达2Mb/s。
 - 2) 话音业务：引入了自适应多速率话音编码AMR，从而进一步提高了话音质量和系统的容量。



- 3) 数据业务，特别是分组数据业务，为移动因特网的实现，得到了实质性的进展。
- 4) 无线接入网系统：在3G中，基于2G原有结构与接口，引入了基于ATM的Iu、Iub和Iur接口。
- 5) 核心网系统：将核心网粗分为两个域，即电路交换CS和分组交换PS两个部分，电路交换CS域供电路交换型业务，并负责电路交换业务的呼叫、控制和移动管理；分组交换PS域供分组交换型业务，即分组数据业务的接入、控制和移动性管理。



2. 3GPP的全IP核心网络

- 3GPP标准从R4版本开始，提出全IP化的网络发展目标，并在R5版本中引入了IP多媒体子系统(IMS)。
- 目前3GPP网络包括公共地面移动网络(PLMN)与IMS核心网两部分。PLMN的基本配置如下图所示，由四个子系统构成：MS、BSS、RNS与CN。

16.2.2 从2G网络向3G网络的平滑过渡与演进

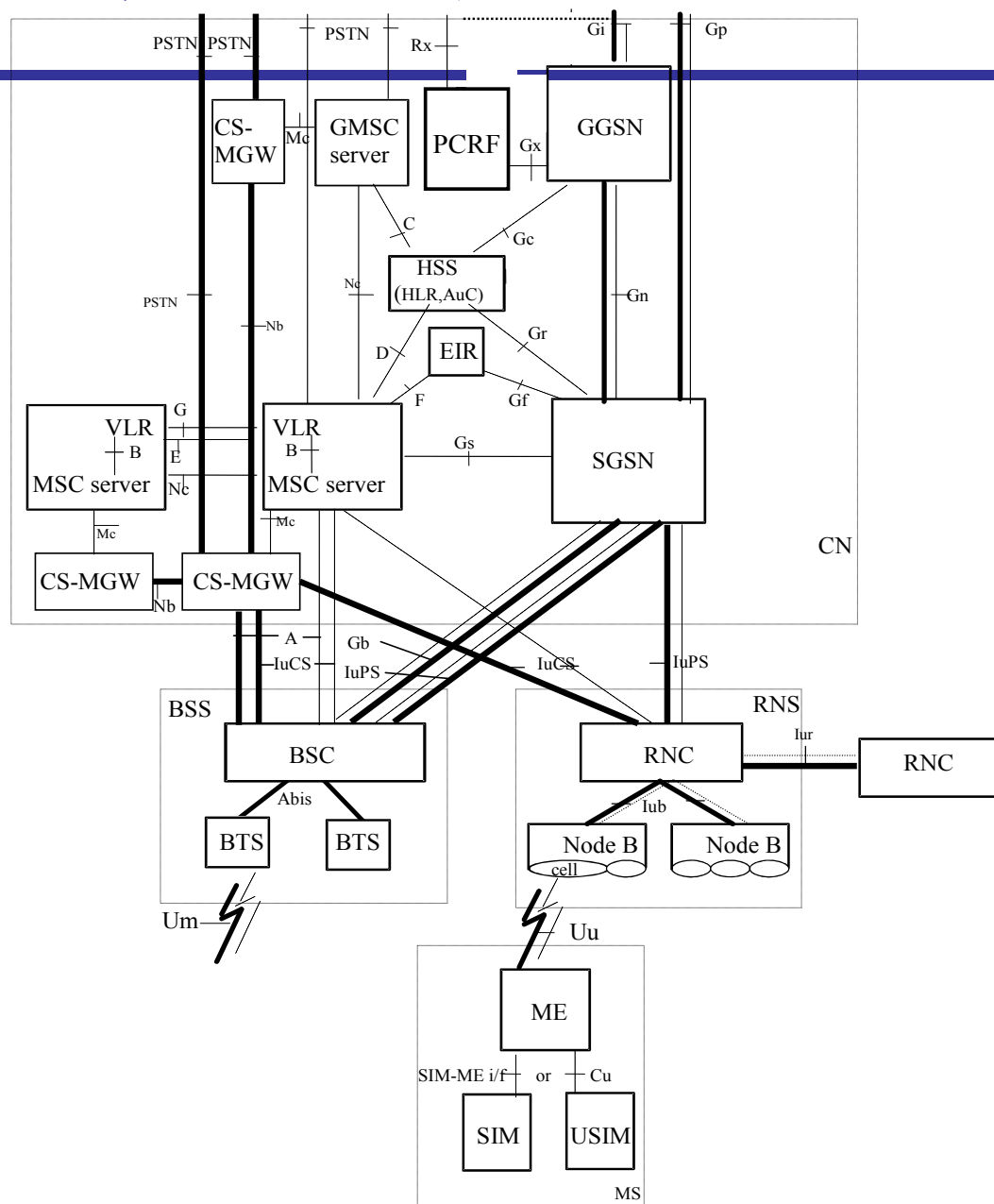


图16.23
3GPP全IP
网络的参考
模型

16.2.2从2G网络向3G网络的平滑过渡与演进



- CN(核心网)分为电路域(CS)和分组域(PS)。
- 电路域的主要功能实体包括CS-MGW、MSC-Server与GMSC-Server、VLR等
- PLMN的分组域包括SGSN、GGSN、PCRF、HSS与EIR等功能实体
- IMS(IP Multimedia Subsystem, IP多媒体子系统)在3GPP R5版本中首次定义, 是基于IP和SIP技术, 融合语音、数据、移动、Internet的体系, IMS的目标是融合Internet和移动通信网络。

16.2.2 从2G网络向3G网络的平滑过渡与演进



- IMS采用SIP(Session Initiation Protocol, 会话初始化协议)作为最基本的会话信令控制协议, 使得IMS具有接入无关性、开放性和统一控制等特点。
- IMS采用了承载与控制分离的设计思想, 承载业务运行在承载层(包括GERAN、UTRAN等移动网络, 也包括ADSL等固定接入网), 而控制业务运行在IMS的信令层(CSCF等)。
- 这样可以最小化各层之间的依赖性, 方便新的接入网接入, 保证接入无关性, 一种应用可以通过多种接入技术在UE上运行。

16.2.2 从2G网络向3G网络的平滑过渡与演进



- IMS 实体分为五种主要类型：会话管理类(P/S/I-CSCF)、网间操作类(MGCF、BGCF、IM-MGW、SGW、IBCF、TrGW)、数据库类(HSS、SLF)、服务类(AS、MRFC、MRFP、MRB)、策略支撑与计费类(PCRF、PCEF等)。

16.2.2 从2G网络向3G网络的平滑过渡与演进

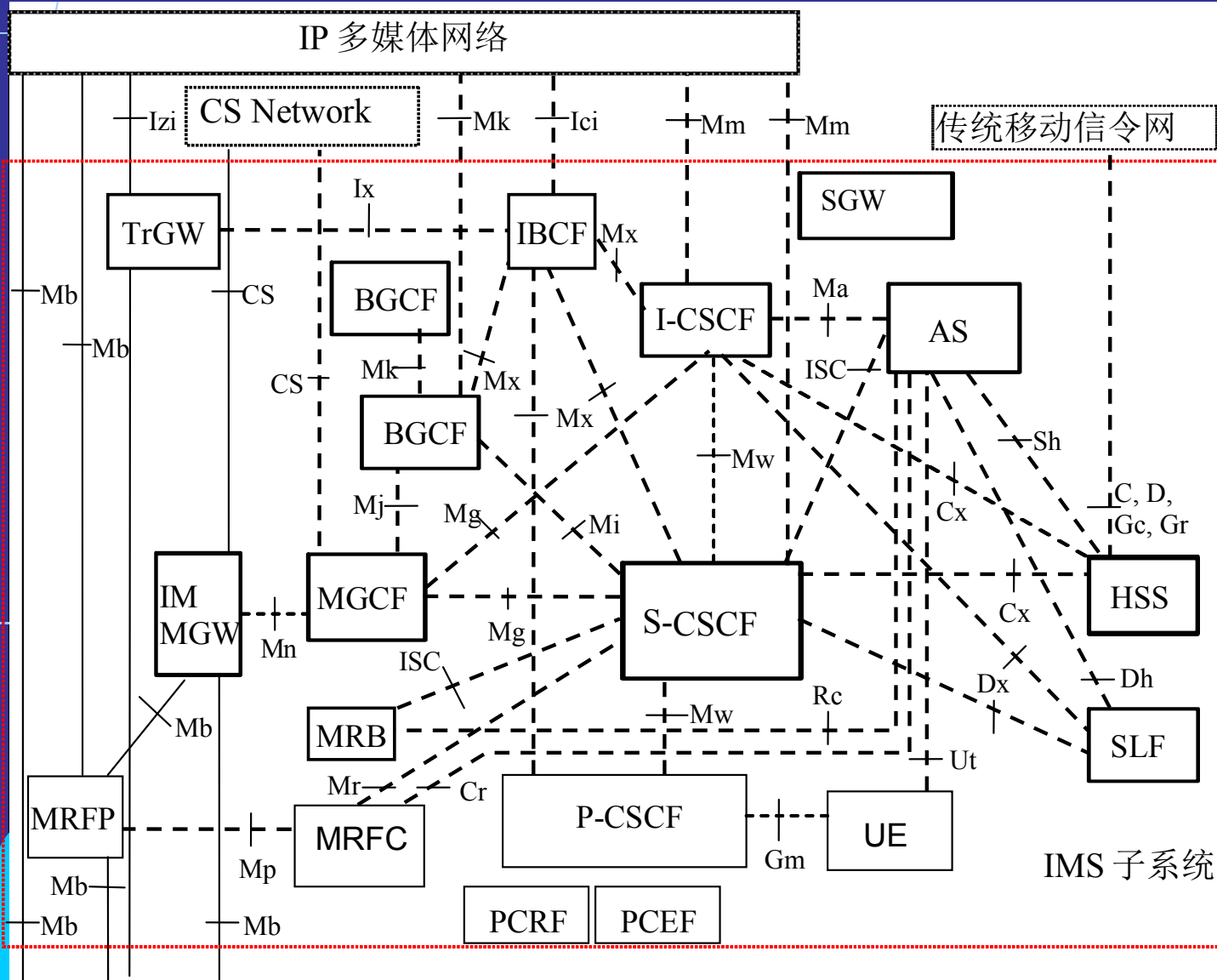


图16.24
IMS系统
结构

16.2.2 从2G网络向3G网络的平滑过渡与演进



- 目前，3GPP标准化组织已建立了完善的全IP网络，它们能够建立一个能够快速的增强服务的灵活环境，能够承载实时业务包含多媒体业务，具有规范化和可裁减性，接入方式独立性。
- 通过无缝隙连接服务、公共服务扩展、专用网和公用网的共用、固定和移动汇集能力，将服务、控制和传输分开，将操作和维护集成，在不降低质量的前提下，减少IP技术成本，具有开放的接口，能够支持多厂家产品。
- IMS已经超出了移动网络范畴，成为电信业界关注的焦点，成为固网与移动网络融合(FMC)、下一代网络(NGN)的核心技术。

16.3 IS-95到CDMA2000



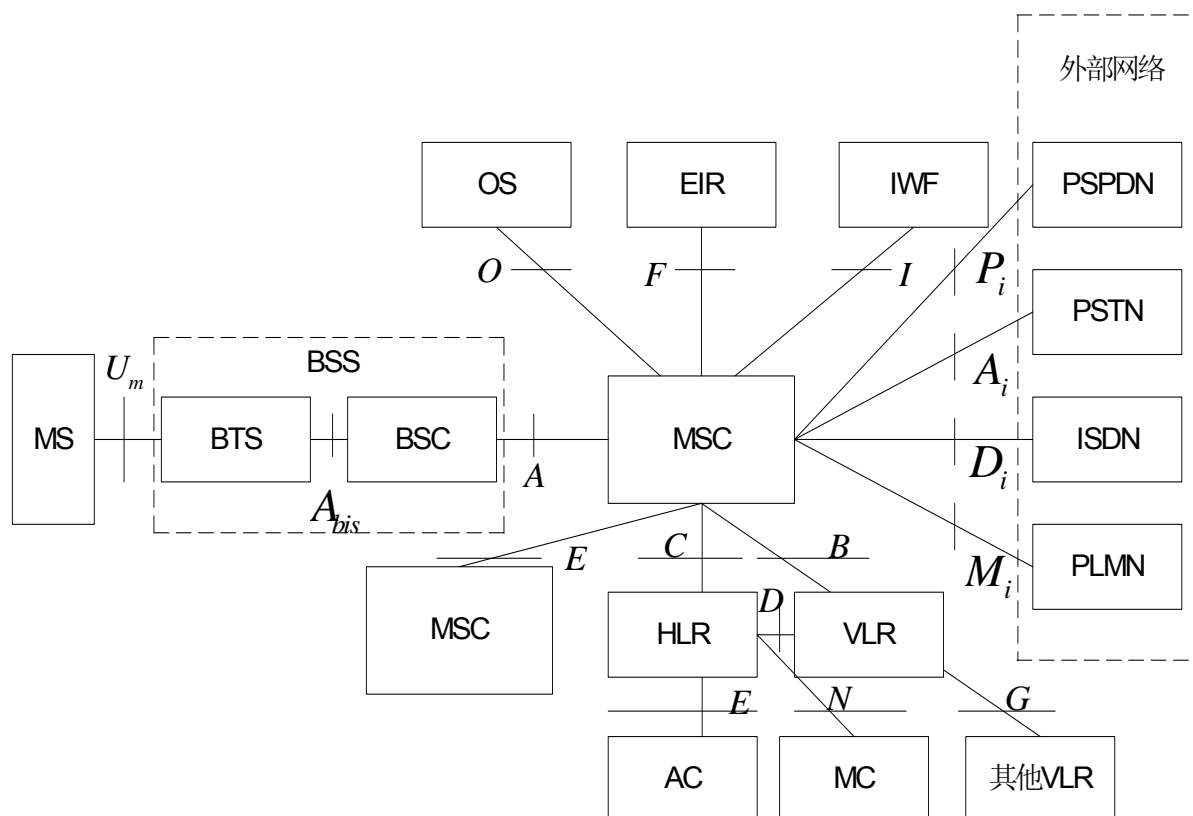
- 系统网络结构
- CDMA2000中的分组数据业务与移动IP
- CDMA2000-1x-EV-DO的网络协议



16.3.1 系统网络结构

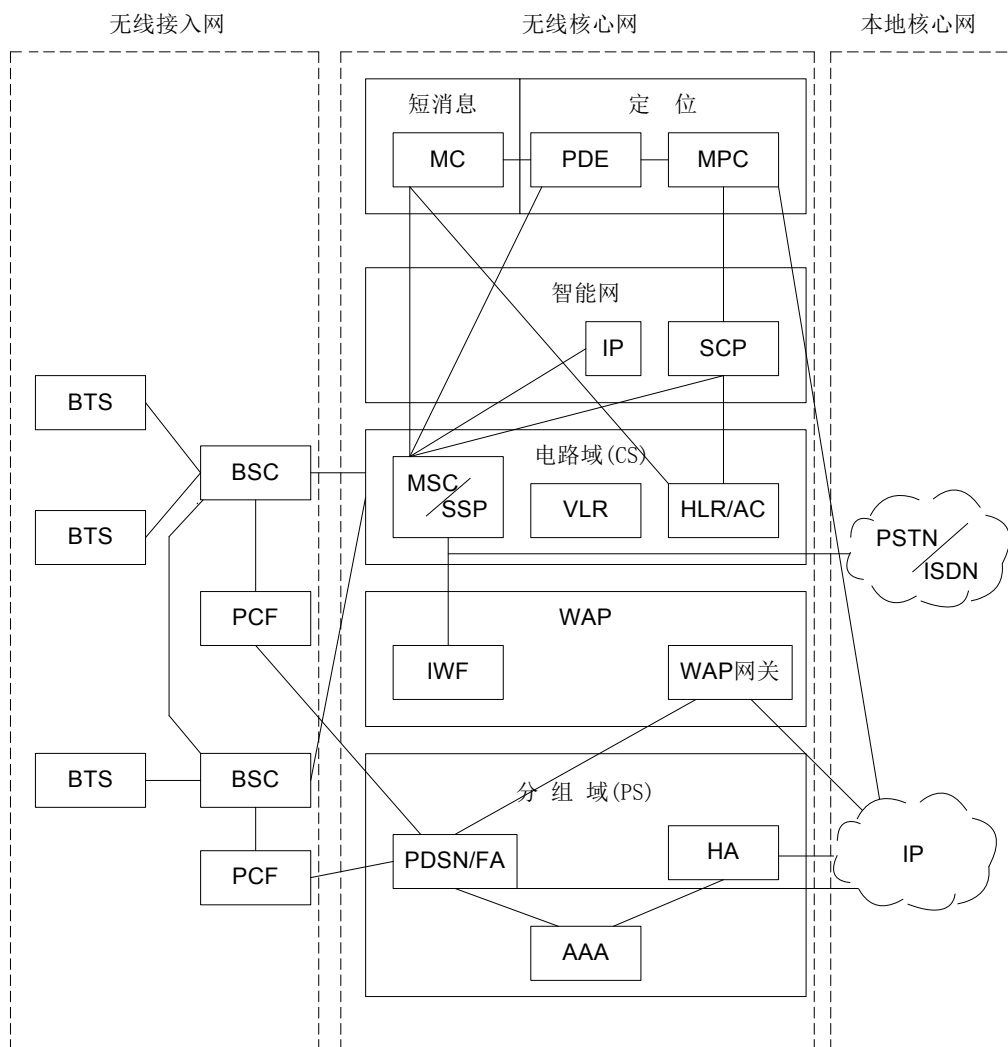
1. IS-95系统的网络结构

- IS-95系统的网络结构和网元之间的接口如下图所示



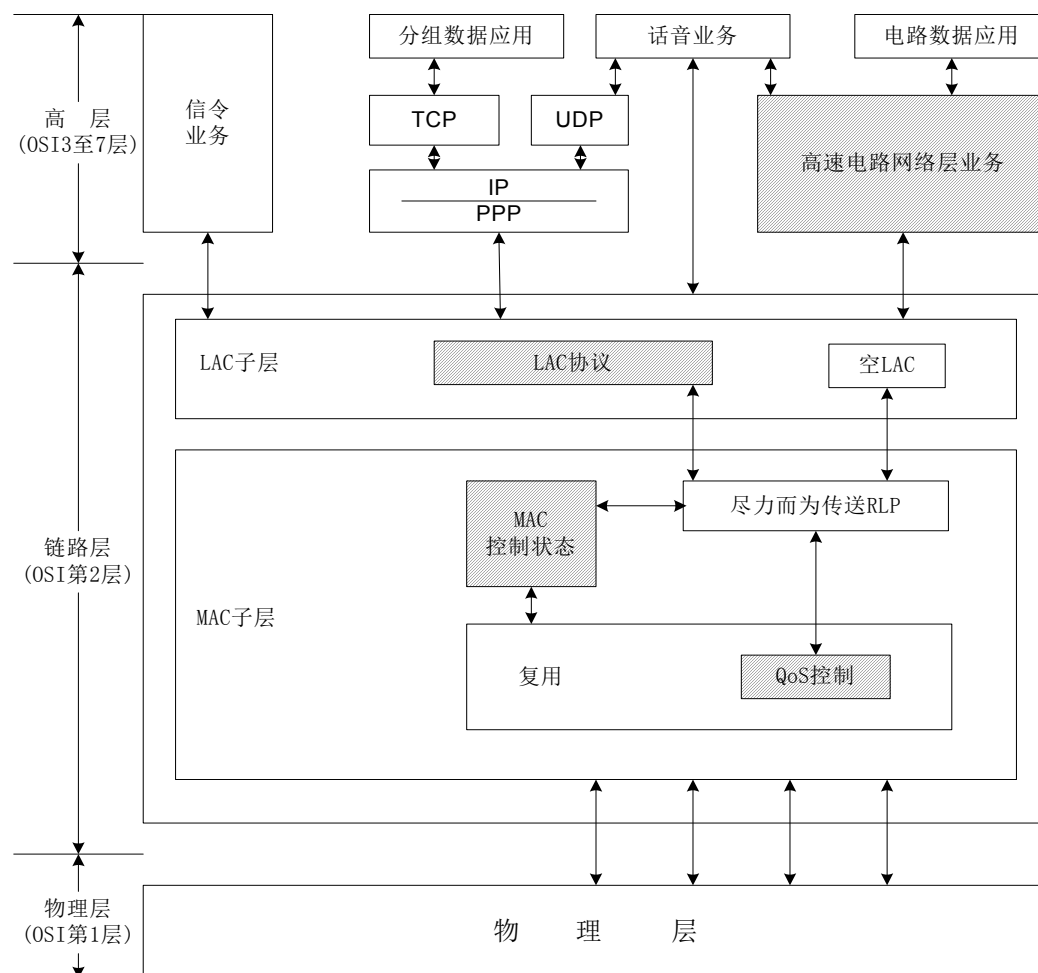


2. CDMA2000网络结构





3. IS-95与CDMA2000协议结构



为CDMA2000
所特有。



- IS-95和CDMA2000系统的协议结构大致上是一样的，只不过CDMA2000更加齐全、更加完善。它们基本上是按照横向三层：物理层(L_1)、链路层(L_2)和高层(L_3)，纵向两个平面：用户业务平面(分别含有电路和分组域的话音与数据业务)，以及控制信令平面来组织协议的。其主要组成包含有：
 - 1) 物理层：它由一系列前/反向物理信道组成，其功能主要是完成各类物理信道中的软、硬件信息处理，比如信源编/译码、信道编/译码、调制/解调、扩频/解扩等等；

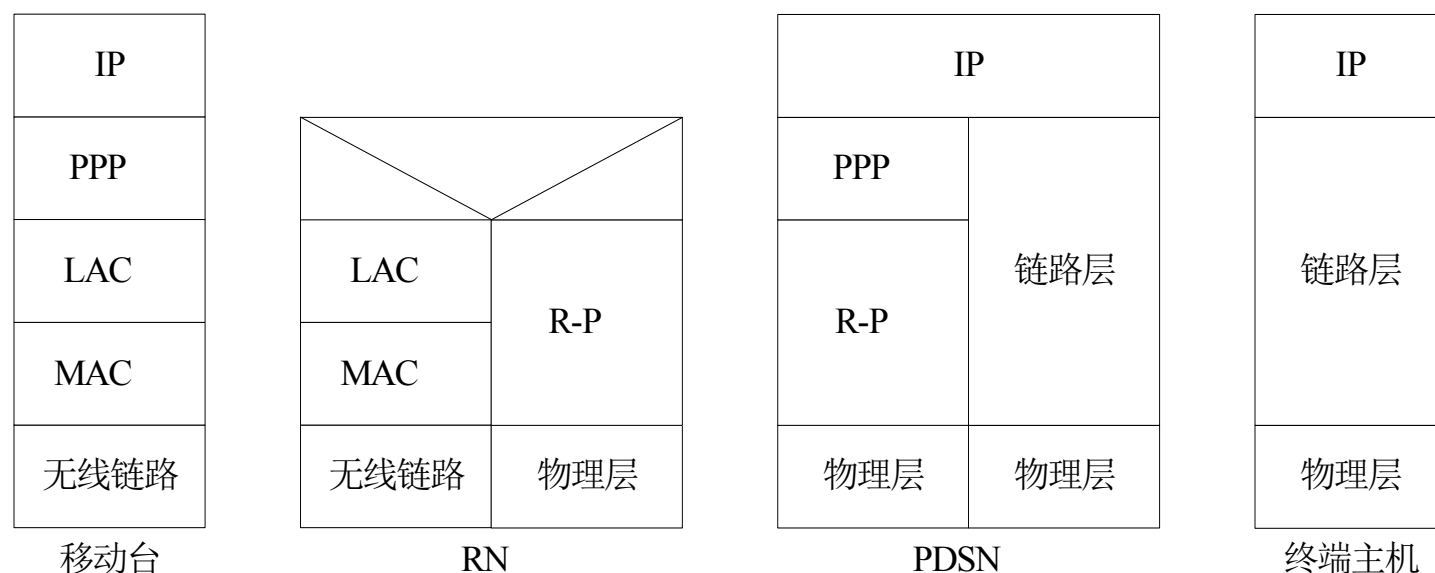


- 2) 链路层：它根据高层对不同业务的需求提供不同等级的QOS特性，并为业务提供协议支持和控制机制，同时要完成物理层与高层之间的映射和变换。它又可分为两个子层。媒体接入子层MAC，它还可以进一步划分成两个子层：复用与QOS保证子层，以及RLP子层；它们共同完成媒体接入功能。链路接入控制层LAC，它主要针对信完成信令打包、分割、重装、寻址、鉴权以及重传控制等功能。
- 3) 高层：它包含OSI中的网络层、传输层、会话层、表示层和应用层为一体。主要功能是负责对各类业务的呼叫、接续，无线资源管理，移动性管理以及相应的信令和协议的处理，并完成2G与3G间的高层兼容处理。

16.3.2 CDMA2000中的分组数据业务与移动IP



- 在GSM中，为了开展分组数据业务建立了一套独立、完整的通用分组无线业务GPRS系统，然而CDMA 2000系统的思路则不一样，它本着尽可能利用已有的技术与成果，大量利用IP技术，构造自己的分组数据网络。CDMA2000中的分组数据业务的协议结构如下图所示，该图是简单IP中的协议结构：





1. CDMA2000 1x分组数据业务

- CDMA2000系统中，承载分组数据业务的基本信道速率为9.6Kbps，附加信道速率最大可达153.6Kbps。根据资源可用性进行动态分配，附加信道速率为19.2、38.4、76.8、153.6Kbps，前/反向附加信道相互独立；
- 支持空中链路睡眠状态以及睡眠模式下话音业务；
- 支持简单(Simple)IP与移动(Mobile)IP两类模式；
- 具有鉴权、计费等功能(利用AAA服务器)。



2. 移动IP基本原理简介

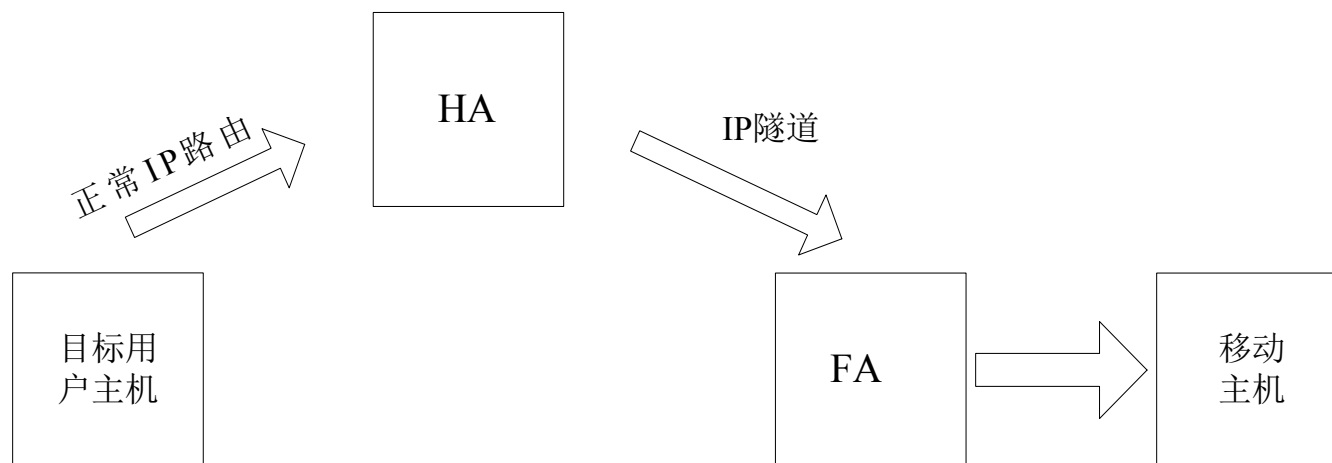
- 在IETF的RFC2002定义移动IP协议的文件中定义了三个功能实体：移动节点MN，本地代理HA，外地代理FA。
- 移动代理(含HA和FA)通过代理广播消息向用户广播它们的存在，当移动节点MN收到广播后就能确定它目前是处于本地网还是在外地网。



- 当MN确定它现在还处于本地网，若以前亦在本地网，则只需按照正常的节点工作。若以前不在本地网，目前是从外地网返回至本地网，则MN应首先到本地代理HA进行注册，然后再进行正常通信。
- 当MN确定目前位置已移至外地网，它就在本地网中获得一个转交地址(Care of Address)，这个转交地址既可以从外地代理的广播消息中获得，也可以由某个外地分配机制中获得。

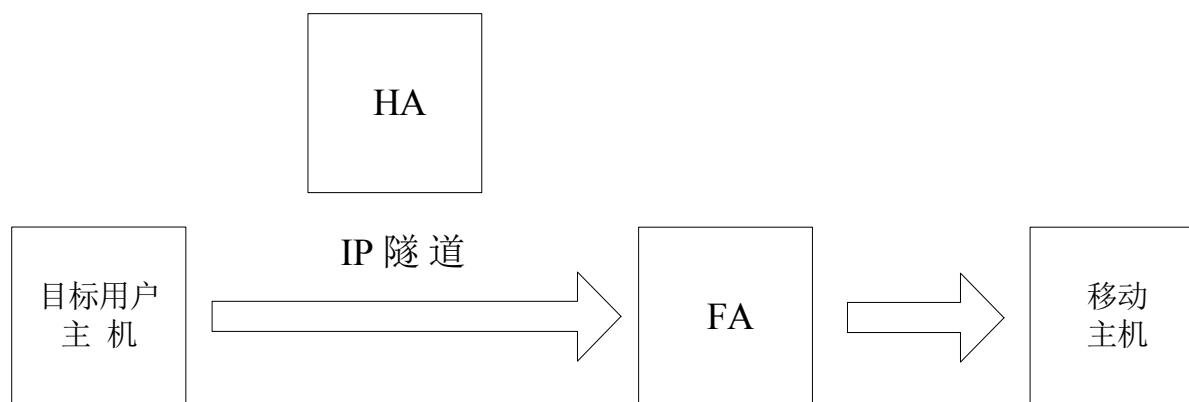


- 在本地网中的MN采用外地转交地址向HA注册，其注册过程也可能要经过FA；凡传送给MN的分组数据均首先要被HA截获，然后再通过专用隧道送至MN的转交地址并达到隧道的终点，它可能是FA也可能是MN本身，最后送至MN，如下图所示；对于由MN发出的分组数据则可根据标准IP路由送至目的地，而不需要经过HA。





- 上述方式的效率很低，因此IETF提出了业务路由的优化方法：由目标用户主机发送至移动主机的第一个分组路由仍采用上述方式，在HA收到发送给移动主机的第一个分组后，除了通过IP隧道将分组发至转交地址或FA，同时还发送一条绑定更新消息给这些目标用户的分组主机，更新消息中含有移动主机的转交地址，这些目标用户的分组主机收到这条绑定消息以后，即可在目标用户的分组主机至移动用户主机之间建立一条直接通往转交地址的IP隧道，从而后续分组按照如下方式传送：



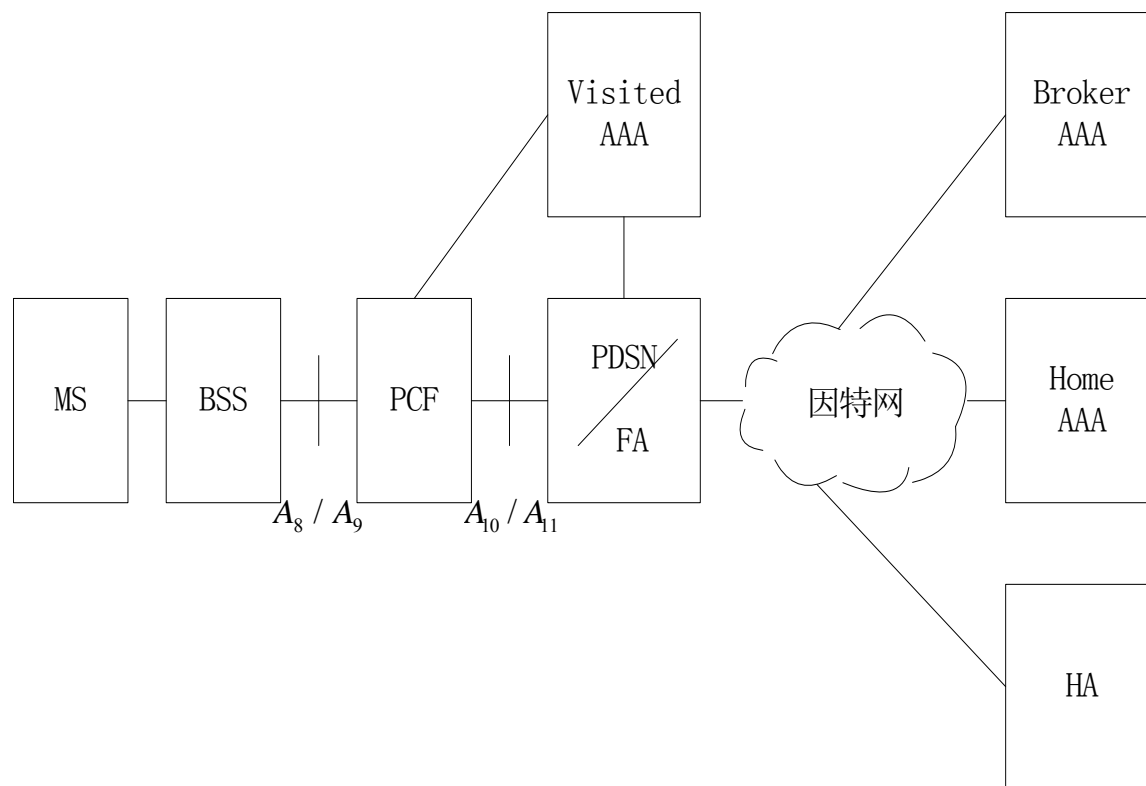


3. CDMA2000 1x中的移动IP

- 按照在CDMA2000 1x所采用协议的不同，其分组网的网络结构可以分为简单(Simple)IP和移动(Mobile)IP两类：
 - 1) 简单IP通常是通过常用调制/解调器Modem拨号上网，其特点是IP地址由漫游地的接入服务器分配，所以只能在当前接入服务器服务范围内使用，一旦用户漫游至另一个接入服务器，必须重新发起呼叫，重新获得新的IP地址。
 - 2) 移动IP的IP地址由归属地负责分配，因此无论漫游至那一个接入服务器都能保证使用连续性，如果归属地采用固定IP地址，它还可以实现网络发起的业务。



- CDMA2000 1x的分组网络结构示意图如下：





- MS接入CDMA2000 1x中移动IP业务的基本步骤：
 - 1) 在MS与PDSN之间通过 A_8/A_9 和 A_{10}/A_{11} 接口，建立一条点对点PPP链路；
 - 2) PDSN / FA通过PPP链路和BSS进行代理广播。
 - 3) MS收到广播之后，可确定它在网中所处的位置。如果它现在与以前均位于归属的本地网，则按正常节点进行工作。如果MS是从外地返回本地网，则首先需要到HA注册，而PDSN / FA与HA之间通信采用IP基础上的AAA协议。若MS确定它已移动至外地网，则获得一个转交地址，并用外地转交地址向HA注册。凡送至MS的分组数据均首先被HA截获，然后通过专用隧道送至MS转交地址，并在隧道的终点得到分组数据，并将它最终送至MS。而MS发出的分组数据则可根据标准IP路由直接送至目的地，而无需再经过HA。

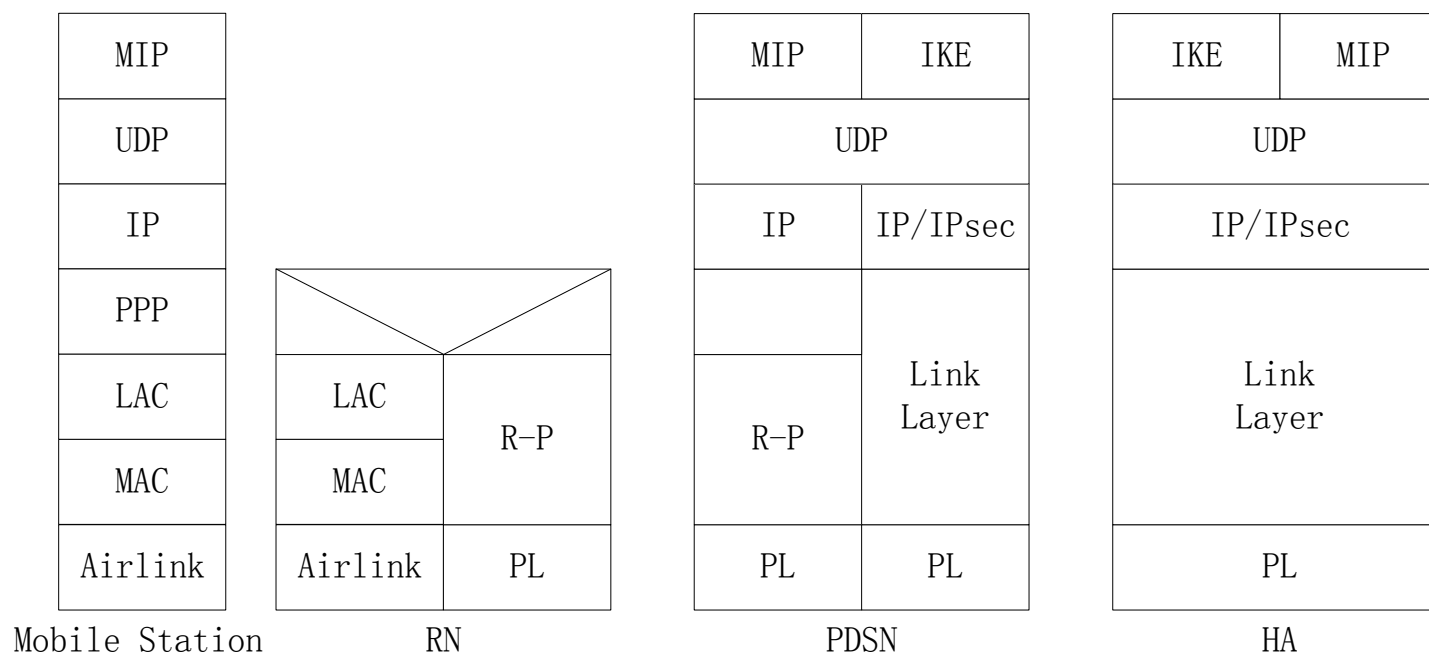


- 在CDMA2000 1x的初期实验网中，首先实现的不是移动IP而是简单IP。
- 简单IP并不需要HA，而仅需要PDSN/FA即可。在最简单情况下，MS仅在同一个PDSN/FA区域内，它可以通过同一个PCF也可以通过多个PCF来实现，在多个PCF也可以通过切换来实现，并建立IP链路。一旦MS移出原来PDSN/FA范围，则需要通过PPP重新向新的PDSN/FA申请新的转交地址，再建立新的IP链路，而原有的IP链路则经过一段时间后自动断开失效。
- CDMA2000 1x分组网与WCDMA分组网的主要区别在于：CDMA2000 1x中对呼叫流程控制和无线资源管理等功能是在无线接入网中完成，而WCDMA中上述功能则集中在无线核心网中完成。



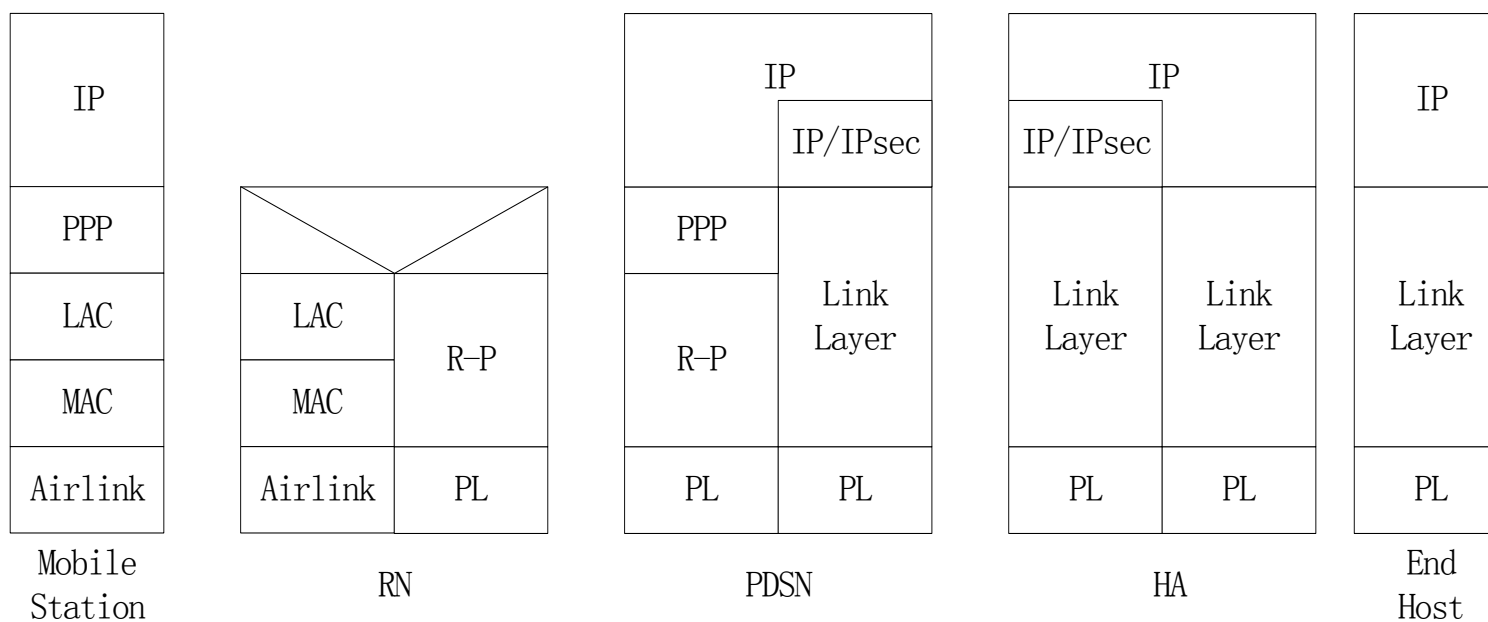
4. CDMA2000 1x中简单IP与移动IP的协议结

构前面已经介绍过简单IP中的协议结构。移动IP中的协议结构可以进一步分为控制协议与数据协议两类，其中控制协议栈表示如下：





- 移动IP的数据协议栈表示如下：



16.3.3 CDMA2000-1x-EV-DO的网络协议



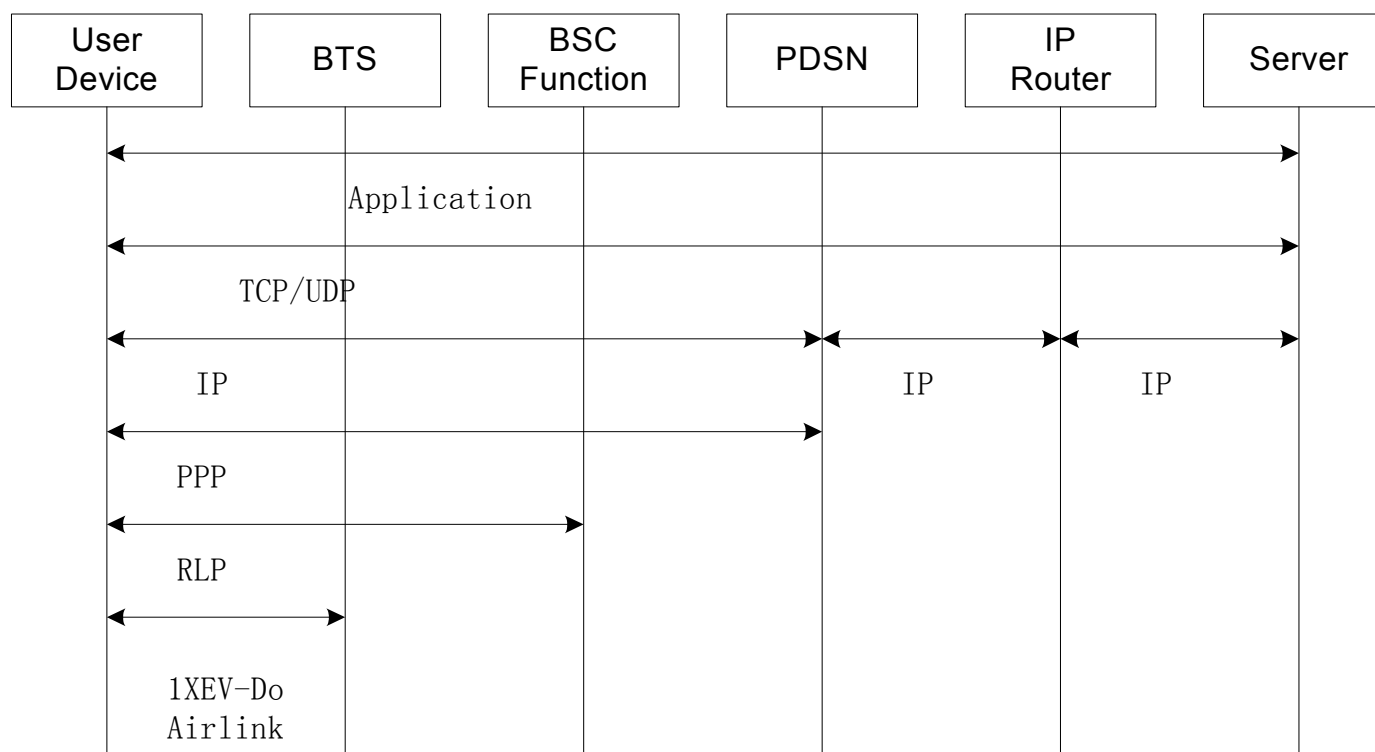
- CDMA2000-1x-EV-DO，又称为高速率分组数据HDR，其网络协议分层结构如下图所示：

cdma20001X EV-DO 应用层
业务流层
会话层
连接层
安全层
媒体接入控制MAC层
物理层

注意：CDMA2000-1x-EV-DO中的应用层和OSI中的应用层是不相同的。这里EV-DO中的七层是OSI协议栈的物理层和数据链路层的扩展。



- CDMA2000-1x-EV-DO系统协议栈结构如下：





- 各层的作用：
 - 1) 物理层定义了前/反向链路的信道，以及这些信道的结构、编码、调制、功率输出特性、频率等。
 - 2) 媒体接入控制MAC层控制物理层的收/发数据，对网络的接入以及优化空中接口链路的效率。
 - 3) 安全层主要保障空中接口信息安全保障。
 - 4) 连接层提高分组数据传送效率，预留资源并对业务优先级分类管理。
 - 5) 会话层为更低层提供支持，并管理支持低层工作的配置信息。
 - 6) 业务流层主要负责所有空中链路上传送的信息加上一定标记(比如报头)，读取标记，提供优先级机制以及业务流的复用，以保证不同的QOS要求。
 - 7) 应用层主要是保证空中链路传输的高可靠性性能的实现，亦即使协议栈有好的鲁棒性(Rubustness)。

§ 16.4 B3G与4G移动网络



- **16.4.1 E-UTRAN接入网**
- 从3GPP R8版本开始，已经明确了分组数据网络是未来网络的唯一形态，称为演进分组系统(EPS)。
- 在EPS总目标下，R8提出了业务架构演进(SAE)和长期演进(LTE)两大技术框架，面向4G移动通信，分别对网络和无线接入进行标准化工作。
- 目前R8已经规范了新的核心网——EPC(Evolved Packet Core, 演进分组核心网)和新的无线接入网——E-UTRAN。

§ 16.4 B3G与4G移动网络

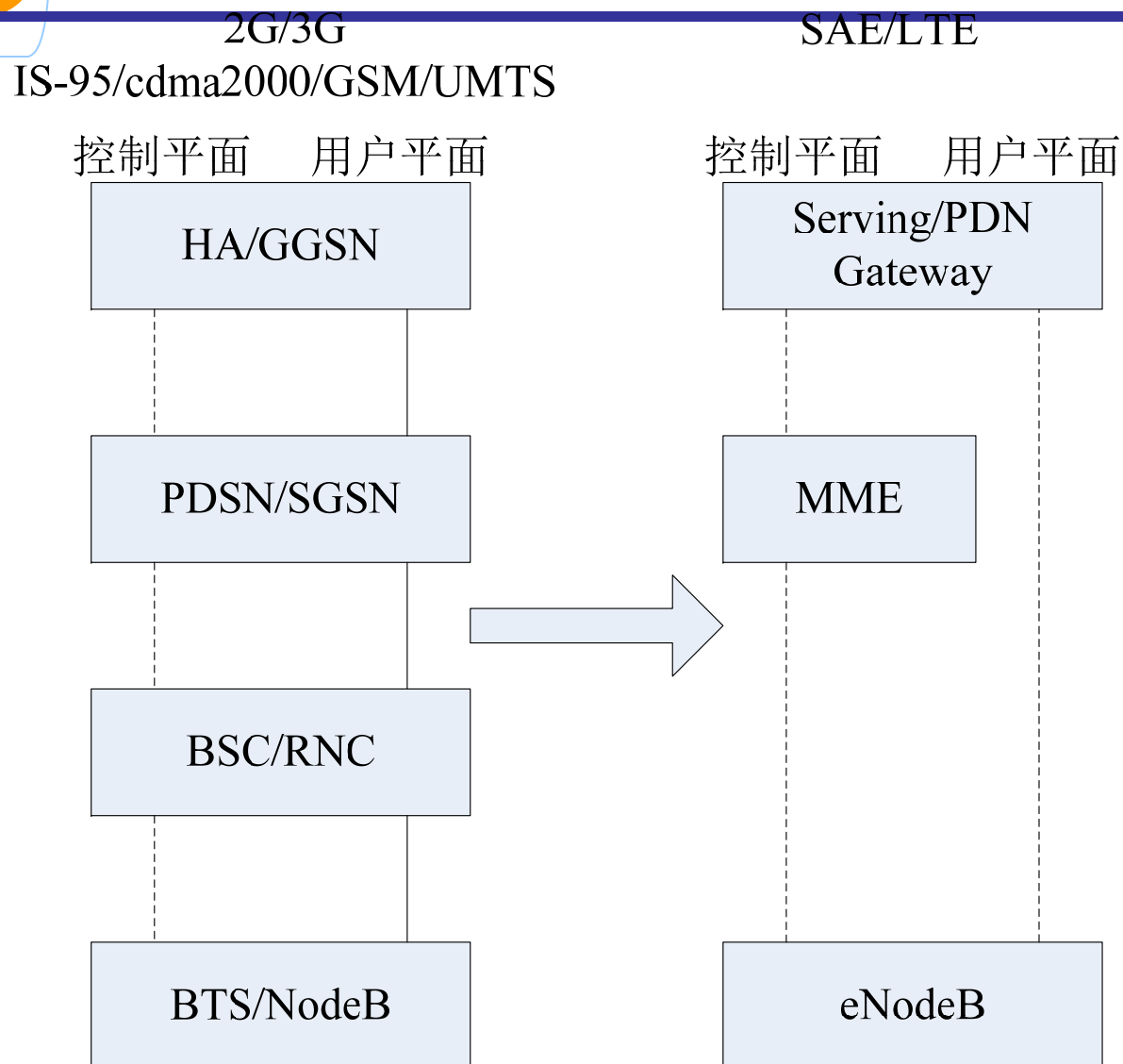


图16.37
移动网络
结构的扁平化趋势



§ 16.4 B3G与4G移动网络

- 1. 网络结构与功能实体
- E-UTRAN包括eNodeB、HeNB GW、HeNB、Relay以及UE等功能实体

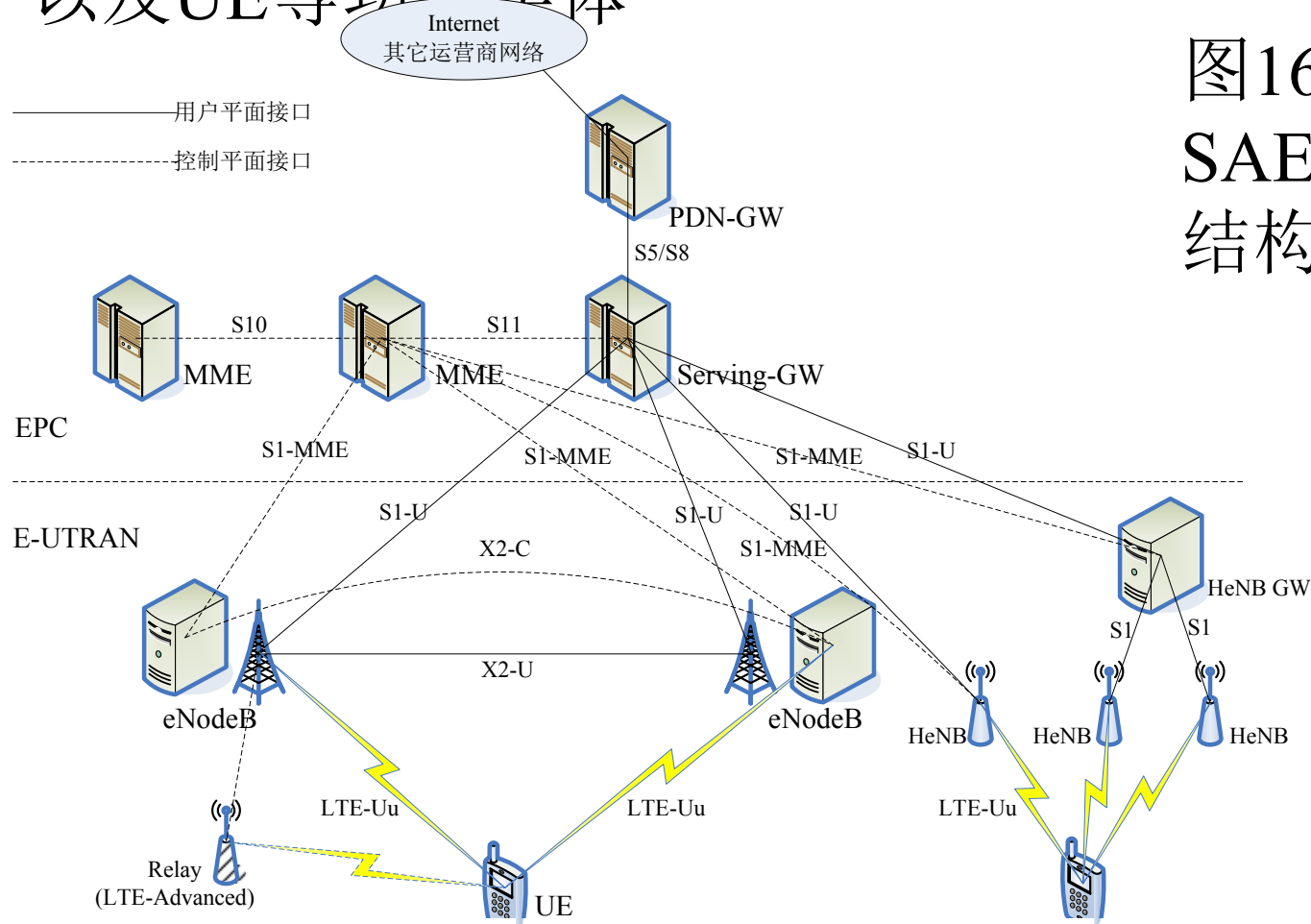


图16.38
SAE/LTE网络
结构

§ 16.4 B3G与4G移动网络



• 2. 协议栈

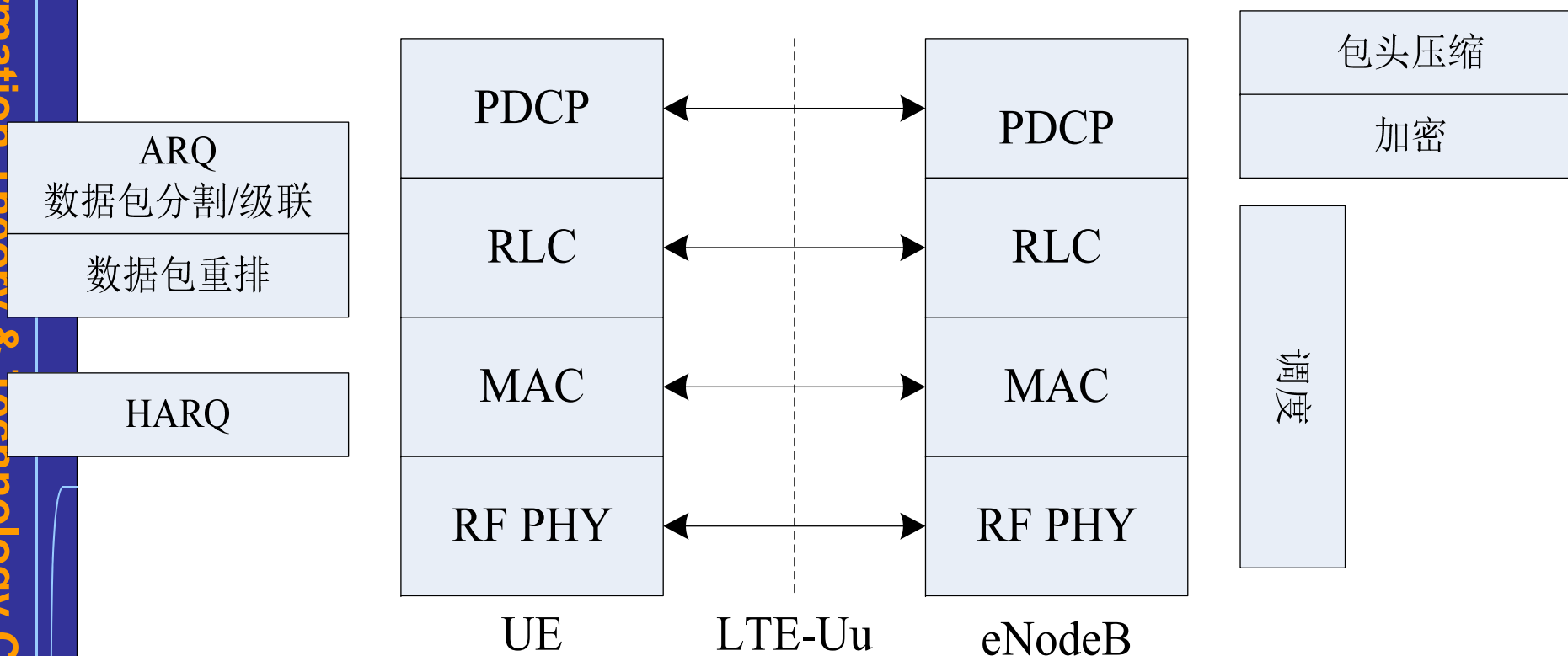


图16.39 LTE-Uu接口的协议栈

§ 16.4 B3G与4G移动网络



- 2. 协议栈
- PDCP(分组数据汇聚)子层负责IP包头压缩与加密。并且支持eNodeB之间切换的无损数据传输，为高层协议提供了数据完整性保护。
- RLC(无线链路控制)子层完成ARQ功能，支持数据的分割与级联，从而有效减小协议开销。
- MAC(媒体接入控制)子层完成HARQ功能，并且实现媒体接入功能，包括调度和随机接入控制。MAC层的HARQ与RLC的ARQ功能组合，为上层提供了高可靠性、低时延的IP传输通道。
- PHY、MAC与RLC层共同作用，通过调度，优化了无线资源分配，提高了LTE系统性能。

§ 16.4 B3G与4G移动网络



- **16.4.2 EPC核心网络**
- EPC是基于IP协议的多接入核心网络，允许运营商通过公共的分组核心网，支持3类网络接入，包括：3GPP无线接入网(例如：LTE、UTRAN和GERAN)；非3GPP无线接入网(例如：cdma2000、WLAN和WiMax)；固定接入网(以太网、DSL、Cable和光纤网等)。
- EPC对跨网络的移动性管理、策略管理和网络安全进行了优化。

§ 16.4 B3G与4G移动网络



- 1. 网络结构与功能实体
- EPC 的核心功能实体包括 MME、HSS、Serving GW、PDN-GW 和 ePDG 等

§ 16.5 B3G与4G移动网络

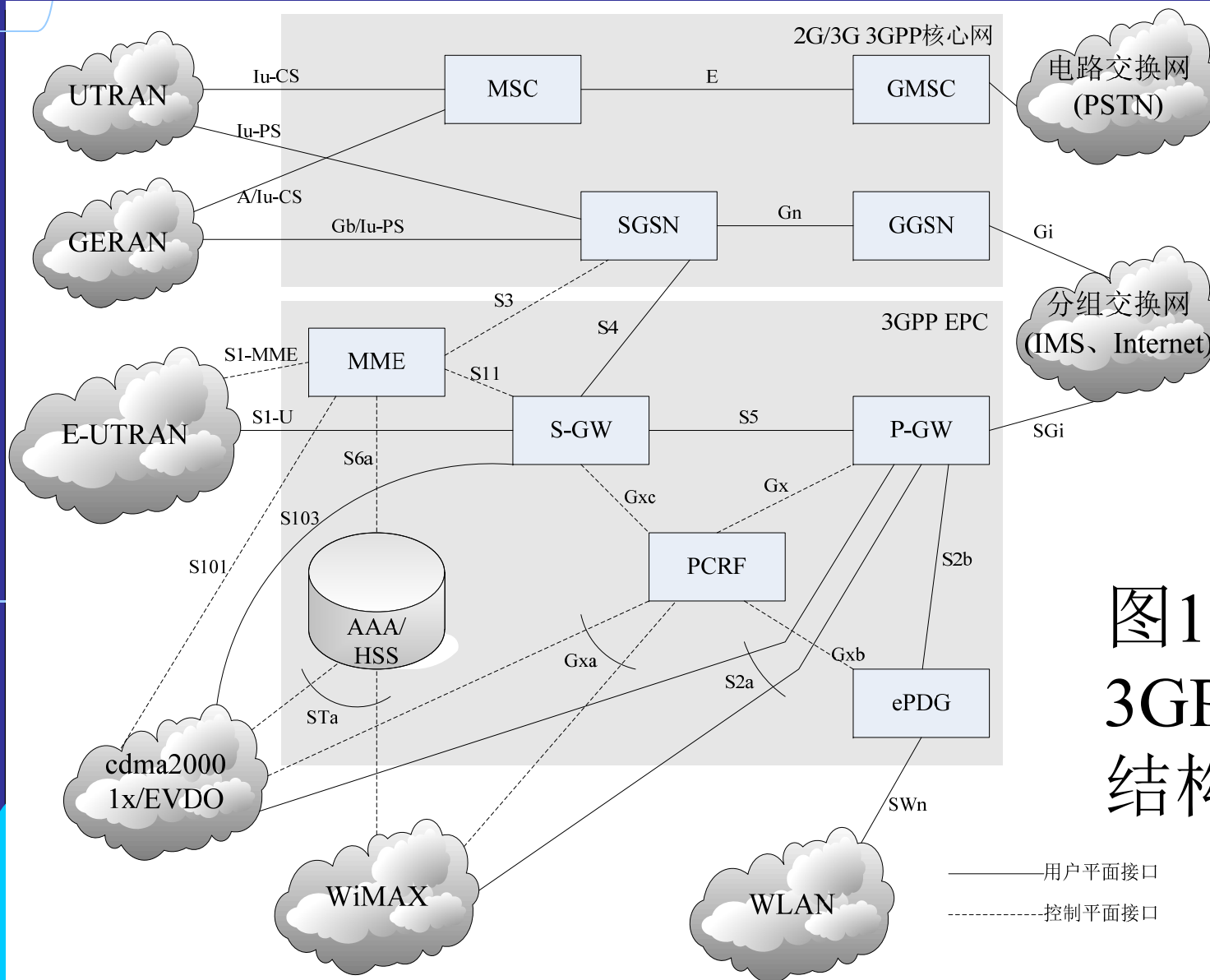


图16.41
3GPP网络
结构

§ 16.5 B3G与4G移动网络



- 2.协议栈
- EPS系统用户平面包括UE、eNodeB、S-GW和PDN GW四个功能实体，通过LTE-Uu、S1-U、S5/S8(S8是S5的变种)和SGi接口，完成承载数据的传输。

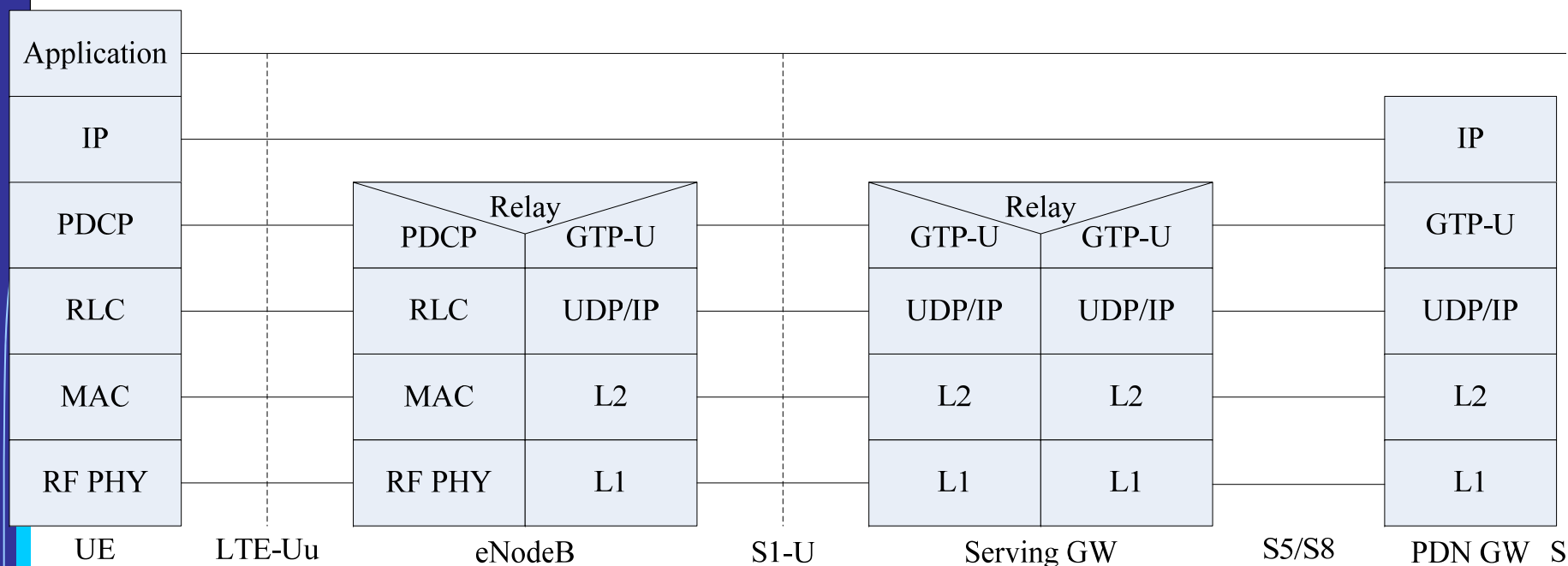


图16.42 EPS系统用户平面协议栈

§ 16.4 B3G与4G移动网络



- 控制平面包括UE、eNodeB和MME三个功能实体，通过LTE-Uu和S1-MME两个接口，完成网络信令传输。

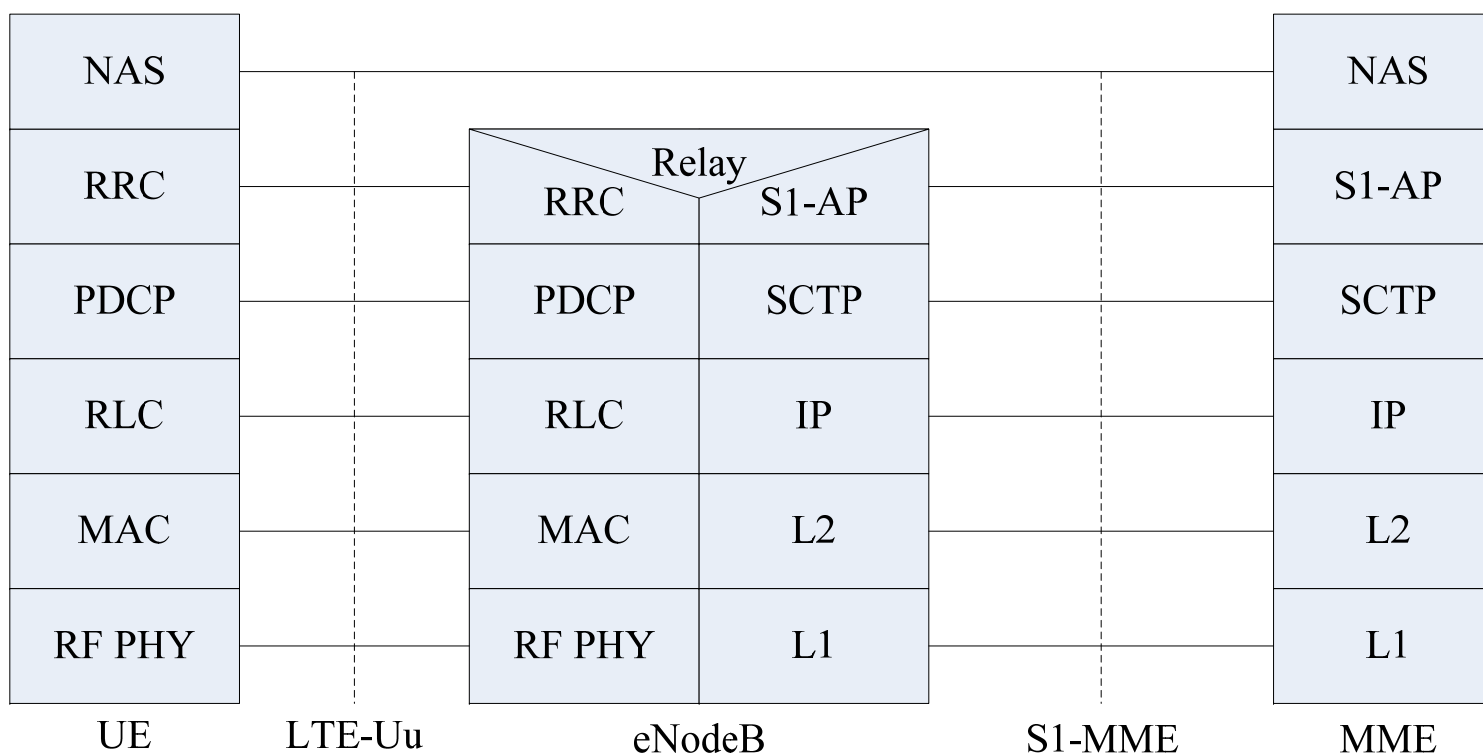


图16.43 EPS系统控制平面协议栈

§ 16.4 B3G与4G移动网络



- EPC网络的主要目标是为多模终端在多个无线接入网间切换提供无缝和连续的无线数据业务。为了达到上述目标，EPC重点关注跨网络的移动性管理、QoS策略和计费管理以及安全性管理。
- 为了实现3GPP和非3GPP网络之间的移动性，EPC采用两种不同的管理方法：PMIPv6和DSMIPv6/IPv4。PMIPv6用于实现不同接入网之间的无缝切换，在切换过程中，需要保证业务的QoS。目前PMIPv6只支持UE从单个接入网接入EPC，未来需要进一步研究UE同时从多个接入网接入EPC的移动性管理和来自不同空中接口的路由控制。

§ 16.4 B3G与4G移动网络



- 策略和计费控制(PCC)是EPC关注的另一个重要问题，PCRF是PCC的策略引擎。PCRF接收来自Rx参考点的会话信息，来自Gx和Gxa/Gxc参考点的用户特定策略，以及在SPR中存储的简档(Profile)数据，组合这些数据形成会话级策略判决，并提供给网关中的PCEF实体执行QoS策略和计费规则。
- PCC架构为IMS和非IMS业务提供了合适的控制机制，能够支持多种形式的网络接入，为固网和移动网融合奠定了基础。

§ 16.4 B3G与4G移动网络

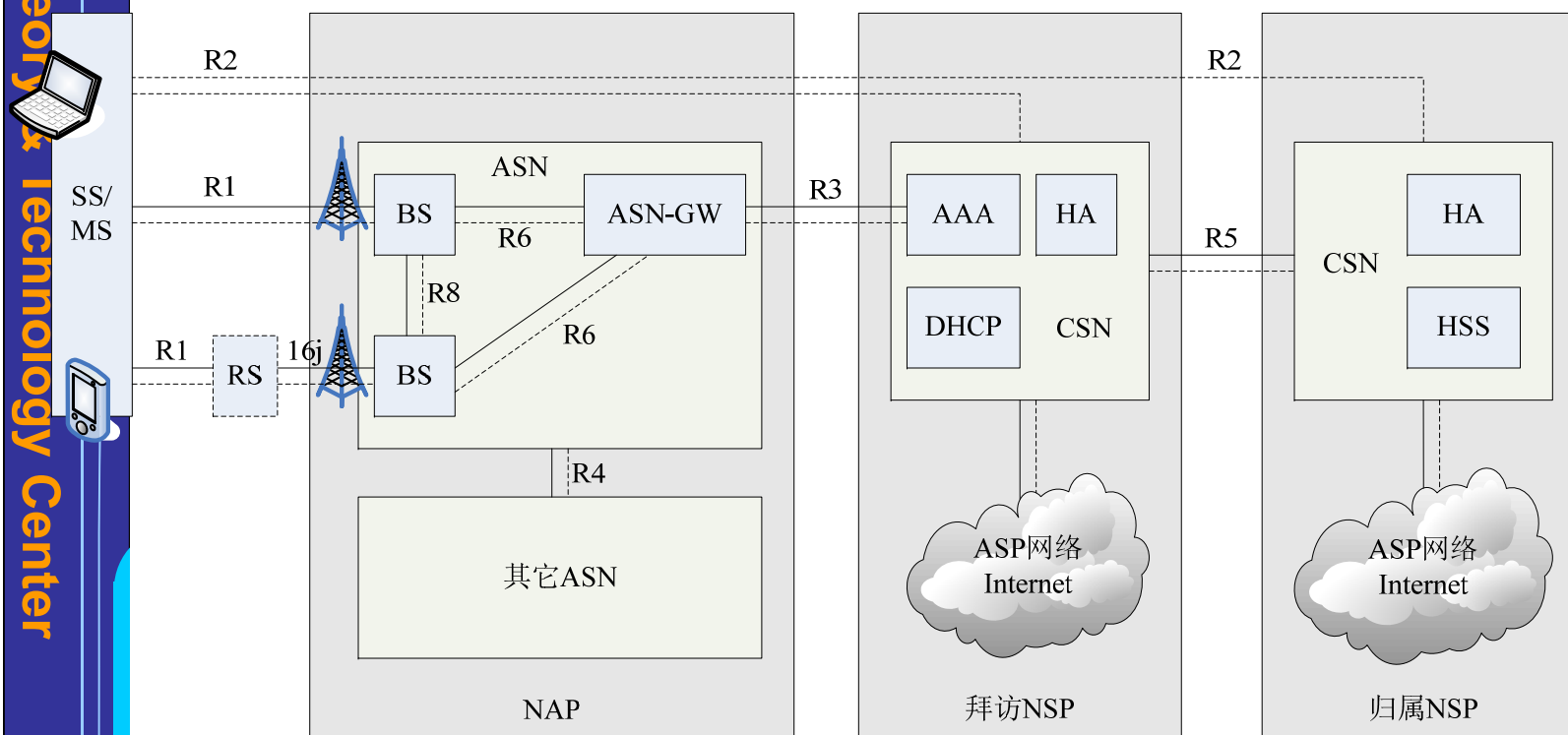


- **16.4.3 移动WiMax网络**
- 移动WiMax(802.16e)网络可以由不同的网络接入提供商(NAP)和网络业务提供商(NSP)构成。
- NAP提供WiMax无线接入的基础设施，NSP依据事先与一个或多个NAP协商好的业务等级(SLA)，为WiMax用户提供IP连接和WiMax业务。
- WiMax网络结构允许一个NSP与多个NAP互连，也允许多个NSP共享一个NAP的网络设施。



§ 16.4 B3G与4G移动网络

- 1. 网络结构与功能实体
- WiMax的网络参考模型由SS/MS、ASN(接入业务网)和CSN(连接业务网)构成，它们之间的参考点为R1-R8， 图16.59 WiMax网络参考模型



§ 16.4 B3G与4G移动网络



- 2.协议栈
- WiMax网络的协议栈主要对MAC/PHY进行了标准化，上层承载IP协议，整个协议栈结构比较简单。

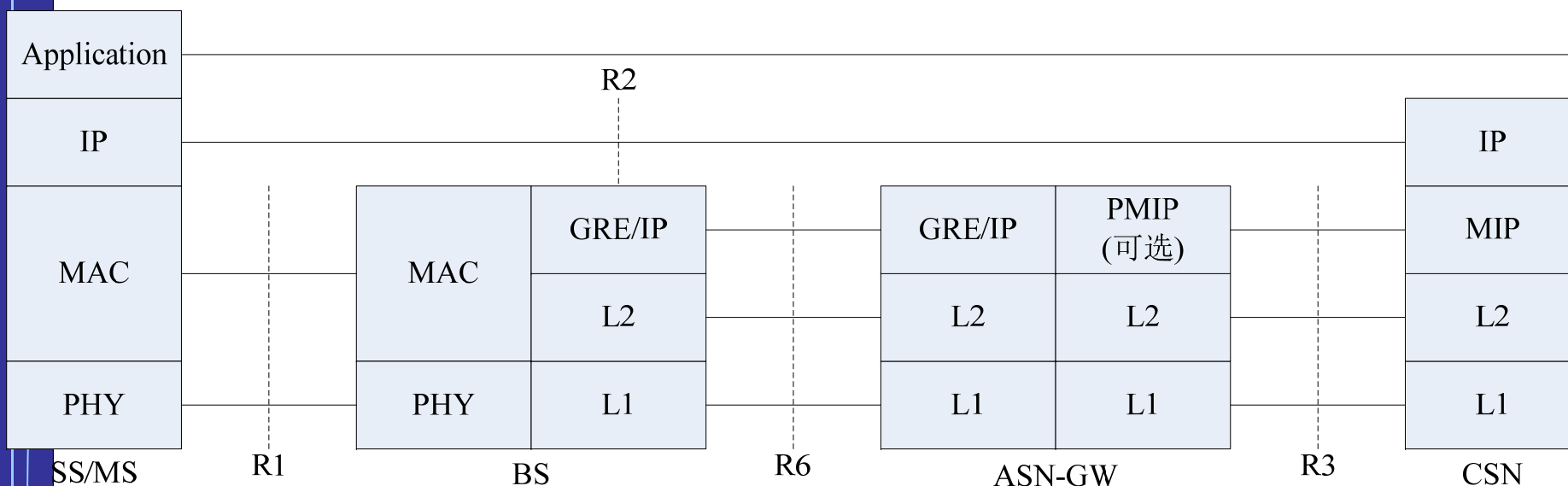


图16.44 WiMax网络协议栈模型

§ 16.4 B3G与4G移动网络

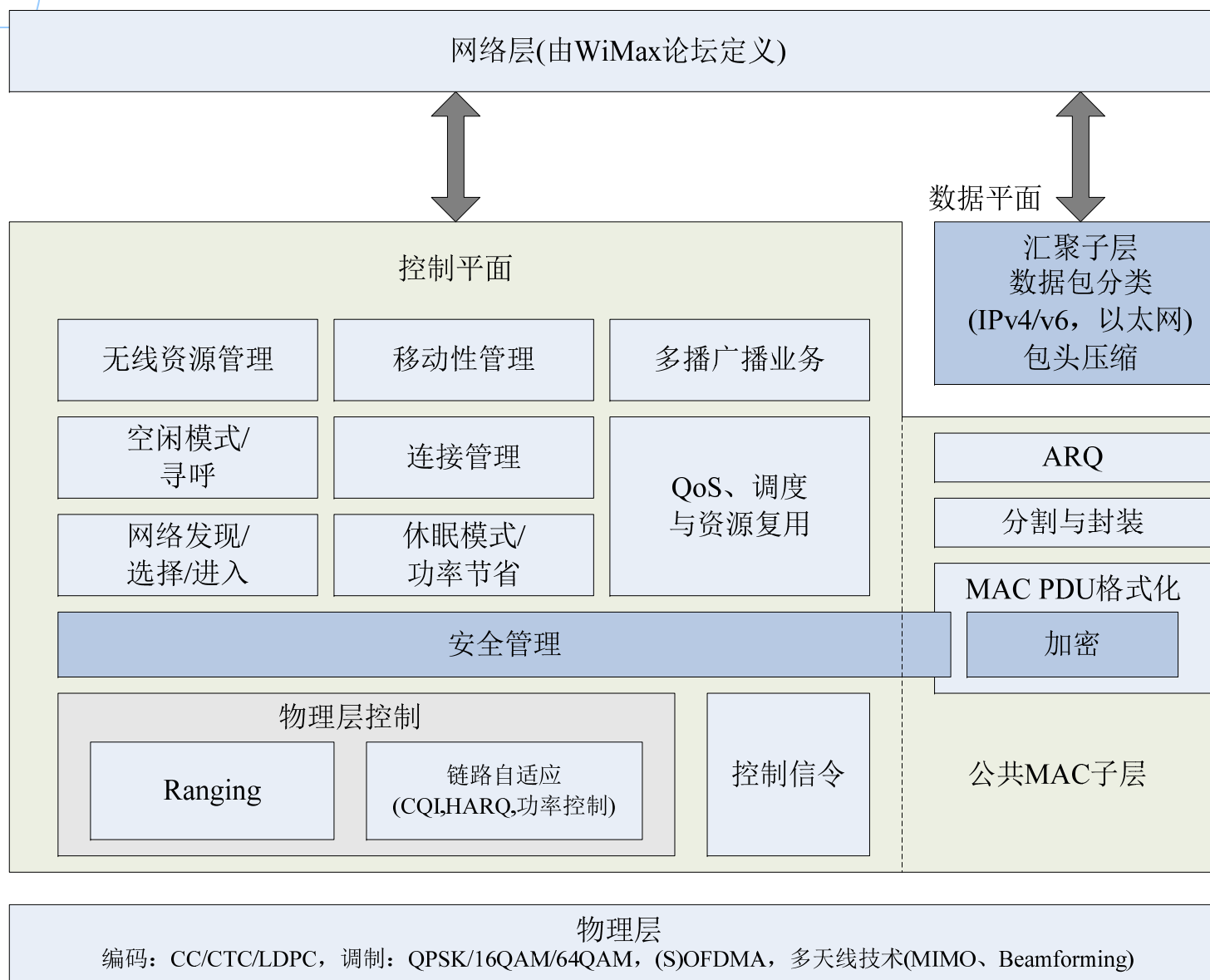


图16.45
MAC/PHY协议栈结构

§ 16.4 B3G与4G移动网络



- **16.4.4 网络互操作(Interworking)**
- 随着移动通信技术的快速发展，涌现出2G/3G/4G、无线广域网/城域网/局域网等多种无线接入制式。
- 为了克服跨越多网传输导致的网络动态性，向用户提供无缝高质量的无线业务，通过网络互操作(Interworking)，将各种无线接入网络融合，就成为非常重要的网络技术。

§ 16.4 B3G与4G移动网络



- **16.4.4 网络互操作(Interworking)**
- 一般的，网络互操作分为两种：紧耦合与松耦合。紧耦合指一个网络作为接入网，接入另一个网络的核心网中，前者业务数据要通过后者的核心网。
- 松耦合指两个网对等，通过中间网络(例如Internet、IMS)互连，各自的数据链路相互独立。紧耦合方式能够减小业务与信令传输时延，但网络改动较大，控制复杂；而松耦合方式网络相对独立，只是在用户端提供无缝业务，但传输时延较大，难以适用于实时业务。

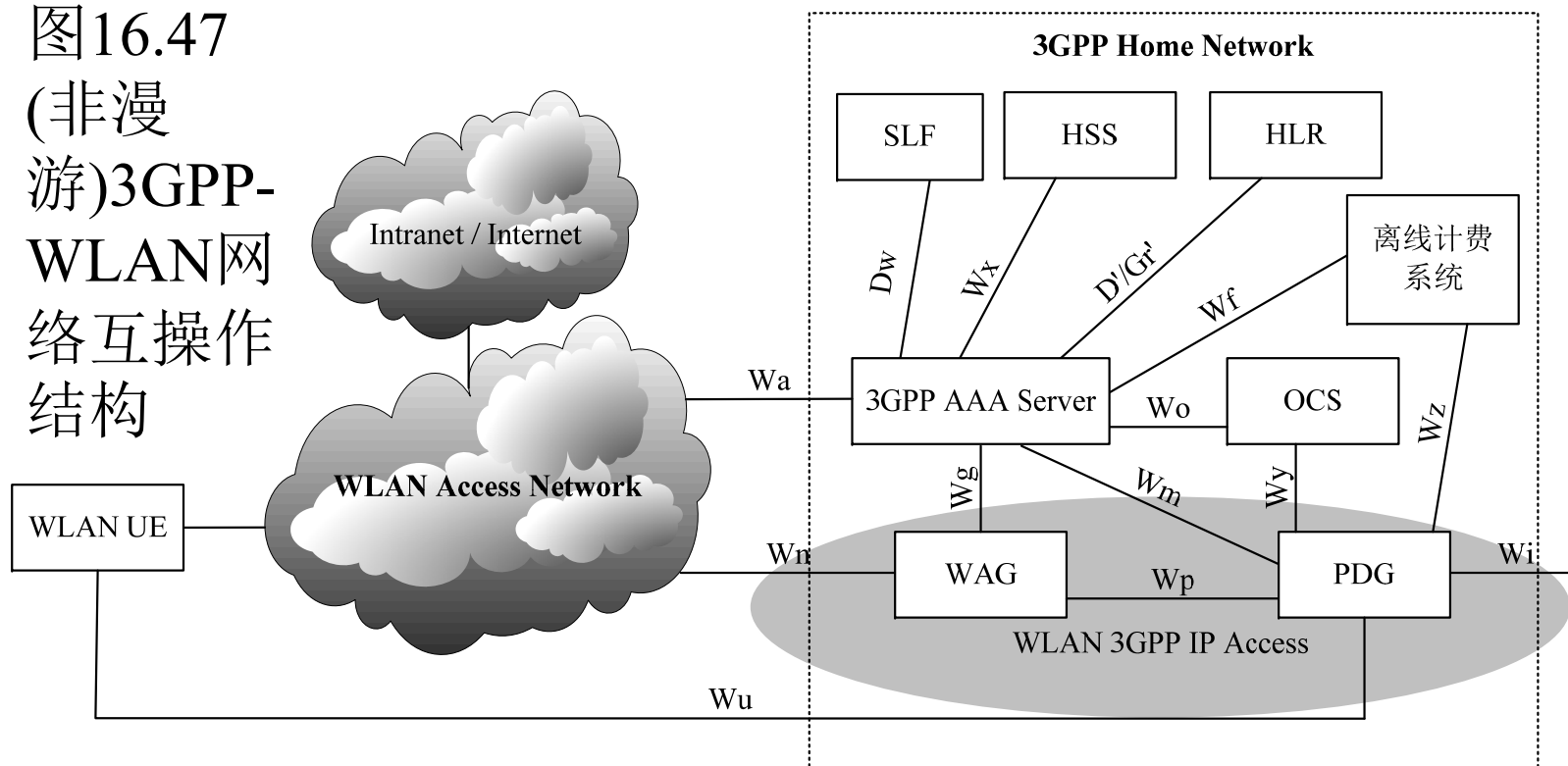


§ 16.4 B3G与4G移动网络

- 1. 广域与局域网络互操作
- WLAN是无线局域网的典型代表，WLAN作为一个外部无线接入网，通过Wn、Wa接口分别与WAG(WLAN Access Gateway)和3GPP AAA服务器相连，从而接入3GPP核心网，这是一种紧耦合方式。

图16.47

(非漫游)3GPP-WLAN网络互操作结构



§ 16.4 B3G与4G移动网络



- 1. 广域与局域网络互操作
- cdma2000与WLAN的紧耦合方式与3GPP-WLAN类似。此时WLAN网关类似cdma2000的PCF，隐藏了WLAN网络的细节。紧耦合方式下，cdma2000和WLAN网络共享鉴权、信令、传输和计费等网络设施，只是空中接口的物理层处理不同。
- 松耦合方式下，两个网通过Inter互连，业务链路相互独立。这样做可以允许独立规划和部署两个网络，3G运营商能够与其它WLAN运营商的网络交互，而不必付出高昂的建网成本。

§ 16.4 B3G与4G移动网络

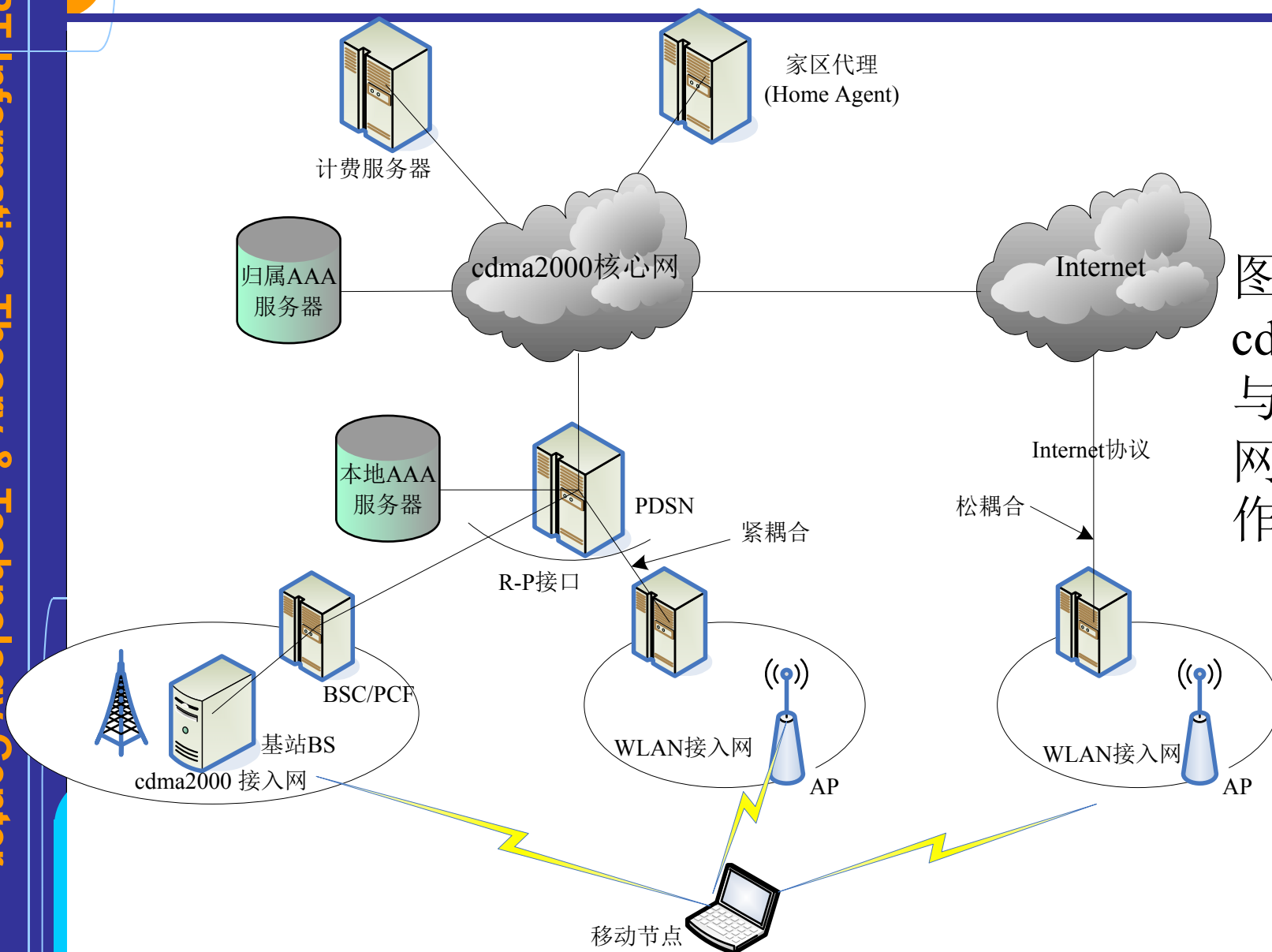


图16.48
cdma2000
与WLAN
网络互操
作结构

§ 16.4 B3G与4G移动网络



- 2. 基于IMS的广域网互操作
- 从发展状况来看，网络互操作有两种实现思路：第一种方法在业务控制层面基于统一的IMS核心网，完成多个接入网的互操作；
- 第二种方法在网络传输层面基于面向全IP的分组核心网络EPC，实现多种接入的统一分组核心网平台。
- 3GPP IMS-WiMax网络互操作如图所示。WiMax的ASN GW可以接入3GPP GGSN，WiMax ASN作为3GPP IMS的无线接入网进行数据传输。同时WiMax CSN可以通过Wa/Wn/Cx接口与AAA、PDG、HSS等IMS实体互连，共享相同的鉴权流程、移动性管理和计费信令。

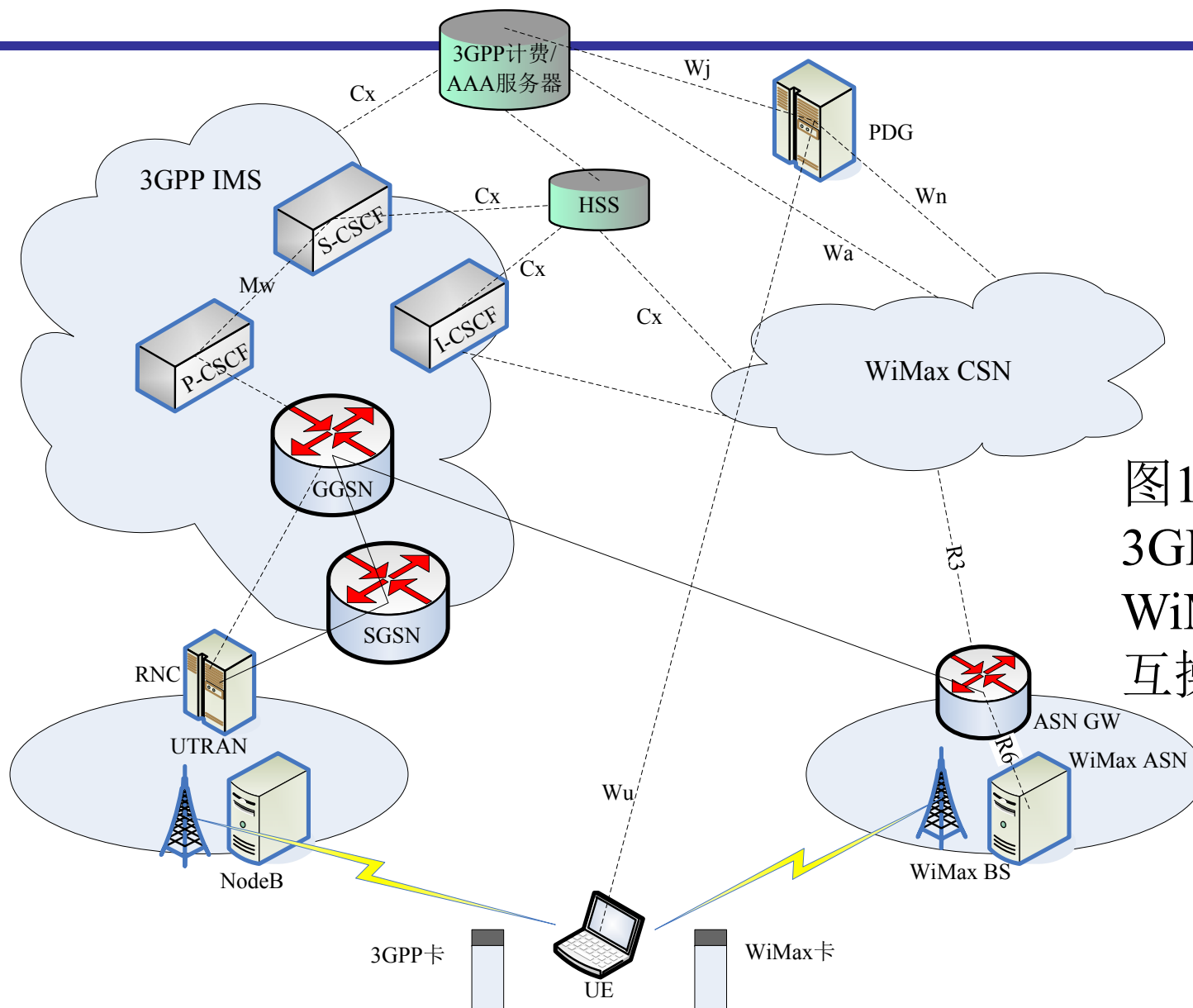


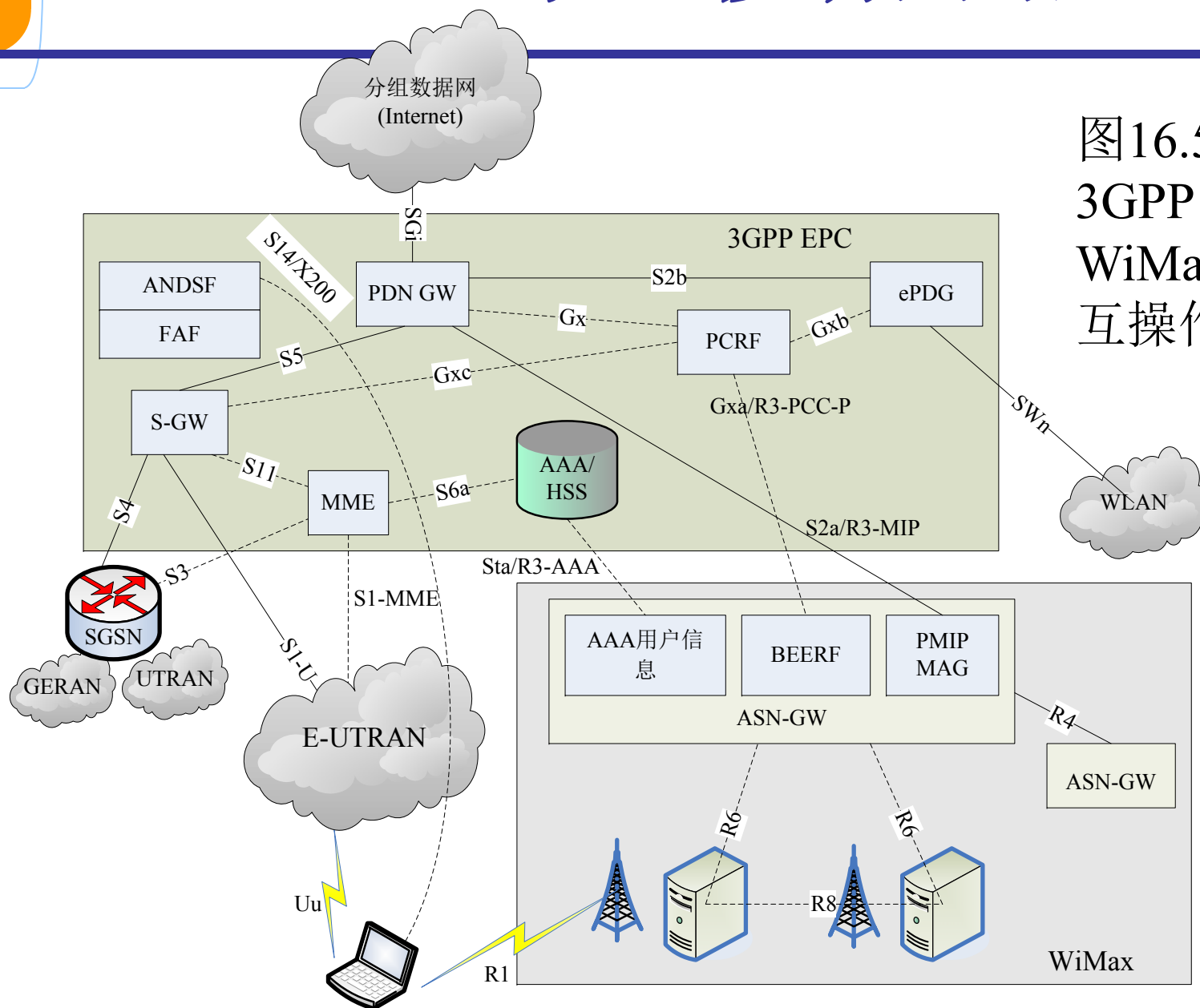
图16.49
3GPP IMS-
WiMax网络
互操作结构

§ 16.4 B3G与4G移动网络



- 3. 基于EPC的广域网互操作
- EPC作为统一的分组核心网，允许各种接入网接入。下图给出了EPC和WiMax互操作的示例。ASN GW通过S2a/R3-MIP接口，与PDN GW相连，从而将WiMax网络作为接入网，接入EPC核心网中。

§ 16.4 B3G与4G移动网络



§ 16.4 B3G与4G移动网络



- 上述方案中引入了ANDSF与FAF两个新的逻辑功能实体。ANDSF主要实现目标接入网的发现，可以是3GPP或非3GPP小区。引入该实体的目的是尽量减小UE发现相邻小区时的功耗。
- FAF是基站级的实体，位于目标接入网中。它通过IP隧道，支持UE垂直切换前的鉴权认证。根据目标接入网的类型，FAF仿真各种接入网的BS功能。
- 当UE向WiMax小区运动时，FAF模拟WiMax BS功能，反之若UE向3GPP小区运动时，则FAF模拟RNC/NodeB或eNodeB的功能。

§ 16.4 B3G与4G移动网络



- 目前，以3GPP为主导在不同层面对无线接入网进行整合已经成为一种趋势。
- 面向宽带业务的融合主要有两条路径，分别解决不同层面的网络融合问题。
- 基于公共IMS的网络融合方案，不同核心网络采用相同业务控制，采用SIP/SDP会话控制方式，在鉴权与认证方面更多地采用Diameter方式，主要根据运营商的需要进行扩展。
- 公共IMS方案根据QoS策略进行资源控制，并执行计费、鉴权和漫游功能，这些都是蜂窝移动通信自身的发展，并且定义了独立于接入的多种适配功能实体，实现多媒体业务组建的标准化。目前，公共IMS已经作为固网、移动网和互联网融合的技术趋势，但系统架构还需要进一步扩展。

§ 16.4 B3G与4G移动网络



- 基于EPC的网络融合方案，在公共核心网络上通过接入互通单元，实现多种无线/有线共同的接入方式。
- 基于端到端的EPC网络，结构更加扁平化，最大限度减少节点数。EPC还支持IETF和GTP移动性管理，支持3GPP/非3GPP网络接入，可以实现端到端的路由优化以及业务本地化。

§ 16.4 B3G与4G移动网络



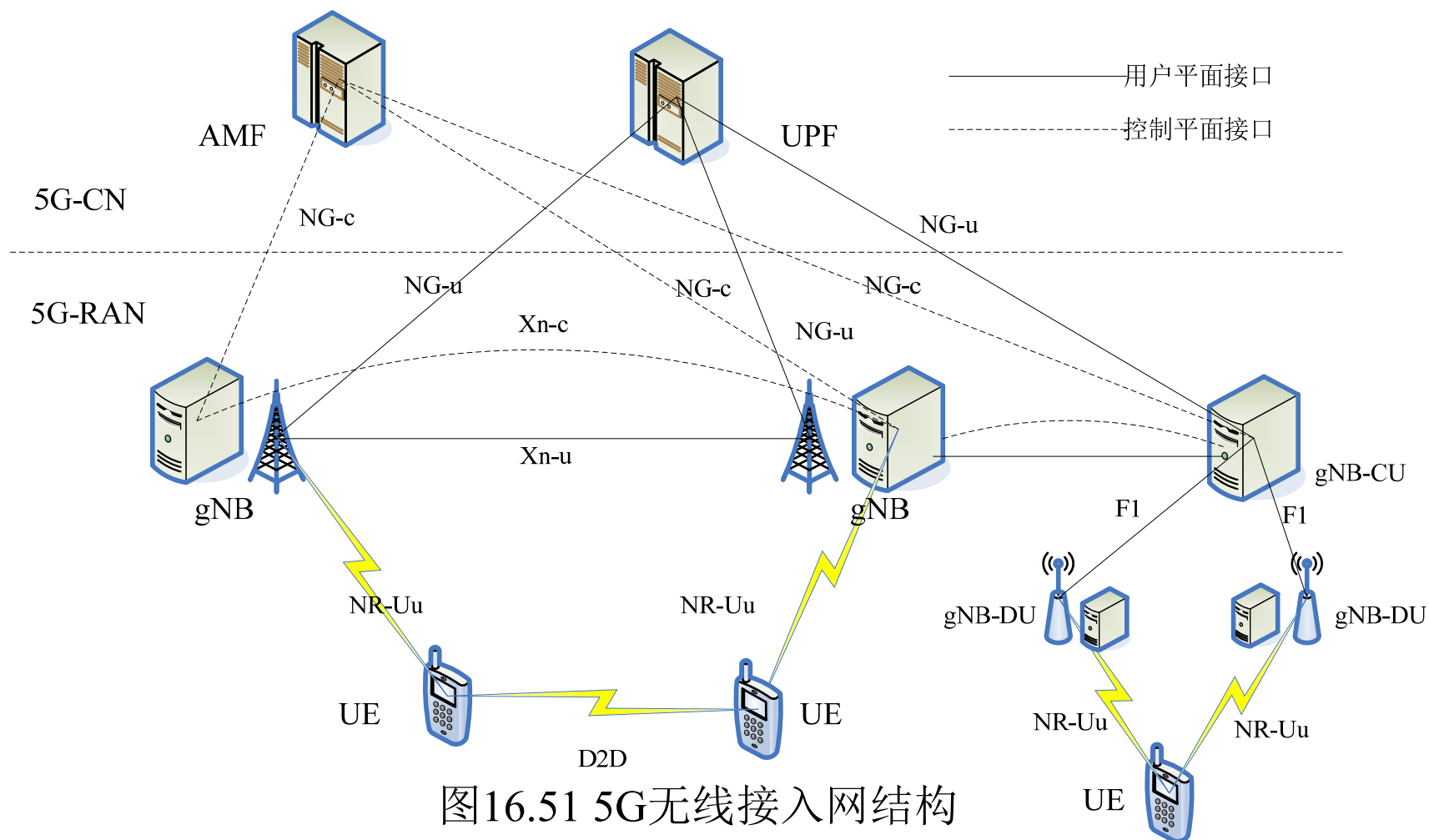
- 广义来看，两种方案并不矛盾，EPC是在底层实现接入网络的融合，可以看作IMS的IP-CAN，而IMS是在高层即业务控制层面实现网络融合。
- 基于IMS/EPC的网络融合方案，将成为未来多接入网互操作、固网与移动网融合甚至电信网、广播网与计算机网融合的技术基石。



§ 16.5 5G移动网络

- **16.5.1 5G-RAN**
- 5G NR的无线接入网包含两类节点可以接入5G核心网
- 5G基站(gNB)，采用NR的用户面与控制面协议，服务NR的移动台；
- 升级的4G基站(Ng-eNB)，采用LTE的用户面与控制面协议，服务LTE终端。

§ 16.5 5G移动网络



§ 16.5 5G移动网络



- **1. gNB单元**
- gNB单元负责完成一个或多个小区的所有无线相功能
- gNB是一个逻辑节点，而不唯一对应单个物理设备。通常gNB的实现对应三个扇区无线处理功能
- gNB也可以对应分布式基站，包括分离的基带功能单元(BBU)与射频拉远单元(RRH)。
- 一个终端接入多个小区称为双连接。其中LTE与NR之间的双连接非常重要，它是5G NR非独立组网(NSA)的基本形态

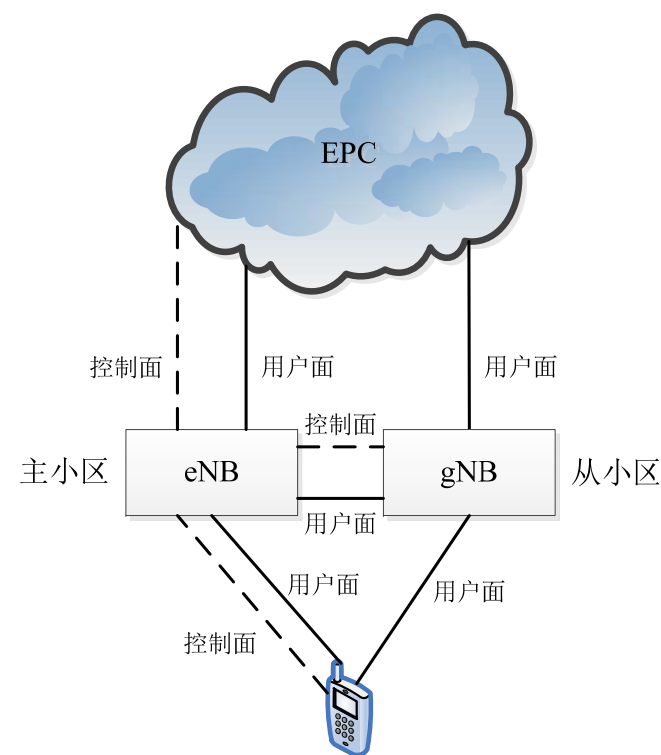


图16.52 非独立组网下的双连接

§ 16.5 5G移动网络



• 2. 无线侧协议栈

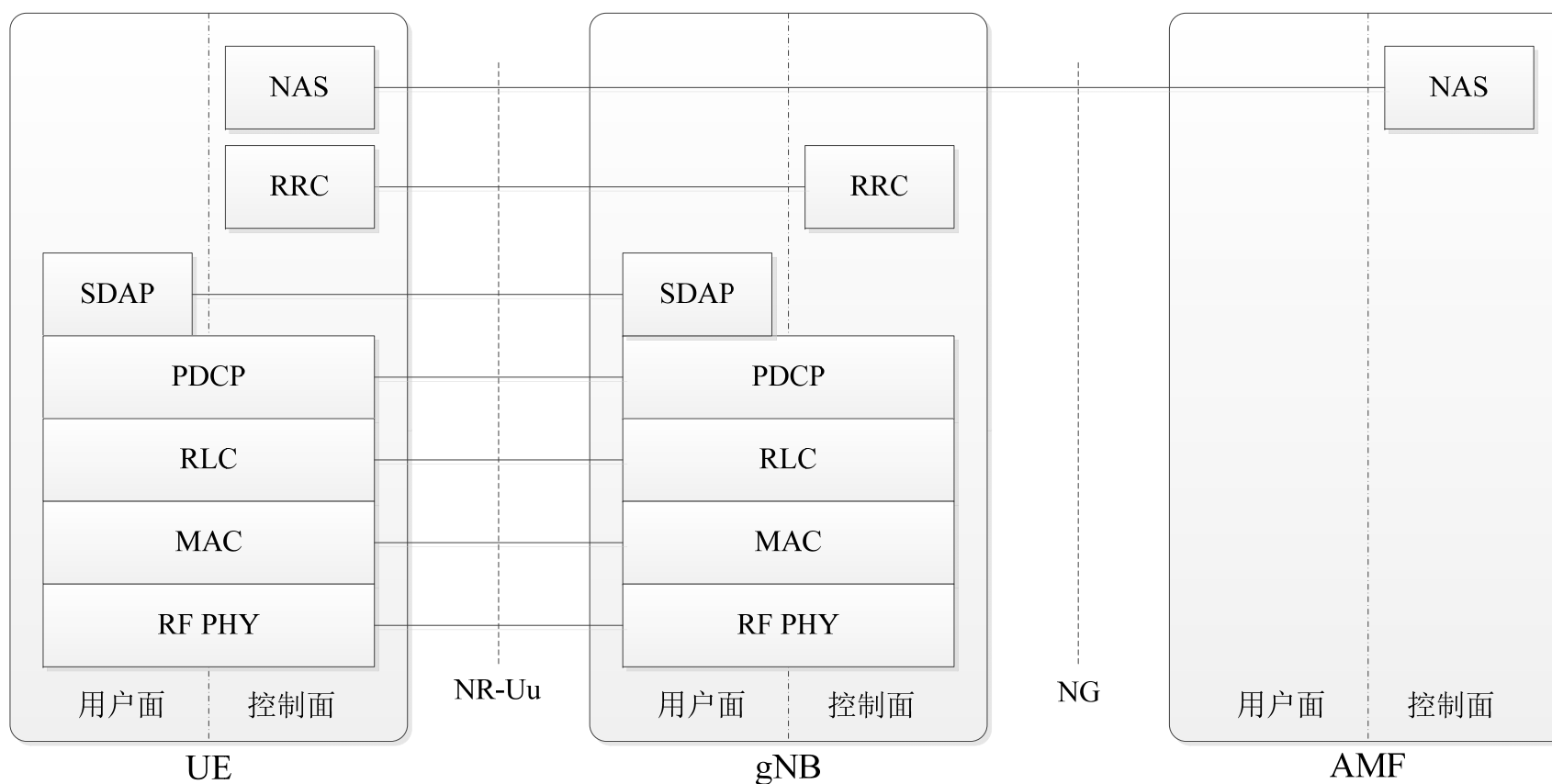


图16.53 5G NR无线接入协议栈

§ 16.5 5G移动网络



- 2. 无线侧协议栈
- 在NG接口两侧，主要是UE与AMF之间的非接入层(NAS: Non-Access Stratum)协议，它负责终端与接入网之间的操作处理，包括鉴权、加密、不同的空闲模式处理，并且负责将IP地址分配给移动终端。
- 一般的，核心网与终端之间的执行功能称为非接入层(NAS: Non-Access Stratum)功能，而接入网与终端之间的功能称为接入层(AS: Access Stratum)功能。
 -

§ 16.5 5G移动网络



- **16.5.2 5GCN**
- 5G核心网的设计沿用了EPC核心网思路，并且在三个方面进行增强
- (1)基于业务的架构
- 基于业务的架构，核心网的功能是高度虚拟化的，可以在通用的计算设备上实现。
- (2)控制面/用户面分离
- 5GCN的第二个特点是控制面与用户面分离，它强调了两个协议平面的独立演化能力。
- (3)支持网络切片
- 网络切片是一个逻辑网，服务特定的商业或用户需求，由基于业务架构配置的一些必要功能单元构成。

§ 16.5 5G移动网络

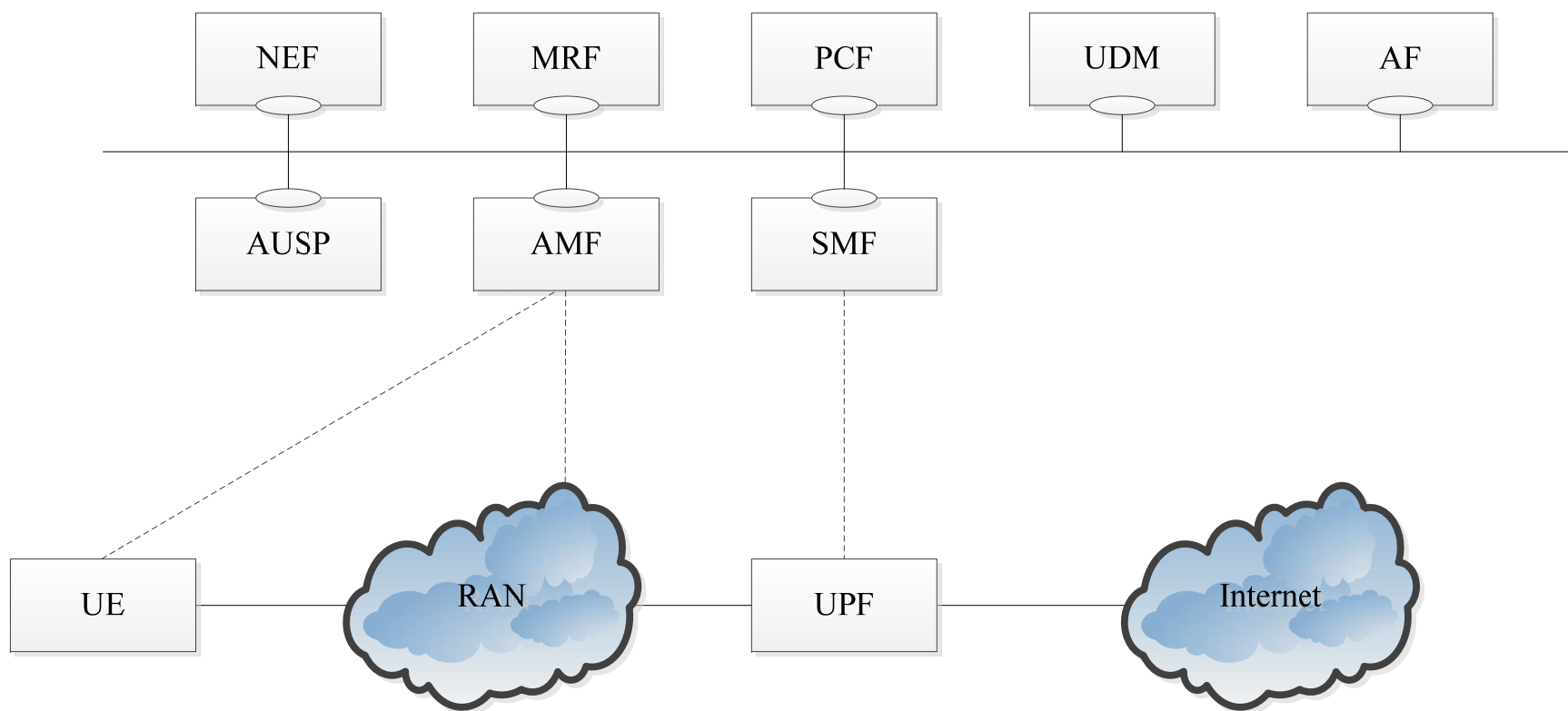
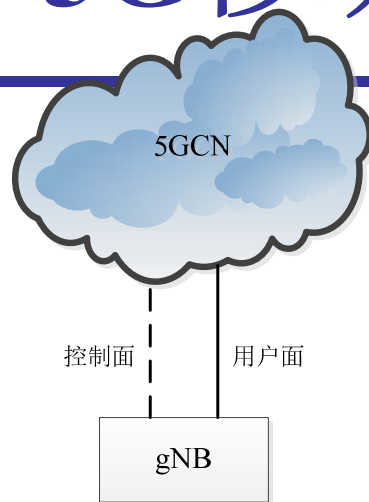


图16.54 5G核心网架构

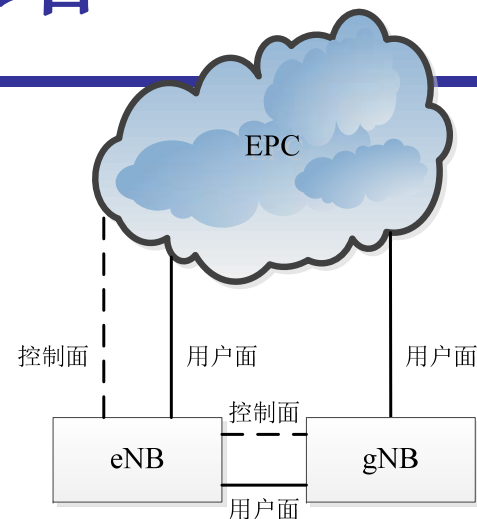
§ 16.5 5G移动网络



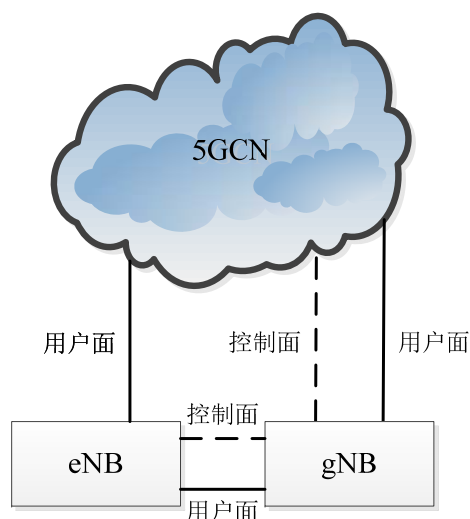
• 5G网络的组网方式



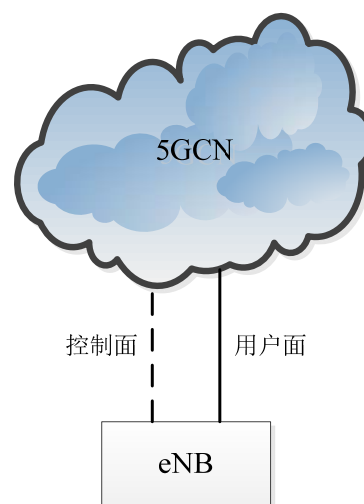
(a) 独立组网(SA)



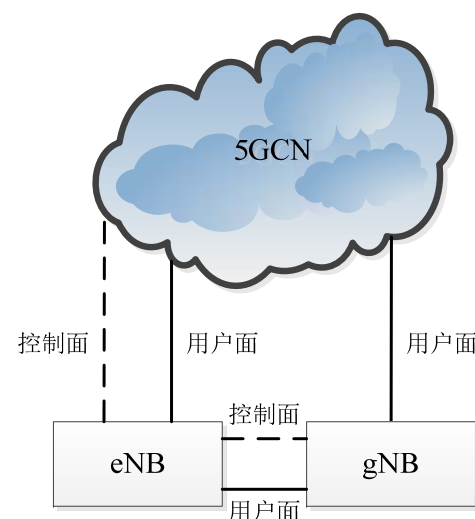
(b) 非独立组网(NSA)



(c) LTE接入5G方式1



(d) LTE接入5G方式2



(e) LTE接入5G方式3

§ 16.5 5G移动网络



• 网络切片技术

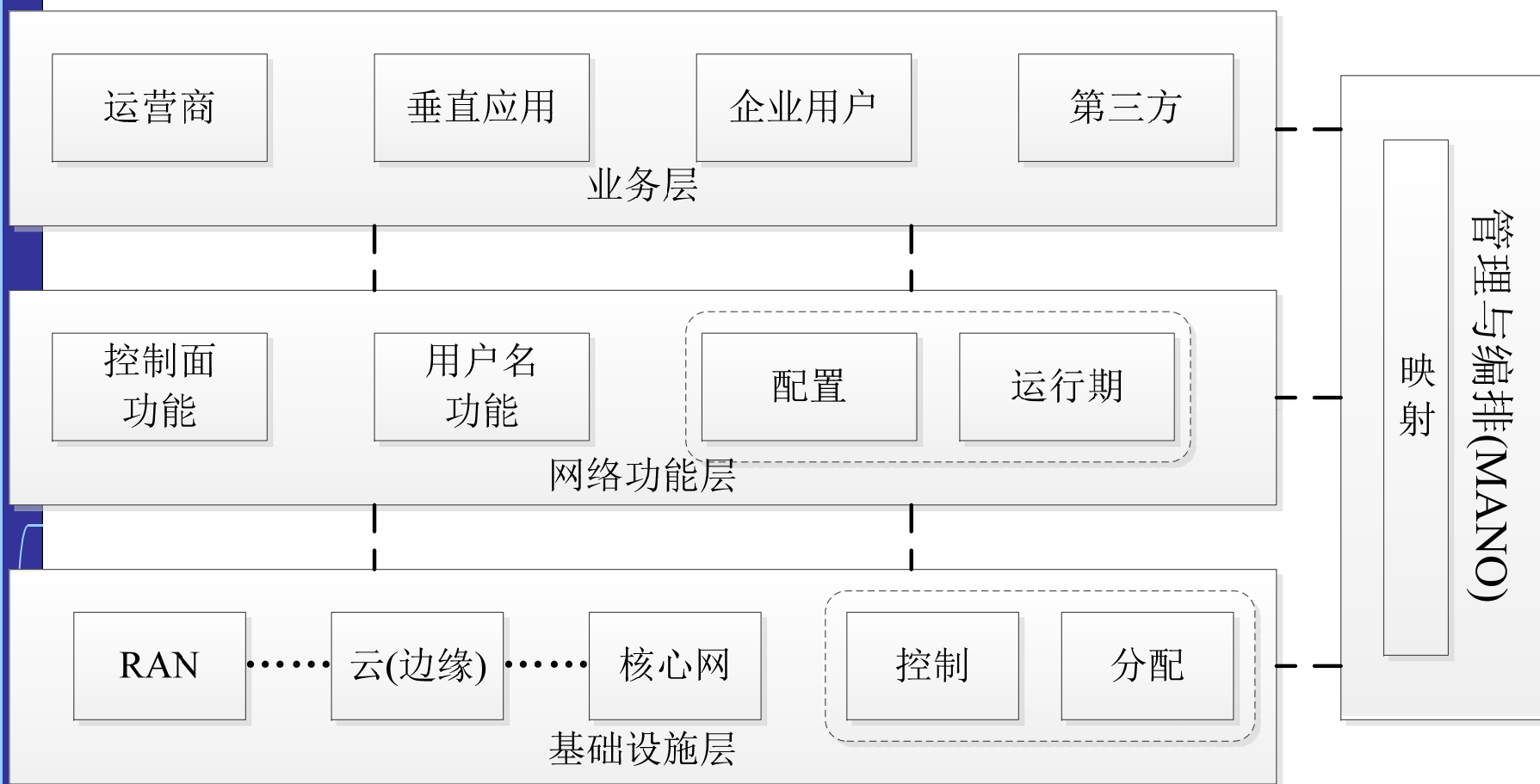


图16.56 5G网络切片框架结构



16.6 本章小结

- 本章讨论并介绍了移动网络的结构与组成。主要内容有四个方面，首先重点介绍GSM、GPRS和WCDMA移动通信系统的信道组成、网络结构和网络协议，并讨论了它们之间的逐步演进过程。
- 接着介绍了IS-95、CDMA2000 1x、CDMA2000-1x-EVDO移动通信系统的信道组成、网络结构和网络协议，并讨论了它们之间的逐步演进过程。
- 再次，详细介绍了以LTE、WiMax为代表的B3G移动通信系统的网络结构、协议与关键网络技术。
- 最后，对5G NR移动通信网络进行了简要介绍，包括5G无线接入网与核心网的基本结构、功能单元与协议栈等。
- 随着移动通信网络技术的迅猛发展，网络结构扁平化、网络功能虚拟化，适应网络动态性，为用户提供无缝的移动业务体验，成为移动网络的技术发展目标。

参考文献



- [16.1] 孙立新、尤肖虎、张平等, 《第三代移动通信技术》, 人民邮电出版社, 2000.12。
- [16.2] 张平等, 《第三代蜂窝移动通信系统—WCDMA》, 北京邮电大学出版社, 2000.11。
- [16.3] 杨大成等, 《CDMA2000 1x移动通信系统》, 机械工业出版社, 2003.1。
- [16.4] 李世鹤, 《TD-SCDMA第三代移动通信系统标准》, 人民邮电出版社, 2003.10。
- [16.5] T. Ojanpera, R. Prasad, WCDMA: Towards IP Mobility and Mobile Internet, Artech House, Inc. 2001.
- [16.6] J. W. Mark, W. H. Zhang, Wireless Communications and Networking, Prentice Hall, 2003.
- [16.7] K. Pahlvan, P. Krishnamurthy, Principles of Wireless Networks: A Unified Approach, 中译本: 无线网络通信原理与应用(刘剑等译), 清华大学出版社, 2002.11。



- [16.8] S. Tabbane, Handbook of Mobile Radio Networks, 中译本: 无线移动通信网络(李新付等译), 电子工业出版社, 2002.12。
- [16.9] 邬国扬, 《蜂窝通信》, 西安电子科技大学出版社, 2002.6。
- [16.10] 3GPP Technical Specifical (3G TS) 25.401 UTRAN Overall Description.
- [16.11] 3G TS 25.410~415, UTRAN Iu Interface.
- [16.12] 3G TS 25.420~427, UTRAN Iur Interface.
- [16.13] 3G TS 25.430~435, UTRAN Iub Interface.
- [16.14] TIA/EIA/IS-2001-A Inter-operability Specification(IOS) for CDMA2000 Access Network Interfaces, Virginia: Telecommunications Industry Association, 2001.



谢谢！