

# 新3G系统——移动无线互联网

侯自强

(中国科学院声学研究所, 北京 100080)

**[摘要]** 提出一种新3G宽带移动互联网系统。该系统是在3G框架之内, 使用3G的工作频率, 采用现有的技术使之具有IMT-2000以后系统特征的宽带无线移动互联网系统。竞争的运营商可以利用其已经有的固定宽带互联网资源建设发展宽带无线移动互联网, 并且可以以极低的成本在该系统上提供新话音和多媒体业务。

**[关键词]** 第3代移动电话; 移动互联网; 宽带移动无线互联网; 无线局; TD-LAS; 移动IP; IPv6; IP核心网

**[中图分类号]** TN929.5 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2002)07-0086-07

## 1 概述

随着IP网成为基础网以及三网融合的发展, 互联网在向宽带发展的同时开始向无线移动方向发展。目前发展移动无线互联网主要是从蜂窝移动电话向移动数据业务演化, 从第二代(2G)的GSM(CDMA)移动通信经过2.5G的GPRS(CDMA 1X)向第三代(3G)的WCDMA(CDMA2000)演化。但是现在的3G系统并不能完全满足移动无线互联网的要求, 再加上其自身存在的一些问题, 商业化进程一再推迟。一些运营商和设备制造商强调上述逐步演化过程, 从而保护了他们的利益。这可能会延缓移动无线互联网的发展, 对用户不利。现在又出现了另外一种可能, 从固定互联网向移动无线互联网演化。从发展看, 移动无线互联网和固定互联网将拥有统一的IP核心网(广域网、城域网)、接入服务器、管理和计费系统, 采用不同空中接口以满足不同要求。由于接入网的IP化, 采用不同空中接口的无线接入网可以无缝连接到统一的IP核心网。

## 2 移动无线互联网的市场需求

无线移动互联网的终端可以分为两大类: 一类是移动电话手机类, 装有小屏幕。另一类是PDA

和笔记本电脑。这两类终端的使用目的, 方法和对接入速率的要求不同, 属于不同的市场段。可以考虑用不同的方法来实现。

移动电话手机用户而言, 只“听”不“看”是它的一个优点, 为通话者保留一定隐私又能够沟通交流。多数用户对“看”的需求并不强烈, 在行走、乘车、公共场合活动的用户以话音业务为主。3G最初的目标以提供一般多媒体业务为主, 未能被市场接受形成新的消费热点。移动电话手机上网用户的主要要求是: 任何时间、任何地点移动上网, 一直在线, 可靠连接和按使用量计费。对速率要求并不高。由于屏幕很小且以文字静止图象为主, 要求的数据率并不高。

PDA和笔记本电脑作为无线移动终端, 在使用时一般是静止的。使用环境主要是机场、火车站、会议中心、宾馆和写字楼等公共场所等。这种移动业务被称为慢移动业务, 慢移动业务有宽带接入的需求, 要求接入速率达10 Mb/s甚至更高。

这种使用要求可以用“葡萄干面包”模型来表示, 在广大的“面包”区用无线广域网大蜂窝(macro cell)移动通信实现大面积覆盖, 要求速率不高, 允许用户在高速运动时使用。在“葡萄干”的一些热点地区, 用户用PDA和笔记本电脑上网, 要求宽带高速接入, 用户在使用时基本处于静

止状态。可以采用中、小蜂窝 (micro cell、pico cell) 无线局域网 WLAN 来覆盖。

采用多种无线空中接口将同时存在多种不同的无线电基站系统, 必须解决用户在穿过不同系统时的漫游问题。

### 3 3G 蜂窝移动系统的局限性及其演化

3G 移动通信最初是被设计用于移动高速数据通信, 以提供移动多媒体业务, 如可视电话和下载视频节目等。3G 是按照移动 B-ISDN 的体系结构设计的, 采用 ATM 交换机。10 年前 3G 设想的移动多媒体并不是今天市场所需要的, 而目前市场所需要的是对宽带无线移动互联网的需求, 对此 3G 并不能很好地满足。W-CDMA 的 3GPP R99 中核心网采用 ATM。为了适应做无线移动互联网的需求, W-CDMA 必须改造成为全 IP 网。电信运营商为保护其已有的投资, 强调这应该是一个逐步演化的过程。3GPP R00 (R4) 的核心网将是全 IP 网。但是其话音部分仍然采用电路交换, 在核心网中仍保持 ATM 交换机。3GPP R5 将采用 IP 核心网、支持采用 SIP 协议的 IP 电话, 但是其无线接入网 RAN 仍然不是全 IP 的, 到 R6 才能过渡到全 IP。CDMA2000 的 3GPP2 也有同样的演化过程。这个过渡过程可能需要 5 年以上的时间。

目前 3G 系统的全 IP 方案距离移动无线互联网还有较大的差距。仍然保留 2G 移动电话较多的特征, 需要自己专门的核心网, 不能满足发展移动无线互联网实现统一 IP 核心网的战略要求, 并将产生以下问题:

- 1) 独立的 IP 核心网导致基础设施的成本上升。由于没有和已经有的固网 IP 基础设施和它的成本曲线相结合, 以及缺乏快速产生/推广创新服务的支持 (快速到市场), 将导致基础设施成本上升。此外它与因特网和相关服务只有有限结合, 这些都将造成延迟采用移动无线因特网。

- 2) 标准问题将推迟移动无线互联网的采用。目前的 3G 还没有单一、统一的全 IP 接入网为各个标准组织所接受, 因此还不能够适合各种接入技术, 使其无缝连接到 IP 核心网。

- 3) 目前建议的 3G 体系结构不能允许服务是全球无缝的, 也不能提供足够丰富的服务来满足各种终端用户的需要。此外它也不能使运营商/服务商快速独立地产生/推广各种服务。

- 4) 3G 不能满足热点地区宽带无线移动互联网的需求。3G 被设计成可以在移动状态下提供高达 384 kb/s 的通信速率, 而对于移动无线互联网应用而言并没有这种移动状态下高数据速率的要求。实际上在使用高速接入时, 一般情况下用户是静止的。为此, 在原有的空中无线接口之外, GSM、3GPP (WCDMA) 和 3GPP2 (CDMA2000) 分别发展了 EDGE、HSDPA 和 1EVxDO (HDR) 数据专用空中无线接口。可以满足用户需求, 又可提高效率降低成本。

3G 用于热点地区的问题是传输容量问题, 3G 系统的带宽只有几兆赫, 总的容量有限。而 3G 的蜂窝尺度较大, 半径在 1 km 以上。当蜂窝内有成百用户同时使用宽带业务时, 会产生拥塞。

实际上, 目前越来越多的人认为今后 3G 移动通信系统的主要业务仍然是话音电话, 提高频谱利用效率解决在人口密集区出现的由于频谱资源不足导致的拥塞问题。一种方案是采用 2G/3G 双模手机在人口密集区用 3G 系统而在广大覆盖区仍然使用 2G 系统以降低成本。全 IP 的 3G 系统将支持基于 SIP 的 IP 电话, 它将拥有比传统电话更丰富的功能。但是由于 3G 的推迟布设和漫长的演化过程, 2G 移动电话系统将占有话音电话的主要市场, 留给 3G 的发展空间将非常有限。

### 4 ITU 的 IMT-2000 以后系统

目前 ITU 开始研究 3G 以后的系统, 为了避免冲击 3G 不采用 4G 的名称而代之以“IMT-2000 以后系统”的名称。此外 ITU 还在开展下一代网络 NGN 的研究。NGN 将是现有固定电话网、移动电话网和因特网在 IP 基础上的融合。按照这一发展趋势 IMT-2000 以后系统将有以下特征:

- 1) 和固网使用统一的 IP 核心网。

- 2) 为了适应不同用户对接入速率和移动速度的要求, 将采用优化的多种使用不同技术的空中无线接口, 速率可以达到 100 Mb/s 以上。

- 3) 接入网的全 IP 化可以将不同的空中无线接口无缝连接到 IP 核心网。

- 4) 移动电话和固定电话都是 IP 电话, 使用统一的软交换和管理计费系统。

- 5) 使用移动 IP 解决越区切换和漫游问题。

- 6) 采用 IPv6。IMT-2000 以后系统将使用新的工作频率, 由于受使用新的频率的限制, IMT-

2000以后系统要到10年后才能够使用。但这一新系统的性能要求和体制结构已经明确。实际上3GPP最近讨论未来演化,也认为应该向这个方向演化。问题是移动通信运营商和设备制造商为了维护他们在2G和3G方面已经有的投资,强调这是一个逐步演化的过程,这实际上推迟了宽带移动互联网的发展,对用户是不利的。

竞争的运营商可以抓住这个历史机会快速切入占有这一市场。在3G的框架内使用3G的频率,按照前述已经明确的系统的要求和体系结构,采用现有技术来发展宽带无线移动互联网。作者介绍的这种宽带无线移动互联网BWMI可以称为新3G系统,新3G系统完全有可能平行3G系统提供宽带无线移动互联网和新的话音业务。

## 5 目前在发展宽带无线移动互联网方面的努力

### 5.1 无线广域网大蜂窝移动无线互联接入网

大蜂窝系统目前可以有两种选择:一是前述2G、3G系统中发展出来的数据专用空中接口。如CDMA1x系统中发展出来的CDMA1xEv-DO(HDR)。在CDMAONE的基站处,另建用做无线数据专用的接入点AP。HDR和CDMAONE共用基站站址,但是拥有自己的接入点AP(基站和控制器),通过路由器连接互联网,而不经CDMAONE的交换和传输系统。这种系统可以根据无线信道的质量自动调节数据速率。

另外一种方法是在3G标准之外发展专门的大蜂窝IP数据网系统。在我国有连宇公司的TD-LAS系统和武汉汉网公司的“宽带无线IP通信系统(PDMA)。再如Arraycom公司的I-Burst空中接口,它使用TDMA-TDD体制,采用智能天线提高频谱利用效率。

### 5.2 小蜂窝移动无线互联接入网

对于用于热点用户密集区的小蜂窝系统,最佳选择是无线局域网WLAN。目前成熟的产品是支持IEEE 802.11b标准的WLAN。速率11 Mb/s(可扩展到22 Mb/s),单接入点工作区半径30~100 m。2002年将推出支持IEEE 802.11a的WLAN(欧洲的HyperLan2),速率可以达到54 Mb/s。WLAN是设计用于单位内部的,要用于公共接入需要解决:安全、认证、流量控制、计费和漫游等一系列问题。解决的方法基本上可以分为两类:一

是利用现有移动电话的认证,漫游和计费系统,二是采用移动IP技术建立专门系统。

前者如Nokia的运营商无线局域网OWLAN采用GSM系统的认证、漫游和计费系统。

Mobil IP最初是为了解决异地接入时的IP地址漫游问题。随着无线移动互联网的发展,移动IP技术正在发展用于解决越区切换等移动性管理问题。为此IETF提出了多种RFC和建议,也已经开始有产品,如可以在GPRS和WLAN之间漫游的系统和在会话层实现漫游的系统。

## 6 新3G宽带无线移动互联网系统

以上发展高速无线数据专用无线接口的能力是分散进行的局部改进,没有形成系统。作者建议的新3G系统则是立足于3G框架之内,使用3G的工作频率,采用现有的技术实现具有IMT-2000以后系统特征的宽带无线移动互联网系统。竞争的运营商可以利用其已经有的固定宽带互联网资源建设发展宽带无线移动互联网,并且可以以低成本提供新话音和多媒体业务。我国发展新3G系统将引领世界宽带移动无线互联网发展潮流。新3G系统由以下几部分组成:**a.**多种空中无线接口基站包括①大蜂窝系统:TD-LAS或PDMA;②小蜂窝系统:WLAN。**b.**全IP无线接入网。**c.**统一的宽带IP核心网。**d.**与固定IP电话合一的软交换机和网关系统。**e.**漫游和移动管理系统。**f.**IP v6。

### 6.1 多种空中无线接口基站

#### 6.1.1 TD-LAS大蜂窝无线接入系统

目前的2G的CDMAONE和3G的WCDMA及CDMA2000等各种CDMA系统都涉及Qualcomm的专利。由于使用的码分多址码的相关函数存在旁瓣,导致存在信号的ISI(码间干扰)、MAI(多址干扰)和ACI(相邻蜂窝区干扰),因而可能出现强目标压制弱目标的现象,Qualcomm提出了一系列功率控制等专利,以解决这一问题。

我国李道本教授提出一种LAS-CDMA智能码,其相关函数旁瓣为零,可以大大改善CDMA系统的性能。LINKAIR公司在此基础上发展了一种新型的CDMA系统称为LAS-CDMA。在LAS-CDMA系统中,所有信号的ISI(码间干扰)和MAI(多址干扰)都可在“无干扰”时间窗口内降为零,ACI(相邻蜂窝区干扰)也可降低到边际水平。因此,LAS-CDMA不仅提高了系统性能和容

量，而且也不会和其它 CDMA 系统上增加任何复杂性。由于它解决了大面积同步问题，称为 LAS，可以适用于大面积蜂窝。目前 LAS-CDMA 已经被 3GPP 组织接受做为 FDD 的 CDMA2000 系列进一步发展提高数据率的一种方案。

目前移动互联网用户多数应用是上下行非对称的，采用频分双工 FDD 将造成资源浪费。如图 1 所示。



图 1 TDD 匹配不对称应用

Fig.1 TDD is matched for asymmetric application

但是传统的 TDD 系统不能适应大面积蜂窝应用，将 LAS-CDMA 用于 TDD 系统构成 TD-LAS 系统，可以解决适宜大面积应用的问题。这实际上是一种码分多址 CDD 系统。TD-LAS 模式具有以下特点：

a. 高频谱效率。LAS-CDMA 的专利扩频技术可将所有信号的 ISI 和 MAI 在“无干扰”时间窗口内降为零并将 ACI 降低到边际水平。因此，LAS-CDMA 能取得高频谱效率。表 1 给出各种方法的频谱应用效率的比较。

表 1 TD-LAS 与其他方法的频谱使用效率比较

Table 1 Comparison of efficiency of spectrum utility between TD-LAS and the others

方法	使用效率/ $\text{bps}\cdot\text{Hz}^{-1}$
·IS-54 (TDMA)	0.11
·GSM	0.13
·W-CDMA	0.34
·CDMA2000	0.52
·HDR	0.74
·VOFDM	1.00
·64QAM	1.00
·TD-LAS	2.56

由表中可以看出 TD-LAS 的频谱使用效率是 GSM 的 20 倍，WCDMA 的 7 倍，CDMA2000 的 5 倍。

b. 高速移动性在传统的 CDMA TDD 系统中，功率控制速率受帧长度限定。因此，系统不能取得快速的闭环功率控制。因为，补偿高速信道衰落需要这一控制，并以此提供速度较高的移动性。所以，传统的 CDMA TDD 系统不能支持高速移动。但是，在 TD-LAS 系统中，所有信号均将通过双同步而被保持在一个“无干扰”的时间窗口内。所以 LAS-CDMA 系统不需要高速功率控制，它只采用低速功率控制节省移动站的电力。

c. 不对称业务。TD-LAS 系统采用 FDMA/TDMA/CDMA 组合多址联结方案。在这一方案中，发射/接收基于的单元为“子帧（或时隙）一码一频率”。待数据单元模块化后，该方案可经过修改用来支持可变数据速率，特别是分组数据。由于上行链路和下行链路的交换点可在一个单元内灵活地分配，而且所有子帧（时隙）亦可灵活地分配到上行链路或下行链路，所以在支持 IP 不对称业务方面这是一个理想的方案。

d. 兼容性 TD-LAS 扩频技术与所有其他 TDD 系统兼容，其中包括 UTRA TDD、TD-SCDMA 等。LAS-CDMA 只需在物理层上做很小的修改便可结合到现用的 TDD 系统，用以取得较高的系统性能和容量。

由于 TD-LAS 具有上述优点，在新 3G 系统中选择 TD-LAS 为大面积蜂窝基站的首选方案。

当然由于采用全 IP 无线接入网，可以实现各种空中无线接口的无缝连接，如果需要也可以采用前面介绍的其他方案。如汉网公司的 PDMA 系统，可以实现上行链路分组数据的统计复用，是真正的 IP 系统，很有发展前途。

### 6.1.2 WLAN 小蜂窝系统

应用于热点地区的小蜂窝系统的首选方案是无线局域网 802.11 WLAN，也在考虑用 TD-LAS 无线电实现 802.11 WLAN。采用分层的 Mobile IP，用户在任何地方通过 WLAN 接入时可以使用和他家中一样的 IP 地址，这种方法有助于实现 1 人 1 个统一的 IP 地址的理想。这种系统与固网使用同一套认证、授权、漫游、计费系统和 VoIP 系统。

### 6.2 全 IP 无线接入网

无线接入网的作用是连接多个基站和基站控制器、无线资源管理器，解决用户终端在各基站子网之间移动时的越区切换问题。其输出连接核心网，目前 2G 和 3G 移动电话的无线接入网是移动运营

商租用专线建立 ATM 专网来构成的。这种无线接入网不仅成本高，而且不同的空中无线接口、不同的无线接入网要和统一的 IP 核心网实现无缝连接是非常困难的。

目前 3G 的两个标准化组织 3GPP 和 3GPP2 都开始着手无线接入网向全 IP 化演化的工作。在无线接入网中采用 IP 的主要理由是可以降低成本，提高布设的灵活性和可扩展性。它使用现有的和演化的因特网协议以支持和传统网络的兼容性以及和

未来下一代网络的互操作性。新 3G 系统各个基站直接连接统一的 IP 核心网、边缘网，不再建立专门的无线接入网。有两种方案，第一种方法在统一的 IP 网上通过隧道建立虚拟专网，仍然采用现在的 3G 系统的第二层的越区切换技术和设备。这种方法可以利用现有第二种方法采用分层移动 IP 技术统一解决越区切换和 IP 漫游问题，即可以解决同一种无线系统基站子网之间水平漫游也可以解决不同无线系统之间的垂直漫游问题。

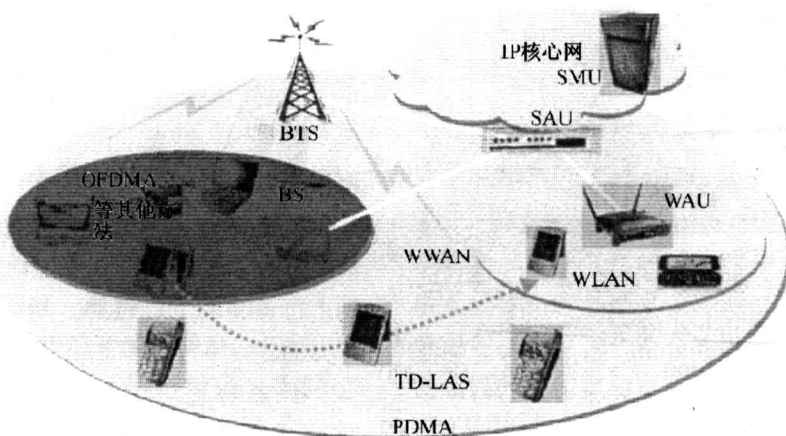


图 2 多种无线基站直接连接到 IP 核心网

Fig.2 Multiple radio base station direct connected to IP core networks

### 6.3 统一的 IP 核心网

在新 3G 系统中将不再有自己专门的核心网，而是和固定互联网共用统一的光 IP 核心网和到小区大楼的边缘接入网。这样可以大大降低建设和运营成本。如图 3 所示。在社区汇接点设置 TD-LAS 基站，在楼头或楼内光结点设 WLAN 基站。

新 3G 系统采用和固定宽带 IP 网统一的认证、授权、计费系统 (AAA) 以及 IP 电话的软交换和网关设备。

### 6.4 与固定 IP 电话合一的软交换机和网关系统

新 3G 系统不再设置专门的电路交换电话系统，而代之以提供基于 SIP 的功能更强的移动 IP 电话。移动 IP 电话和固定 IP 电话使用共同的 IP 核心网，共同的控制管理和计费系统、共同的软交换机和网关系统。如图 4 所示。这样可以大幅度降低建设和运营成本。

### 6.5 移动 IP 和越区切换

新 3G 系统依靠移动 IP (mobile IP) 协议来实现漫游和越区切换，每个用户 1 个 IP 地址，用户在任何地方都可以报到、注册登记上网。由于新

3G 系统采用多种空中无线接口，用户从 1 种基站转到另外 1 种基站或慢速穿越相邻蜂窝边界时，用 Mobile IP 协议可以保持连接，会晤和通话的连续性。这种要求可以被称为无缝漫游。对于 3G 系统大蜂窝系统，用户高速度运动时，还需要移动性管理实现越区切换。目前正在发展用 Mobile IP 解决越区切换问题。移动 IP 的结构和工作原理如图 5 所示。

移动 IP 在 IP 层管理宏移动性。它允许当从一个 IP 子网运动到另外一个子网时保持通信不中断以及在整个 IP 网络中在移动时使用同一个 IP 地址。移动 IP 结构的 3 个主要组成部分：

- 1) 在终端中的移动功能完成对驻地代理 HA 或外地代理 FA 的运动检测和注册功能。
- 2) 在连接移动用户和驻地子网的路由器中的 HA 功能负责修改移动用户位置信息数据库并将数据发送到当前位置。
- 3) 连接移动用户和访问子网的路由器中的 FA 功能注册访问的移动用户并提供服务，如为访问的移动用户数据选路。

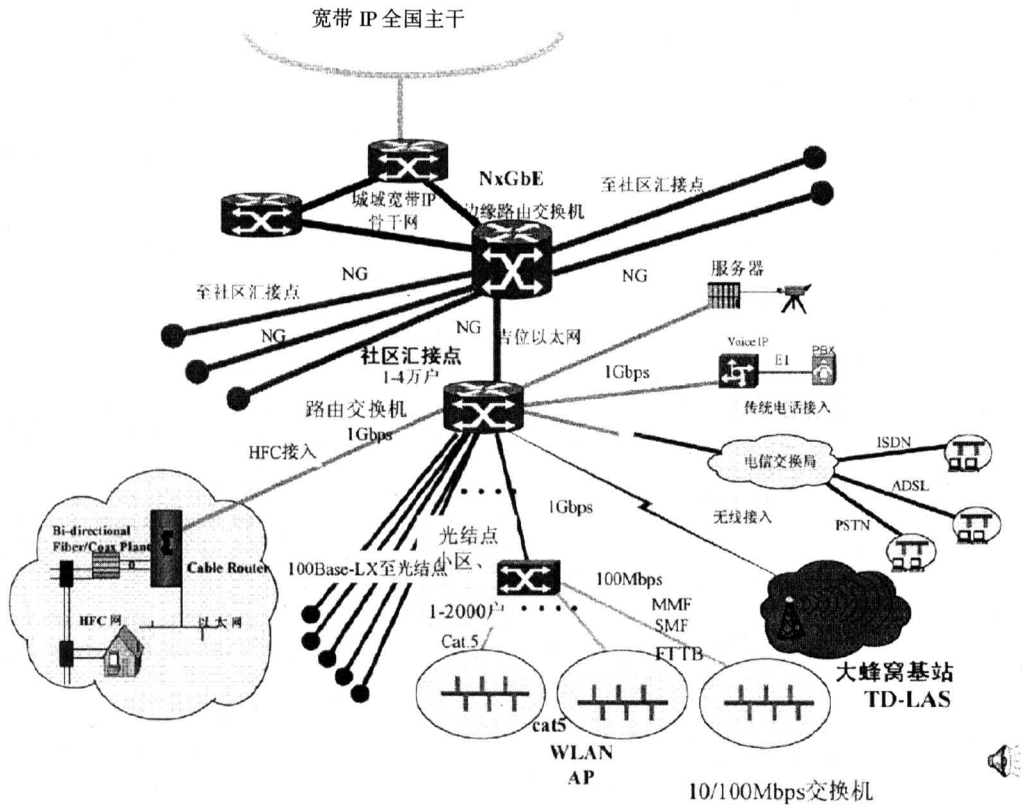


图 3 统一的 IP 核心网

Fig.3 Unified IP core network

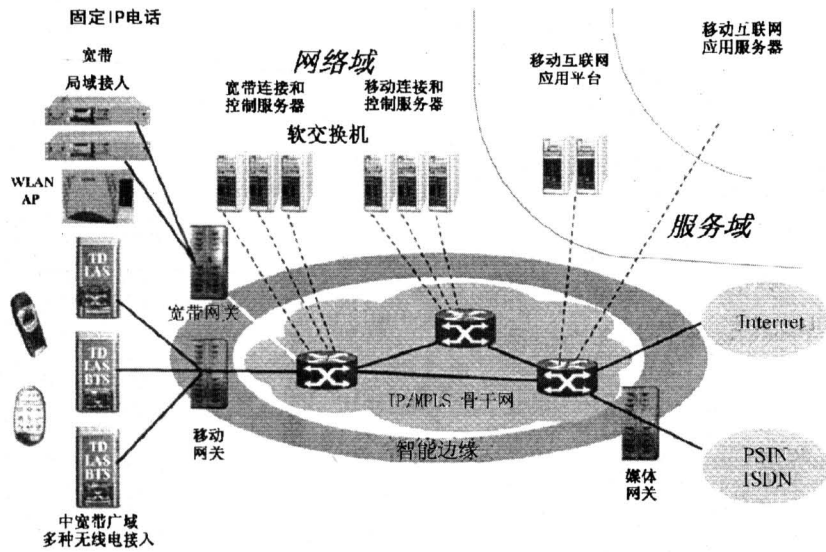


图 4 固定和移动 IP 电话共用软交换机和网关

Fig.4 The softswitch and gateway shared by Fixed and mobile IP phone

图中移动终端 MH 在外地代理 FA 的子网中上网得到一个临时 IP 地址，外地代理 FA 向用户驻地代理 HA 申请注册经认证、授权后以用户固有的驻地 IP 地址上网浏览和进行各种活动。在 HA 和 FA 之间建立隧道，如浏览网站 NC，来自 NC 的数

据先送到 HA 再经过 FA 送到 MH。为提高传输效率发展优化方法，第一个数据包走上述路径以后走 NC 经过 FA 到 MH 的直接路径。

IETF 中发展 Mobile IP 协议的基础是 1996 年提出的 RFC 2002，目前正在升级为 RFC 2002bis。

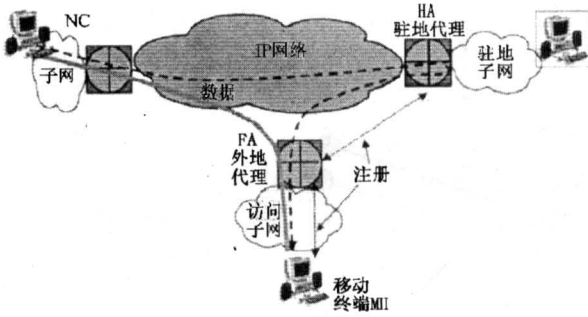


图 5 移动 IP 的结构和工作原理

Fig.5 The architecture and principle of mobile IP

它将解决 IP 链路在蓝牙、WLAN 和蜂窝移动网络之间的无缝漫游问题。进一步发展解决蜂窝系统越区切换移动性管理问题。这样可以避免使用两套协议来解决漫游和移动性管理问题。

目前无线移动系统的越区切换是指在同一系统不同基站子网之间，在物理层上，根据信号特征（强度、误码率和距离等）进行越区切换。新 3G 系统的越区切换不仅发生在同一系统的不同子网之间，也发生在不同无线系统的网络之间。进行越区切换的准则不再是信号特征，而是 QoS 要求和可使用的 QoS 能力、成本、频谱的优化使用等。例如当移动终端从 WWAN 进入热点地区 WLAN 时，尽管 WWAN 的信号还很强，出于省钱和得到更好的 QoS 考虑将切换进入 WLAN。对于一些非实时数据业务，可以考虑非实时的越区切换在更高的层（会话层、应用层）上进行。

在用 Mobile IP 解决越区切换问题时，由于移动只发生在小范围内，可以局部解决无须通过远方驻地代理，这样就发展了分层移动 IP、指针转发法以及 Cellular IP 和 HAWAII 等方法。无缝越区

切换要求平滑（少丢包）和快速（如少于 30 ms）。

## 6.6 IPv6

在新 3G 系统中每个用户将拥有一个唯一的 IP 地址。目前的 IPv4 不能满足对 IP 地址的需求。发展 IPv6 已经提到日程。如果条件成熟在新 3G 系统中将采用 IPv6 以满足大规模布设的需求，IPv6 除扩大 IP 地址空间外还提供很多增强的特性：如任意播地址；更大的单播和多播地址；分层选路的集中选址；主机地址自动配制；方便站点命号；为支持 QoS 进行流识别；流化的包格式用来改善转发性能；支持多播；扩展包头用来扩大能力；安全性提供包的授权和加扰；通过自动配制、安全、任意播地址和目标选件来改善移动性。IPv6 网与在公共网和专网中大量布设的 IPv4 设备将长期共存。在 IPv6 设计中有几种传输机制有助于在混合期运行。

## 6.7 通用移动终端

新 3G 系统中采用多种空中无线接口以适应不同速率和使用环境要求。要实现在不同空中无线接口之间无缝漫游，移动终端要能够支持多种工作频段，多种空中无线接口。

目前集成电路设计的方法论是用 CPU、DSP、ASIC 和 FPGA 等集成。每种频率，每种协议算法都用专门硬件实现，可以实现高速度，但是较为复杂且功耗高。用软件可编程器件实现速度又不够快。用这种方法设计新 3G 系统使用的通用移动终端是不能满足要求的。

采用正在发展中的自适应计算机和软件无线电技术有可能实现能够支持多工作频率、多种空中接口的重量轻、功能强、低功耗的移动通用终端。

## New 3G System——Mobile Wireless Internet

Hou Ziqiang

(Institute of Acoustics, CAS, Beijing 100080, China)

**[Abstract]** A New 3G broadband mobile wireless Internet has been proposed. New 3G system has some specifications of “Beyond IMT - 2000”, but using 3G frequency and inside 3G framework. Fixed telecommunication operator can cut down the cost of feature rich voice and mobile multimedia services, by using existing fixed broadband IP network infrastructure to deploy broadband mobile wireless Internet. This is opportunity for China to lead the trend of broadband mobile wireless Internet in the world.

**[Key words]** 3G mobile phone; mobile internet; broadband mobile wireless internet; WLAN; TD-LAS; mobile IP; Ipv6; IP core networks