

GPRS 和移动 IP 中移动管理研究

Research on Mobility Management in GPRS and Mobile IP

刘海鹏 张根度

(复旦大学信息科学与工程学院 上海200433)

Abstract Mobility management is a critical issue in wireless cellular networks. In this paper, the basic concepts of mobility management are firstly introduced. Then the architecture and detailed implementation of mobility management in GPRS network and mobile IP are presented. Furthermore the primary characteristics of GPRS and mobile IP are analyzed and discussed. In the end, some challenging open problems on mobile IP are given.

Keywords Mobility management, GPRS network, Mobile IP, Fast and seamless handoff

1 引言

因特网与移动通信结合而诞生的无线因特网,已成为当今全球信息产业的热点。它使人们能在移动中从因特网上获取丰富的多媒体信息资源,享受到各式各样的个性化服务,从而引发工作和生活模式的巨大变革。在无线因特网的构成中,无线蜂窝网络扮演着极为重要的角色。当前,无线蜂窝网络正处于快速发展演变阶段,如何提供灵活和低廉的因特网数据接入服务将是第三代乃至第四代移动通信系统面临的主要任务。

在无线蜂窝网络的体系结构中,移动管理起着关键作用。移动 IP 提供了一种简单、扩展性强的全球移动方案,但是缺乏对快速移动切换、实时位置跟踪、安全验证和分布式策略管理等功能的支持。另一方面,通用分组无线业务 GPRS (General Packet Radio Service) 提供了较好的无缝移动切换、寻呼、服务质量保证等,但是却建立在复杂和昂贵的面向电路交换的网络基础上,缺乏 IP 网络具有的灵活性、可扩展性和廉价性。因此,深入分析和研究 GPRS 网络中移动管理的实现和功能分布,同时借鉴移动 IP 的最新进展,不仅有益于理解无线蜂窝网络中移动管理的实质,而且有助于提出和创建新的移动管理体系结构。

2 无线移动管理

无线移动管理的功能是:无线蜂窝网络能随时确定移动终端的位置(本文根据习惯,移动终端在 GPRS 网络中称为移

动台,而在移动 IP 中称作移动节点),从而能正确转发数据包;在移动终端漫游到新的服务区域时,确保用户数据的连续性^[1,2]。移动管理包括位置管理(location management)和切换管理(handoff management)。

位置管理进一步分为位置注册和数据包转发两个阶段。在第一个阶段,移动终端及时将新的访问接入点通知网络,允许网络对用户进行认证和更新用户的位置信息,位置注册也称位置更新;第二个阶段是数据包转发,通过查询当前用户的位置信息,网络能将数据包正确发至移动终端。

切换管理由三个阶段构成:切换启动、新连接产生和数据流控制。首先,移动终端通过检测不同蜂窝无线信号的相对强度,或蜂窝接入网络根据自身的状态变化,确定并启动切换。接着,接入网络为新连接分配资源,建立连接和更新相应路由信息。最后,数据包通过新连接直接发至终端;已经发到旧连接的数据包通过某种方式转发到新连接,或者被丢弃。

移动切换根据实施层次的不同分为物理层切换、链路层切换和网络层切换。

3 通用分组无线业务

通用分组无线业务^[3~5]是在全球通信系统 GSM 网络上开通的一种新型分组数据传输业务。GPRS 由欧洲电讯标准研究院制定,属于二代半移动通信系统。通用分组无线业务的体系结构如图1所示,图中 GPRS 属于一个公共陆地移动网络 PLMN (Public Land Mobile Network);不同 GPRS 网络通过 PLMN 骨干网连接,数据包的转发工作由边界网关执行。

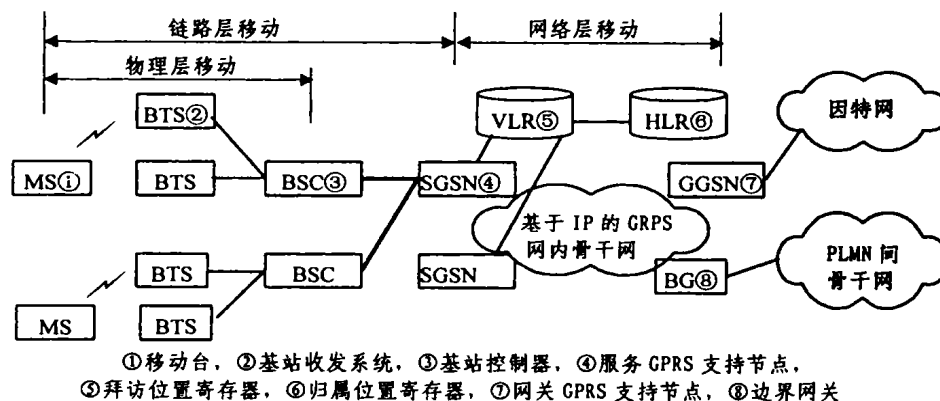


图1 GPRS 网络体系结构

刘海鹏 博士生,主要研究领域为计算机网络,无线移动网络。张根度 博士生导师,主要研究领域为计算机网络与分布式系统,宽带多媒体网络。

3.1 位置管理

移动台 MS 的位置管理信息分别存贮于归属位置寄存器 HLR(Home Location Register)、拜访位置寄存器 VLR(Visitor Location Register)、服务 GPRS 支持节点 SGSN(Serving GPRS Support Node)和网关 GPRS 支持节点 GGSN(Gateway GPRS Support Node)。SGSN 负责服务区域内所有移动台的分组路由,包括移动性管理、验证和加密。GGSN 是 GPRS 骨干网和外部数据网,如因特网的接口。GGSN 一方面将内部分组数据转化为合适的外部网数据格式,如 IP 或 X.25 并发送;另一方面,GGSN 接收外部数据网的数据,转化为内部数据包格式并路由到移动台所在的 SGSN。同时,GGSN 提供安全验证、计费功能以及 IP 地址的动态分配。

3.1.1 位置注册 移动台在使用 GPRS 服务前必须执行 GPRS 连接。连接时,如果用户合法,网络从归属位置寄存器取得用户个人信息并且存贮于 SGSN,同时赋予移动台允许使用数据业务的临时移动用户标识 P-TMSI(Packet Temporary Mobile Subscriber Identity)。执行连接后,移动台从空闲状态(idle)转变为活动状态(ready)。如果用户在一段时间内无数据收发工作,移动台则自动进入待命状态(standby)。

处于活动状态的移动台每进入一个新的蜂窝,必须向 SGSN 进行位置注册。而在待命状态,移动台只有进入新的路由区域 RA 才须注册,路由区域通常由若干蜂窝组成。当处于待命状态的移动台有数据到达网络时,SGSN 在转发数据前,通过寻呼发现用户的具体位置。

位置注册的具体执行由移动台向 SGSN 发送路由区域更新请求,该请求包括新蜂窝标识和新、旧 RA 标识等信息。如果新旧 RA 标识在同一个 SGSN 内,SGSN 只须赋予用户新的 P-TMSI 即可。如果新旧 RA 标识位于不同的 SGSN,位置更新比较复杂:首先旧的 SGSN 必须将 PDP(Packet Data Protocol)等信息传送到新的 SGSN,新的 SGSN 创建链路层连接到移动台;第二步,新的 SGSN 更新相关 GGSN 中的路由信息;第三步,归属位置寄存器和拜访位置寄存器中关于移动台的位置和路由信息由新的 SGSN 更新。

3.1.2 数据包转发 移动台执行 GPRS 连接后,为了与外部数据网进行数据交换,必须申请一个或若干个数据网的地址,如因特网则为 IP 地址,这一地址称为 PDP 地址。移动台成功申请地址后,相应的 PDP 上下文,如 PDP 类型、请求的服务质量级别、充当网关的 GGSN 地址等被创建,并被保存于移动台、SGSN 和 GGSN。

移动台数据通过基站收发系统 BTS 和基站控制器 BSC 发送到 SGSN,SGSN 检查 PDP 上下文和 GGSN 地址,通过通用隧道协议 GTP(General Tunnel Protocol)对数据包进行封装并发送相应 GGSN,GGSN 解封装,转发到外部数据网。当外部数据到达 GGSN 后,GGSN 通过检索存贮的 PDP 上下文找到服务移动台的 SGSN 地址,封装数据包并路由到适当的 SGSN,SGSN 解封装,然后路由到基站控制器,再由基站收发系统发送到移动台。

3.2 切换管理

移动台测量从广播控制信道 BCCH 或数据广播控制信道 PBCCH 接收的信号强度,并同周围蜂窝接收到的广播信号强度进行比较,然后决定是否切换。另外,移动台也可以将接收到的广播信号数据发送到基站控制器,由基站系统发起切换。

GPRS 网络中移动台的切换可以发生在物理、链路和网

络三个层次。当移动台在同一基站控制器下不同蜂窝间移动时,切换发生在物理层,由 BSC 执行。当 MS 在同一 SGSN 下不同蜂窝间移动时,切换在链路层且由 SGSN 执行;由于 SGSN 已经存贮了 MS 连接的 PDP 等信息,SGSN 只需重新赋予 MS 一个新的 P-TMSI 即可。当移动台在不同 SGSN 下的蜂窝间移动时,切换属于网络层,具体切换过程见 3.1.1 节的位置注册。如果网络层切换时用户正在接收数据,则切换后,新的 SGSN 请求旧的 SGSN 转发未发送到移动台的数据。

4 移动 IP

移动 IP 提供了一种网络层的移动解决方案^[6]。移动 IP 定义了三种功能实体:移动节点 MN(Mobile Node)、归属代理 HA(Home Agent)和外部代理 FA(Foreign Agent)。在支持移动 IP 的网络中,MN 移动时无须改变其归属地址(home address),即可通过不同的访问接入点连接因特网。图 2 给出了移动 IP 的体系结构。

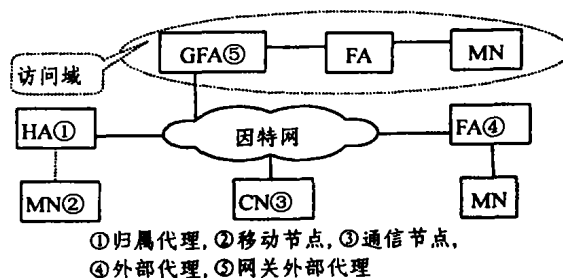


图2 移动 IP 的体系结构

4.1 位置管理

移动 IP 通过移动绑定来进行位置管理。移动节点通过代理广播消息中的有效期或网络前缀来判断移动。当检测出移动后,移动节点进行位置注册。首先,移动节点直接或通过外部代理向归属代理发送注册请求信息;接着,归属代理创建或修改移动节点的绑定信息,确定新的有效期;最后,移动节点直接或通过外部代理接收注册响应信息,并取得临时转交地址等相关参数(本文转交地址为外部代理直接与移动节点相连接口的 IP 地址)。

如果移动节点所在访问域规模较大,移动节点可以使用局部注册^[7](Regional Registration)来减少到归属代理的位置更新信令数量和减少信令延迟。如图 2 所示,当移动节点第一次进入访问域时,通过外部代理和网关外部代理 GFA(Gateway Foreign Agent)向归属代理进行注册,归属代理将 GFA 地址和移动节点的归属地址进行绑定。当移动节点在访问域内移动时,通过局部注册请求和局部注册响应信令,将当前服务的 FA 转交地址向 GFA 进行注册。

通信节点 CN(Correspondent Node)在发送数据到移动节点时,并不查询归属代理的地址绑定信息,而是通过正常的路由直接将数据包发至移动节点所在的归属网络(home network)。数据包被归属代理截获,根据移动节点的注册信息,归属代理将数据包通过隧道封装发至外部代理。外部代理执行解封装并直接将数据包发到移动节点。当外部代理为 GFA 时,网关外部代理根据注册的局部绑定信息,将数据包再转发到服务移动节点的外部代理(本文分析时假定外部代理的层次为二层)。

4.2 切换管理

移动 IP 支持网络层的切换管理。移动节点通过两种算法来检测外部代理的改变:一种是代理广播中的有效期,另一种是代理广播中的网络前缀。如果有效期失效或网络前缀发生改变,移动节点则发起切换。移动节点通过 4.1 节中的位置注册来建立自身到归属代理的新连接。

当移动节点改变网络接入访问点时,平滑的切换对保证服务质量至关重要。但是,当前移动 IP 并不支持平滑切换。移动节点进入新的外部代理并进行位置更新时,如果此时有数据发向旧的外部代理,则数据包会被丢弃。如果切换发生在单一访问域内不同的外部代理之间,由于路由信息更新快,因此减少了数据包丢失的可能性。

5 分析和比较

GPRS 标准的定义起于 1994 年,到 1997 年底基本完成,目前处于大规模部署和局部运营阶段。从技术角度讲,GPRS 已经成熟。移动 IP 的研究工作尽管和 GPRS 在大致同一时间开始,但是至今还处于研究和发展阶段,尤其是局部移动 IP,或

称微移动 IP 尚处于起步阶段^[6]。GPRS 提供了一整套完善的移动管理方案,而移动 IP 仅提供基本的移动管理机制。在具体实现移动功能时,二者既有较多相似性,也有不同之处。例如 GPRS 通过应用层封装协议 GTP 支持数据在 SGSN 和 GGSN 之间的路由功能;移动 IP 则在网络层提供 IP 的 IP 封装,用于归属代理向外部代理转发数据包。表 1 给出了 GPRS 和移动 IP 移动管理特性的比较。

由于 GPRS 基于复杂的电路交换网络,因此在提供数据业务时其灵活性、可扩展性和廉价性均不如移动 IP。但是,移动 IP 可以从 GPRS 网络中借鉴很多可行和成熟的技术,如移动节点状态的区分、支持 IP 寻呼(IP paging)等。在提供完善的移动管理方面,移动 IP 仍有许多开放性的问题需要探讨和研究,例如快速无缝切换与微移动管理^[7]、移动 IP 中的安全认证问题^[9]等。当前,第三代移动通信系统已决定将其核心网络从基于 7 号信令系统的电路交换环境向基于 IP 的分组交换网络发展演化^[10],因此,移动 IP 的发展和完善将促进下一代移动通讯系统的部署和应用。

表 1 GPRS 和 Mobile IP 中移动管理的比较

比较科目	通用分组无线业务	移动 IP
基础网络	复杂,基于 SS7 的电路交换网络	简单,基于 IP 的分组交换网络
移动支持实体	BSC、SGSN 和 GGSN	FA、GFA 和 HA
路由信息保存	HLR、VLR、SGSN 和 GGSN	FA、GFA 和 HA
切换支持层次	物理、链路和网络层	网络层
切换启动者	移动台或接入网络	移动节点
移动终端标识	IMSI(International Mobile Subscriber Identity)	归属 IP 地址
IP 临时地址分配	GGSN,通过 DHCP	FA 或 GFA,通过 DHCP 或从代理广播消息中得到
终端状态分类	空闲、活动和待命	无
广播信令	链路层,逻辑信道 BCCH 或 PBCCH	网络层,代理广播
寻呼功能	支持	无
隧道封装协议	GTP,运行在应用层	IP 的 IP 封装、最少 IP 封装和 GRE,运行在网络层

结论 移动管理是无线蜂窝网络的灵魂。本文对 GPRS 网络和移动 IP 中移动管理的实现与运行机制进行了较为详细的介绍和分析。同时,研究比较了 GPRS 和移动 IP 中移动管理的主要特点,分析了二者的相似性和不同点。在此基础上,给出了目前国际上移动 IP 研究中的一些热点问题。

参考文献

- 1 Akyildiz I F, McNair J, et al. Mobility Management in Current and Future Communication Networks. IEEE Network Magazine, 1998, 12(8): 39 ~ 49
- 2 Akyildiz I F, McNair J, et al. Mobility Management in Next Generation Wireless Systems. Proceedings of the IEEE, 1999, 87(8): 1347 ~ 1384
- 3 Brasche G, Walke B. Concepts, Services, and Protocols of the New GSM Phase 2+: General Packet Radio Service. IEEE Communications Magazine, 1997, 35(8): 94 ~ 104
- 4 Cai J, Goodman D J. General Packet Radio Service in GSM. IEEE

Communications Magazine, 1997, 35(10): 122 ~ 131

- 5 Bettstetter C, Vogel H J, et al. GSM Phase 2+ General Packet Radio Service GPRS: Architecture, Protocol, and Air Interface. IEEE Communications Surveys, 1999, 2(3): 2 ~ 14
- 6 Perkins C. IP Mobility Support, Revised. IETF Internet draft (draft-ietf-mobileip-rfc2002-bis-04.txt), work in progress, Feb. 2001
- 7 Gustafsson E, Jonsson A, et al. Mobile IP Regional Registration. IETF Internet draft (draft-ietf-mobileip-reg-tunnel-04.txt), work in progress, March 2001
- 8 IETF Working Group on Context and Micro-mobility Routing (seamoby). <http://www.ietf.org/html.charters/seamoby-charter.html>
- 9 Perkins C E. Mobile IP Joins Forces with AAA. IEEE Personal Communications, 2000, 7(4): 59 ~ 61
- 10 Patel G, Dennett S. The 3GPP and 3GPP2 Movements Toward an All-IP Mobile Network. IEEE Personal Communications, 2000, 7(4): 62 ~ 64