

第 3 章 B2G 移动通信系统

通常,将 2G 向 3G 过渡的移动通信系统称为 B2G,它们中的主要代表有 GPRS(通用分组无线电业务)、EDGE(GSM 演进的增强数据速率)和 CDMA2000 1x 等。

3.1 GPRS 系统

3.1.1 GPRS 总体

1. GPRS 的概念

GPRS 是通用分组无线业务的简称,是 GSM 在 Phase 2+ 阶段提供的分组数据业务。它采用基于分组传输模式的无线 IP 技术以一种有效的方式来传送高速和低速数据及信令。GSM/GPRS 网是 GSM 网络的升级,也是 GSM 向 3G 演进的重要阶段。

GPRS 的标准化开始于 1994 年,并在 1997 年取得重要进展,发布了 GPRS Phase 1 的业务描述,它的目标是提供高达 171.2Kbps 的分组数据业务。2001 年,英国 BT Cellnet 公司成为第一家向公众市场开放 GPRS 业务的移动运营商。

2. GPRS 的特点

GPRS 采用的分组交换模式克服了电路交换的数据传输速率低、资源利用率低的缺点。其主要特点如下。

- 资源共享,频率利用率高。GPRS 的信道分配原则是“多个用户共享,按需动态分配”。它的基本思想是将一部分可用的 GSM 信道专门用来传送分组数据,由 MAC 协议管理多址接入,多用户可以协调对带宽的利用。
- 数据传输速率高。系统可根据可用资源和用户需求来确定为每个用户分配 TDMA 帧 8 个时隙中的一个或多个,从而达到较高的数据传输速率。
- 实行动态链路适配,具有灵活多样的编码方案。GPRS 具有适于不同信道环境的 4 种信道编码方案,可以根据接收信号质量的改变选择最优编码方案,使吞吐量达到最大。
- 用户一直处于在线连接状态,接入速度快。GPRS 的“永远在线”意味着不会丢失任何重要的 E-mail;永久连接意味着不用建立呼叫,打开一个 PDA 或 WAP(无线应用协议)电话就可以直接使用。
- 向用户提供 4 种 QoS 类别的服务,并且用户 QoS 的配置是可以协商的。
- 支持 X.25 协议和 IP 协议。GPRS 标准对 GPRS 与 X.25 网和 IP 网的接口做出了

规定,易于数据网之间的互连。

- 采用数据流量计费。用户可以保持一直在线,只有在读取数据的时候占用资源和进行付费,改变以往按连接时间计费的方式,这将节约用户资费,从而吸引更多用户。

3. GPRS 的业务

GPRS 能够向用户提供丰富的业务类型,从更大程度上满足用户的各种需求。其具体业务类型包括承载业务、用户终端业务、补充业务,此外还支持短消息、匿名接入等其他业务。其中,承载业务包括点对点和对多点两类业务;用户终端业务有信息点播业务、E-mail 业务、会话业务、远程操作业务、单向广播业务和双向小数据量事务处理业务等;其短消息业务可通过 GPRS 信道传送来进行,从而使效率大大提高。

4. GPRS 的网络结构

GPRS 的分组数据网络重叠在 GSM 网络上。若将现有 GSM 网络改造为能提供 GPRS 业务的网络需要增加 3 个主要单元:SGSN(GPRS 服务支持节点)、GGSN(GPRS 网关支持节点)和 PCU(分组控制单元)。SGSN 的工作是对移动终端进行定位和跟踪,并发送和接收移动终端的分组;GGSN 将 SGSN 发送和接收的 GSM 分组按照其他分组协议(如 IP)发送到其他网络;PCU 负责许多 GPRS 相关功能,例如接入控制、分组安排、分组组合及解组组合。GPRS 的网络结构如图 3-1 所示。

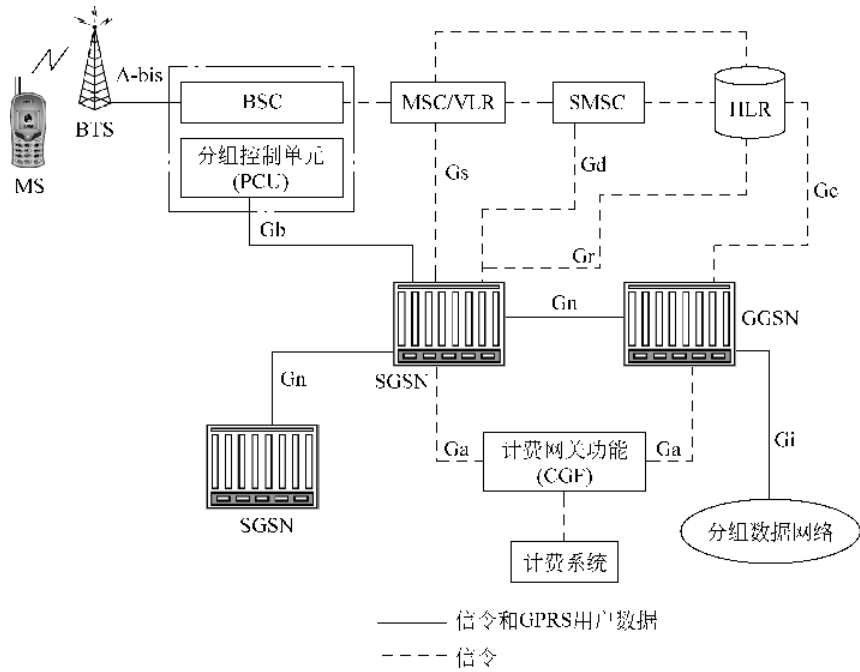


图 3-1 GPRS 的网络结构

SGSN 是 GPRS 网的主要部分,它负责分组的路由选择和传输,在其服务区负责将分组递送给移动台,它是为 GPRS 移动台构建的 GPRS 网的服务访问点。当高层的协议数据单

元(PDU)要在不同的 GPRS 网络间传递时,源 SGSN 负责将 PDU 进行封装,目的 SGSN 负责解封装和还原 PDU。在 SGSN 之间采用 IP 协议作为骨干传输协议,整个分组的传输过程采用隧道协议。GGSN 也维护相关的路由信息,以便将 PDU 通过隧道传送到正在为移动台服务的 SGSN。SGSN 完成路由和数据传输所需的与 GPRS 用户相关的信息均存储在 HLR 中。

SGSN 还有很多功能,例如移动管理和鉴权操作,并且具有注册功能。SGSN 连接到 BSC,处理从主网使用的 IP 协议到 SGSN 和 MS 之间使用的 SNDCP(依赖子网的会聚协议)/LLC(逻辑链路控制)协议的协议转换,包括实现压缩和编码的功能。

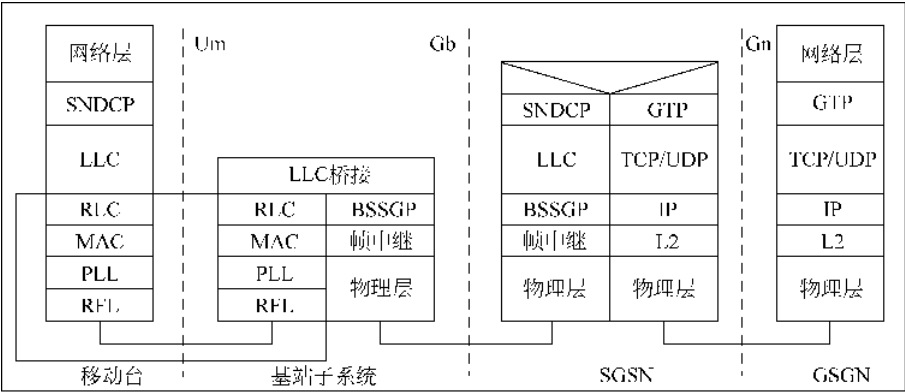
GGSN 像互联网和 X.25 协议一样,用于和外部网络的连接。从外部网络的角度看,GGSN 是到子网的路由器,因为 GGSN 对外部网络“隐藏”了 GPRS 的结构。

GPRS 共用 GSM 的基站,增加的 PCU 通常和 BSC 配置在一起,处理 GPRS 分组业务。GPRS 移动台分为 3 类:A 类 GPRS 手机能同时连接到 GSM 系统和 GPRS 系统,并能同时激活和使用;B 类 GPRS 手机能同时连接到 GSM 系统和 GPRS 系统,但不能同时完成 GSM 语音业务和 GPRS 分组数据业务;C 类 GPRS 手机不能同时连接 GSM 系统和 GPRS 系统,进行系统间业务转换需采用人工方式。

由于新增了网络单元,GPRS 系统在 GSM 系统的基础上增加了 Ga、Gb、Gc、Gd、Gn、Gr 和 Gs 共 7 类接口。

3.1.2 GPRS 协议模型

GPRS 的协议体系如图 3-2 所示,它是一种分层的协议结构形式。



注:图中将无线接口的物理层分为了物理链路子层(PLL)和物理射频子层(RFL)

图 3-2 GPRS 的分层协议模型

GPRS 隧道协议(GTP)用来在 GPRS 支持节点(GSN)之间传送数据和信令。它在 GPRS 的骨干网中通过隧道的方式来传输 PDU。所谓隧道,是在 GSN 之间建立的一条路由,使所有由源 GSN 和目的 GSN 服务的分组都通过该路由进行传输。为了实现这种传输,需要将源分组重新封装成以目的 GSN 为目的地址的分组在 GPRS 骨干网中传输。

GTP 的下层是基于 TCP/IP 协议簇的标准 IP 骨干网。

在 SGSN 和 MS 之间,SNDCP 将网络层的协议映射到下面的 LLC 层,提供网络层业务的复接、加密、分段、压缩等功能。

LLC 层在移动台和 SGSN 之间向上层提供可靠、保密的逻辑链路,它独立于下层而存在。LLC 层有两种转发模式: 确认模式和非确认模式。LLC 协议的功能是基于 LAPD(链路接入步骤 D)协议的。

RLC/MAC 层通过 GPRS 无线接口物理层提供信息传输服务,它定义了多个用户共享信道的步骤。RLC 负责数据块的传输,采用选择式 ARQ 协议来纠正传输错误。MAC 层基于时隙 ALOHA 协议,控制移动台的接入请求,进行冲突分解,仲裁来自不同移动台的业务请求并进行信道资源分配。

物理链路子层(PLL)负责前向纠错、交织、帧的定界和检测物理层的拥塞等; 物理射频子层(RFL)完成调制解调、物理信道结构和传输速率的确定、收发信机的工作频率和特性确定等。

LLC 在 BSS 处分为两段,BSS 的功能称为 LLC 桥接。在 BSS 和 SGSN 之间,BSS GPRS 协议(BSSGP)负责传输路由和与 QoS 相关的信息,BSSGP 工作在帧中继(Frame Relay)的协议之上。

3.1.3 GPRS 空中接口

1. GPRS 的空中接口模型

在 GPRS 系统中,移动台与网络之间的接口为 Um 接口,即空中接口。它在 GPRS 网络的传输面和 MS-SGSN 信令面为 MS 的网络接入、数据传输、移动性管理等传输与控制提供底层的功能支持。GPRS 空中接口的协议模型如图 3-3 所示,通信协议层自下而上为物理射频层、物理链路层、RLC 层、MAC 层、LLC 层和 SNDCP 层。各层的主要功能在 GPRS 总体协议模型已介绍,下面主要介绍各层中数据流的形成。

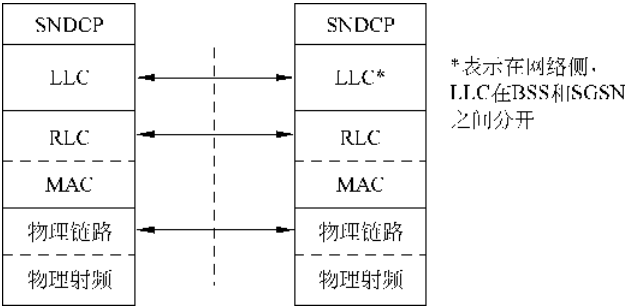


图 3-3 GPRS 空中接口协议模型

(1) 物理层

物理链路层负责提供空中接口的各种逻辑信道。GSM 空中接口的载频带宽为 200kHz,一个载频分为 8 个物理信道。如果 8 个物理信道都分配为传送 GPRS 数据,则原始数据速率可达 200Kbps。考虑前向纠错码开销,则最终数据速率可达 171.2Kbps 左右。

GPRS 采用了新型的信道编码方式, 可以支持 CS-1、CS-2、CS-3、CS-4 四种方式, 如表 3-1 所示。对应的速率不同, 它们对无线环境也有不同的要求。无线环境宽松的情况下, 可采用 CS-1、CS-2 编码, 但是速率较低; 而 CS-3、CS-4 用于无线环境要求较高的情况下, 速率较高。理论上, 在无干扰的理想环境下, 采用无保护码元的 CS-4 编码方式。

表 3-1 GPRS 信道编码方式列表

编码方式	编码率	单时隙速率	8 时隙速率
CS-1	1 : 2	9. 05Kbps	72. 4Kbps
CS-2	2 : 3	13. 4Kbps	107. 2Kbps
CS-3	3 : 4	15. 6Kbps	124. 8Kbps
CS-4	1 : 1	21. 4Kbps	171. 2Kbps

(2) MAC 层

GPRS 的 MAC 协议称为主从动态速率接入(MSDRA)协议。它采用复帧结构, 每 1 个复帧由 51 帧或 52 帧组成, 这与 GSM 每 1 个复帧由 26 帧组成不同。利用复帧组成的物理信道结构如图 3-4 所示(51 帧结构)。图中水平方向为 1 个复帧中不同时隙的编号, 垂直方向为每个 TDMA 帧中的时隙编号(图中仅给出了 4 个时隙的情况, 其他时隙的情况类似)。在该结构中, 4 个时隙传输 1 个基本的无线数据块, 用作分组数据信道(PDCH)。每个无线数据块中的 4 个时隙是由相邻帧的时隙组成的, 而不是由同一帧中的时隙组成的。例如, 一个无线数据块由如下 4 个时隙组成: 第 n 帧中的第 k 时隙+第 $(n+1)$ 帧中的第 k 时隙+第 $(n+2)$ 帧中的第 k 时隙+第 $(n+3)$ 帧中的第 k 时隙, $k=0, 1, \cdots, 7; n=4, 8, \cdots, 48$ 。

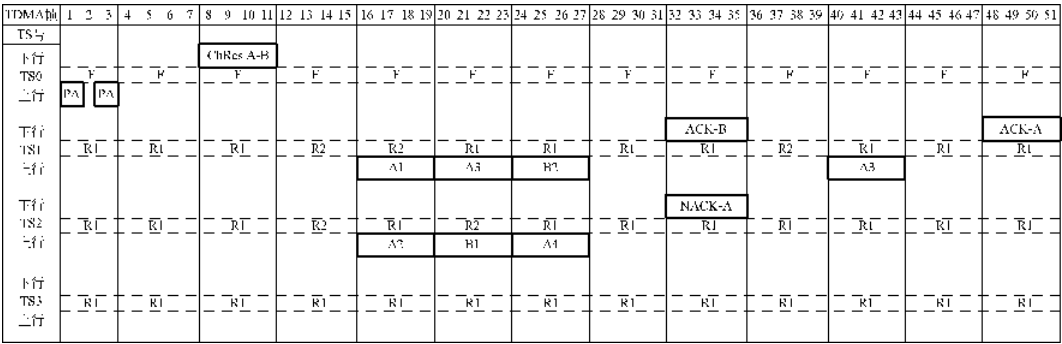


图 3-4 GPRS 的多时隙多帧结构(51 帧结构)

在 GPRS 中, 逻辑信道都可以映射到 PDCH 上。除 PTCCH(分组定时提前量控制信道)外, 其他信道都占用 4 个突发(时隙)。

采用 52 帧的 PDCH 结构如图 3-5 所示。PDCH 的复帧结构包括 52 个 TDMA 帧, 划分为 12 个数据块(每个数据块包含 4 帧)、2 个空闲帧和为 PTCCH 保留的 2 帧。

(3) 无线数据块的结构

无线数据块的结构如图 3-6 所示, 分为用户数据块和控制块。在 RLC 数据块中包括 RLC 头和 RLC 数据。MAC 头包括上行状态标志域(USF)、块类型指示域(T)和功率控制域(PC)。

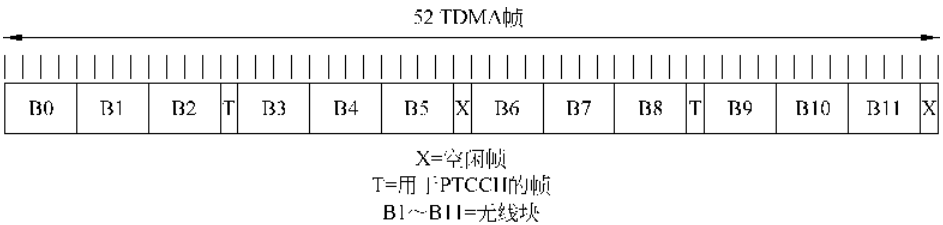


图 3-5 PDCH 的复帧结构

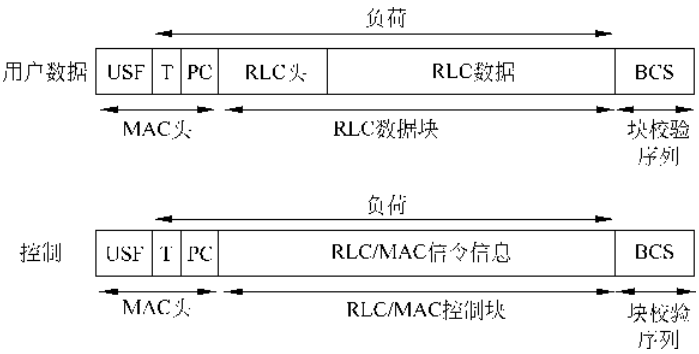


图 3-6 无线数据块的结构

(4) 数据流形成

在 GPRS 的空中接口中传输的完整数据流如图 3-7 所示。网络层的协议数据单元(N-PDU)在 SNDCP 层进行分段后传给 LLC；LLC 添加帧头和帧校验序列后形成 LLC 帧；LLC 帧在 RLC/MAC 再进行分段后,封装成 RLC 块；RLC 块经过卷积编码和打孔后形成 456bit 的无线数据块；无线数据块再分解为 4 个突发后,在 4 个时隙中传输。

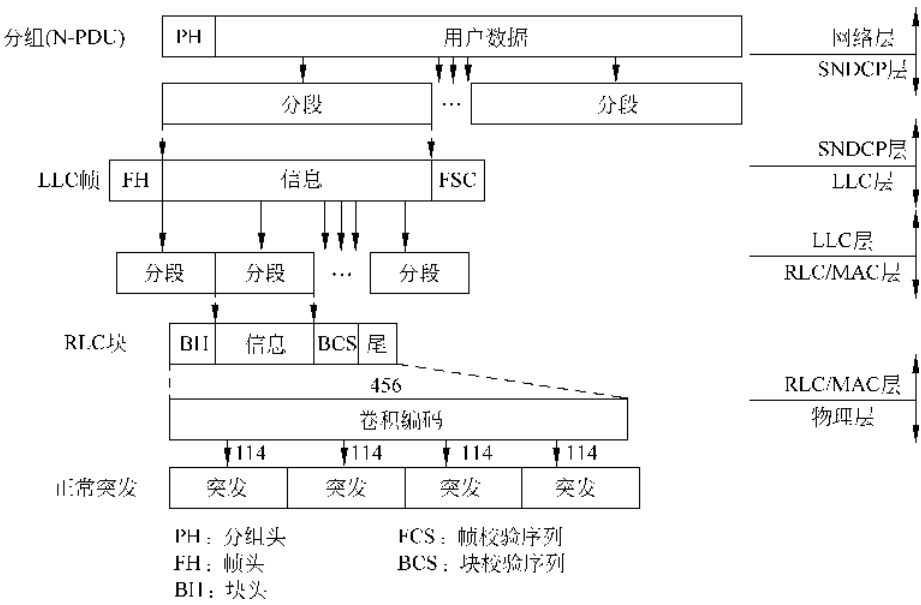


图 3-7 GPRS 的空中接口中的数据流

2. GPRS 空中接口的逻辑信道

与 GSM 相似, GPRS 中定义的分组逻辑信道分为分组业务信道和分组控制信道。将这些逻辑信道功能描述如下。

(1) 分组公用控制信道(PCCCH)

- 分组随机接入信道(PRACH)。用于 MS 在上行链路上发起分组信令或数据的传送。
- 分组寻呼信道(PPCH)。用于网络在下行链路分组传送之前寻呼 MS。
- 分组接入允许信道(PAGCH)。用于网络在下行链路分组传送之前分配资源。
- 分组通知信道(PNCH)。用于将点对多点的多播通知发送给 MS 组。

(2) 分组专用控制信道(PDCCH)

- 分组随路控制信道(PACCH)。这是一个双向信道, 在分组传送期间, 负责在 MS 和网络间传递信令和其他信息。
- 分组定时提前量控制信道(PTCCH)。用于给多个 MS 传送定时提前量控制信息。

(3) 分组广播控制信道(PBCCH)。是一个下行单向信道, 用于广播与分组数据相关的系统参数, 以便移动台接入 GPRS 网络, 进行分组传输。

(4) 分组数据业务信道(PDTCH)。用于在上行链路或下行链路上经空中接口传送实际的用户数据。

3.1.4 GPRS 的移动性管理和会话管理

1. GPRS 的移动性管理

(1) 概述

GPRS 移动性管理(GMM)的功能是实现对移动终端的位置管理, 将 MS 的当前位置报告给网络。其管理流程主要有附着(attach)、分离(detach)、位置管理等处理流程, 每个处理流程中通常会加入登记、鉴权、IMSI 校验、加密等接入控制与安全管理功能。

GPRS 移动台有 3 种移动性管理状态: Idle(空闲)、Standby(待命)、Ready(就绪)。某个时刻的 MS 总是处在其中某一状态下。由图 3-8 可以看出 MS 的 3 种 MM(移动性管理)状态之间相互转换的关系和条件。同传统的 GSM 业务相比, GPRS 移动台能保持永远在线(always on-line)状态, 当收到来自上层应用程序的数据时, 将立即启动分组传送过程。每个 GMM 状态都牵涉到一系列的功能和信息分配。移动性管理场景是描述 MS 和 SGSN 中存储信息集合的总称。

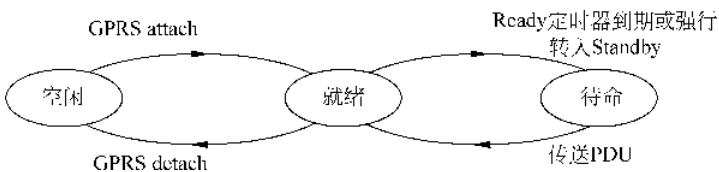


图 3-8 GPRS 移动台的 MM 状态模型

在空闲状态,MS 未附着 GPRS,MS 对网络来说不可达,但 MS 可接收 PTM-M(点对多点多播)信息;在待命状态,MS 和 SGSN 已为用户的 IMSI 建立了 GMM 场景,MS 能接收 PTM-M、PTM-G(点对多点群呼)数据以及 PTP(点对点)寻呼消息,但不能接收 PTP 类型的的数据;在就绪状态,MS 可发送接收分组数据单元。

(2) 移动性管理过程

① GPRS 附着过程

当 GPRS 用户开机时,GPRS 手机将监听无线信道,接收系统信息,然后在系统信息指出的控制信道上发送接入请求,系统将分配无线信道给 GPRS 手机,之后,GPRS 手机将在系统分配的无线信道上向 SGSN 发送注册连接请求,移动台注册成功后,要想访问外部数据网,还需发起 PDP(分组数据协议)场景激活过程。

② PDP 场景激活过程

当用户想接入 Internet 上的某个网站(如新浪)时,在 GPRS 终端上输入接入点名(APN)WWW.sina.com.cn,则可触发 PDP 场景激活过程,该过程如图 3-9 所示。

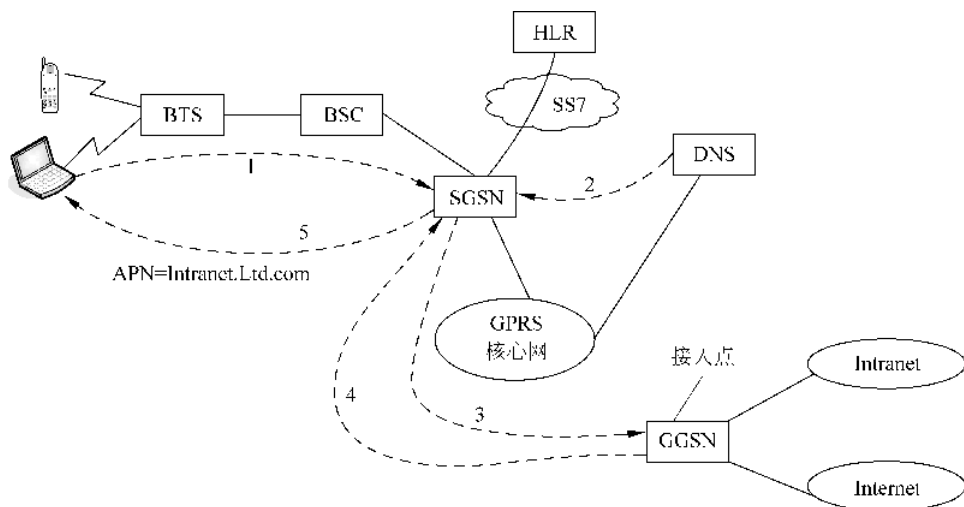


图 3-9 GPRS 终端上的 PDP 场景激活过程

第 1 步,移动终端向 SGSN 发送激活 PDP 场景请求消息,消息中带有如下信息:访问点名=WWW.sina.com.cn;PDP 地址为空,表示请求动态地址分配;服务质量和其他选项。

第 2 步,SGSN 请求 DNS 对 APN 进行解析,得到该 APN 对应的 GGSN 的 IP 地址。

第 3 步,SGSN 向 GGSN 发送建立 PDP 场景的请求消息,消息中带有如下信息:访问点名=WWW.sina.com.cn;PDP 地址为空,表示请求动态地址分配;服务质量和其他选项。

第 4 步,GGSN 对该用户进行认证,认证通过以后使用 RADIUS(远程用户拨号认证服务器)服务器、DHCP(动态主机配置协议)服务器或直接由 GGSN 为该用户分配动态 IP 地址。GGSN 向 SGSN 返回建立 PDP 场景响应消息。

第 5 步,SGSN 向移动终端发送激活 PDP 场景接收消息。

到此,移动终端和外部数据网之间的数据通路已建立起来,移动终端可以和该数据网开始通信。

③ GPRS 分离过程

分离过程允许移动台通知网络,它需要 GPRS 和 IMSI 分离;同时也允许网络通知移动台,网络已经分离 GPRS 或 IMSI。这就是说,分离过程可以由移动台发起,也可以由网络发起。共有 3 种类型的分离:IMSI 分离、GPRS 分离、GPRS/IMSI 联合分离(只能由移动台发起)。

当移动台不可到达定时器超时以后,或者不可恢复的无线错误引起逻辑链路被拆除,此时发生隐式分离,网络分离移动台而不用通知移动台。

(3) SGSN 和 MSC/VLR 间的交互

如果网络安装了可选的 Gs 接口,那么在 SGSN 和 MSC/VLR 之间就可以建立关联,以便在 SGSN 和 MSC/VLR 之间提供交互作用。当 VLR 存储 SGSN 号码,SGSN 存储 VLR 号码时,它们之间的关联就建立起来了。该关联用于协调既连接 GPRS 又连接 IMSI 的 MS。

这种关联支持以下活动:

- 通过 SGSN 的 IMSI 连接和分离,允许组合 GPRS/IMSI 连接,以及组合 GPRS/IMSI 分离,这样节省无线资源;
- 统一协调位置区和路由区(RA)更新,包括周期更新,节省无线资源,从移动台至 SGSN,发送一次组合路由区/位置区更新,SGSN 将位置区更新往前送给 VLR;
- 通过 SGSN 寻呼,建立 CS 连接;
- 非 GPRS 业务告警过程;
- 识别过程;
- 移动性管理信息过程。

2. GPRS 的会话管理

GPRS 的会话管理(SM),即是对 PDP 移动场景激活、解除和修改的过程。这些过程仅是对 NSS 和移动台而言,与 BSS 无直接关系。处于待命或就绪状态的移动台,能够在任意时刻启动 PDP 移动场景的激活过程,网络也可以请求与移动台之间激活一个 PDP 移动场景;移动台和网络还都可以发起 PDP 移动场景的解除过程;而只有网络可以发起修改过程。

移动台在会话管理过程中会经历如下 4 种状态。

- 非活动 PDP:不存在 PDP 移动场景。
- 等待活动的 PDP:移动台请求激活 PDP 移动场景时,进入此状态。
- 等待非活动的 PDP:移动台请求解除移动场景时,进入此状态。
- 活动 PDP:PDP 移动场景是活动的。

移动台侧会话管理过程及其状态转换如图 3-10 所示。

网络侧在会话管理过程中会经历如下 5 种状态。

- 非活动 PDP:PDP 移动场景处于非活动状态。
- 等待活动的 PDP:网络请求激活 PDP 移动场景时,进入此状态。

- 等待非活动的 PDP：网络请求解除 PDP 移动场景时，进入此状态。
- 活动 PDP：PDP 移动场景处于活动状态。
- 等待修改 PDP：网络请求修改 PDP 移动场景时，进入此状态。

网络侧会话管理过程及其状态转换如图 3-11 所示。

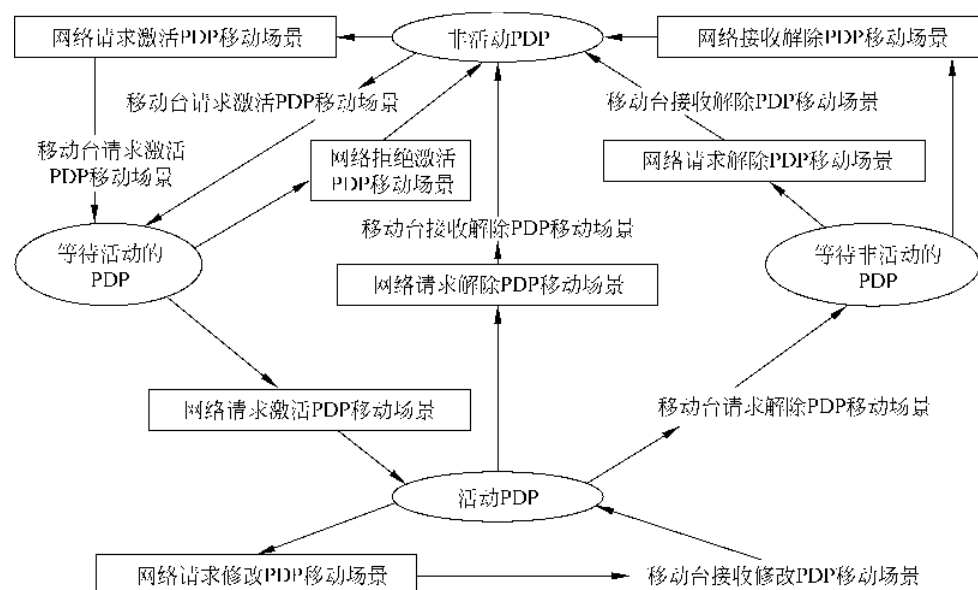


图 3-10 移动台侧会话管理状态

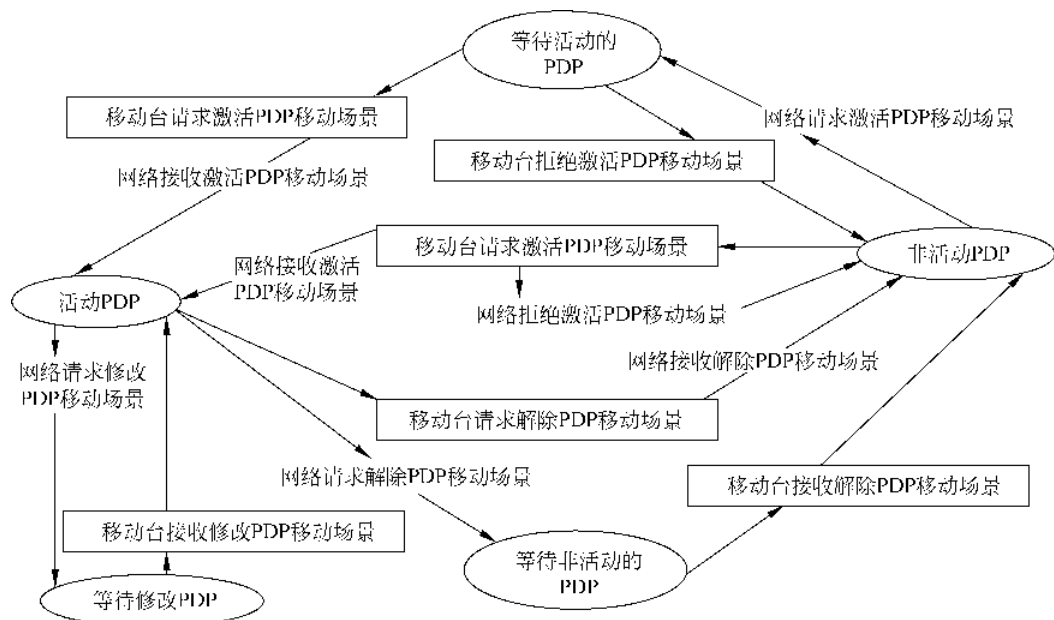


图 3-11 网络侧会话管理状态

3.2 EDGE 系统

3.2.1 概述

EDGE 是一种基于 GSM/GPRS 网络的数据增强型移动通信技术,通常又被人们称为 2.75 代技术。EDGE 分为两个阶段,第 1 阶段的 EDGE 可以增强 HSCSD(高速电路交换数据)和 GPRS 这两种系统的每时隙吞吐量,承诺的最高数据速率为 384Kbps。对应于 GPRS 的是 EGPRS(增强型 GPRS),提高分组交换数据速率;对应于 HSCSD 的是 ECSD(增强型电路交换数据),提高电路交换数据。第 2 阶段的 EDGE 提供与第 1 阶段不同的实时新业务,系统功能接近于 3G。

1997 年,Ericsson 首次向 ETSI 提出了 EDGE 的可行性研究方案,并得到认可,但最先应用 EDGE 的是美国和加拿大的运营商。现在,EDGE 已被 3GPP 认可为 2G 至 3G 的过渡方案,这种系统在全球得到了大量的部署,在实际应用中,它被当作 2G 和 3G 共存时期对 3G 一种补充服务。

3.2.2 EDGE 系统的关键技术

EDGE 的物理层的许多参数与 GSM 相同。载波间隔为 200kHz,时隙结构也与 GSM 相同,1 个突发包括 1 个 26bit 的位于突发中部的训练序列,位于头、尾部的各 3bit,以及在最后起保护作用的 8.25bit。

EDGE 的一个主要目标就是提供比 GPRS 更高的传输速率、更高的频谱利用率(其具体参数对照如表 3-2 所示)。为了实现这一目标,在 EDGE 中采用了 3 种关键技术,即 8PSK 调制方式、自适应调制编码技术和增量冗余技术。下面将详细介绍这 3 种关键技术。

表 3-2 EDGE 与 GPRS 技术参数比较

技术参数	GPRS	EDGE
调制方式	GMSK	GMSK/8PSK
符号速率	270ksym/s	270ksym/s
调制比特速率	270Kbps	810Kbps
无线数据速率/时隙	22.8Kbps	69.2Kbps
最大用户数据速率/时隙	20Kbps	59.2Kbps
最大用户数据速率(8 时隙)	160Kbps	473.6Kbps

1. 增强的调制技术

在 GSM/GPRS 网络中,使用的是 GMSK 调制方式。在 EDGE 中,为了提高数据传输速率,引入了 8PSK 调制方式。由 8 种不同相位表示 3bit 的信息量(000-111),传输速率提高到 GSM/GPRS 系统采用的 GMSK(高斯最小移频键控,为两相键控)的 3 倍,其符号速率保持在 270Kbps,每个时隙可以得到最大 59.2Kbps 的有效载荷速率。