

4G 系统中的关键技术*

李翠然, 李承恕

(北方交通大学 现代通信研究所, 北京 100044)

摘要: 4G 网络具有极大的吸引力, 它将提供更高的数据速率及在多个异类无线网络之间的漫游能力, 因此, 首先给出了 4G 的定义和网络结构, 重点论述了 4G 发展过程中的 IPv6 协议、软件无线电、代理、抗衰落、HAPs 等各项关键技术。

关键词: 4G 无线网络; 全 IP 网络; IPv6 协议; 软件无线电; HAPs 技术

中图分类号: TN929.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-5694(2002)02-0017-05

The Advanced Techniques in Future 4G Wireless Networks

LI Cui-ran, LI Cheng-shu

(Institute of Modern Telecommunications, Northern Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: 4G networks have a larger capability in telecommunications and data transmission and therefore are widely recognized. In this paper, the definition and the architecture of 4G which is based on "Full IP" are given by the authors. Then the key features and advanced techniques of 4G wireless networks are introduced, especially the IPv6 protocol, software radio, agent HAPs etc. are expounded.

Key words: 4G wireless networks; full IP network; IPv6 protocol; software radio; high altitude platforms

0 引言

随着移动多媒体业务的不断发展, 4G 的步伐离我们愈来愈近了。从移动通信的发展历程来看, 每十年就经历一次大的变革。第一代移动通信系统(1G)出现于 20 世纪 80 年代, 90 年代出现的第二代移动通信系统, 主要提供语音业务, 支持电路交换。2G 系统的应用范围遍及世界, 是今天的主流通信系统。然而, 2G 系统的无线传输速率很有限, 通常不会超过几十 kbit/s。21 世纪初提出的 3G 蜂窝通信系统(IMT-2000), 可在室内环境下支持高达 2 Mbit/s 的数据速率; 步行环境下支持 384 kbit/s 的速率; 车

载环境下支持 144 kbit/s 的速率。未来的 4G 通信系统支持的数据速率将会更高, 覆盖范围也将会更广, 提供的多媒体业务种类会更多, 同时用户支付的费用又将会更低。

从移动通信发展的历史来看, 每经过 10 年, 一种新的移动通信系统就会诞生、发展, 直至大规模商用。国际电联无线标准组(ITU-R)对于 3G 系统(IMT-2000)的标准化制定工作已经趋于结束。根据 Moore 定律的理论预测, 2010 年左右 4G 系统将开始使用, 那么现在是该将 4G 系统提上日程的时候了。我们不仅要问: 未来的 4G 移动通信系统是什么概念? 它的发展受到哪些因素的制约呢? 它将具有

* 收稿日期: 2002-03-01

作者简介: 李翠然(1975-), 女, 山西黎城人, 北方交通大学博士生, 研究方向为码分多址移动通信的关键技术; 李承恕, 北方交通大学教授, 博士生导师, 现代通信研究所所长。

哪些新的特征、新的技术、新的业务呢?

1 4G 无线通信网络的概念

1.1 4G 的定义

严格地说来,现在还不能对 4G 做出确切地定义,因为我们还没有对 2.5G, 3G 和无线局域网(WLAN)做出严格的区分,然而,已有文献给出了 4G 的一些提法和概念。尽管我们不能很确切的定义 4G,但是我们可以给出一些普遍认可的 4G 的提法。目前比较详细的解释有:“第四代移动通信的概念可称为广带(Broadband)接入和分布网络,具有非对称的和超过 2 Mbit/s 的数据传输能力。它包括广带无线固定接入、广带无线局域网、移动广带系统和互操作的广播网络(基于地面和卫星系统)。此外,第四代移动通信系统将是多功能集成的宽带移动通信系统,也是宽带接入 IP 系统”。现在还有一些流行的提法归结为如下 5 种。

第 1 种提法 根据移动通信的发展趋势,4G 通信系统可以这样来理解,即它将具有更广的带宽、更高的数据速率、更平滑和更快速的越区切换、更大的移动范围、更多种类的业务、更低的价格等特点。

第 2 种提法 4G 无线通信系统可以用更多的、任何的、所有的等字眼来加以概括。这些词语所表达的含义可以理解为任何人可以在任何地点、任何时间跟任何其他进行通信,或者是任何人都可以通过任何一个网络来享有任何一个网络提供商所提供的任何一项业务。

第 3 种提法 日本的 DoCoMo 公司对 4G 的理解可以用一个词“MAGIC”来概括,即 Mobile multimedia(移动的多媒体), Anytime、anywhere、anyone(任何时间、任何地点、任何人)、Global mobility support(全球范围的移动性支持)、Integrated wireless solution(集成一体化的无线网络解决方案),它将 4G 看成是对 3G 蜂窝无线网络的延伸和扩展。

第 4 种提法 EC(欧洲委员会)对 4G 的认识是这样的,即在 4G 中能够通过有效的网络传输策略,为用户提供一种无缝的服务,为了实现这个目标,欧洲委员会正在密切关注,专用系统和自组织网络、资源优化算法、多种空中接口方案、无线局域网的应用、网络互联标准等技术问题。

第 5 种提法 4G 系统将包含所有的通信系统,即无论是公用还是专用、无论是受运营商驱动还是自组织的网络、无论是 2G 系统还是 3G 系统等通信系统。

4G 系统主要以提供个性化的服务为目的。

1.2 4G 系统的网络结构

根据前面对 4G 的理解,可得到 4G 网络结构图,如图 1 所示。也就是说,未来的 4G 网络系统将是一种全 IP 的网络结构(包括各种接入网和核心网),4G 系统将是一个集成广播电视网络、无线蜂窝网络、无绳网络、无线局域网(WLAN)、短距离应用的蓝牙等系统和固定的有线网络为一体的结构,各种类型的接入网都能够无缝地接入基于 IP 的核心网。

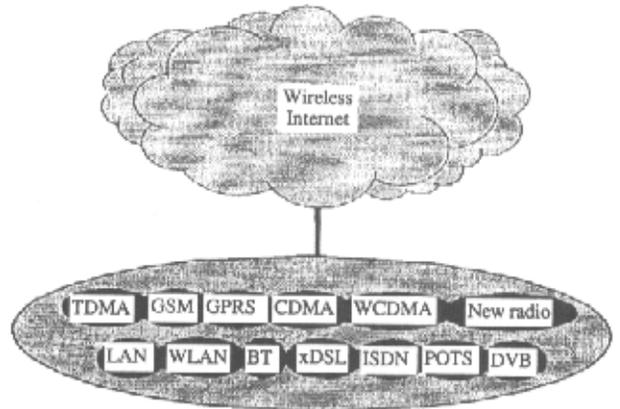


图 1 未来的 4G 网络结构
Fig. 1 Future 4G network structure

4G 系统的网络完成的主要功能为:无线接入网络和核心网的连接层要完成移动性管理任务;能够完成各种无线接入网络之间以及每种无线接入网络内部间的互联、切换、服务质量(QoS)协商、安全性和移动性管理;核心网要能够和各种新的无线接入网络和种原有的无线接入网络互通。无论是同种类型接入网络间的切换还是不同类型接入网络间的切换,其最终目的都是为了向用户提供无缝的服务,满足所需的 QoS,因此切换过程中需要重新配置网络结构。这种配置包括终端的重新配置,即通过改变配置的软件(来源于软件无线电的概念)使终端能够在不同的无线接入网中漫游,其中包括动态的选择网络节点和不同的接入网络,满足端到端的 QoS。

2 4G 的关键技术

近些年来,因特网技术作为电信网中新技术出现的主要驱动力得到了长足的发展。我们知道,过去的移动通信系统主要是以语音业务为主,而现在数据分组业务正在以前所未有的速度发展,大有超过语音业务的趋势。可以预测,在未来的 4G 移动通信系统中,语音业务将会被互联网所提供的多媒体业务和其它各种业务所取代。同时,无线网络也会和过去因特网的发展速度一样,呈现指数上升的趋势。未来的 4G 网络将是包括许多种不同接入网络的异类系统,4G 网络的终端和基站系统将采用软件无线电技术。4G 网络将是基于全 IP 技术的,不管任何人身在何处、何时都可以接入的网络。为了满足这些要求,不容置疑,未来的 4G 系统中将会出现一些新的关键技术,下面分别讨论。

2.1 IPv6 协议技术

我们知道移动 IP 是未来移动通信的发展趋势,因此在这里要考虑的问题就是如何将互联网的 IP 协议适用于无线网络。互联网协议将在未来的移动多媒体网络中起关键性的作用,这一点是无需质疑的。IP 协议的作用可以比作水和电对人们的影响,它将无处不在地被人们使用。在对未来的移动通信系统的预测中,甚至狗和冰箱等物体对象都会有自己的 IP 地址,因此我们将用 IPv6 来取代 IPv4。当然从 IPv4 发展到 IPv6 需要一个过渡时间。采用 IPv6 后,带来的好处不仅仅是地址空间的扩大,而且安全性和服务质量都会改善。

2.2 软件无线电技术

目前软件无线电尚没有确切的定义,不过人们普遍认为软件无线电是将标准化、模块化的硬件功能单元通过一个通用硬件平台,再通过软件加载方式来实现各种类型的无线电通信系统的一种开放性结构。为了在未来的无线网络环境中实现不同系统之间的无缝切换,必须采用可配置的移动终端。为此,可以采用数字交换技术(DSP)来实现软件无线电。软件无线电技术可以使移动终端适合各种类型的空中接口,可以在不同类型的业务之间进行转换,软件无线电技术才可能实现真正意义上的“个人移动性”。

在未来的无线网络系统中,基站也可能将基于软件无线电的概念而需要重新设计,所以说,实现软件无线电,其数字化硬件平台是基础,软件可编程、可重复使用是核心,实现多波段、多体制通用式接收是目的。

随着经济全球化,信息技术全球化是必然的发展趋势。信息全球化一方面要统一频段,统一制式,统一体制,但这需要有一个漫长的过程,且不仅是由技术因素所能决定的。目前唯一的方法是采用软件无线电实现互联互通。其实现过程可分为 3 步:首先,实现数字无线电(DR);其次,在数字无线电的基础上,引入软件可编程的能力,实现同一频段、同一带宽上的可编程化,形成可编程数字无线电(PDR);最后,在数字无线电的硬件引入可编程的软件能力的可编程数字无线电 PDR 的基础上进一步拓广,实现不同频段、不同空中接口、不同带宽上的数字化与可编程化,以实现通信设备可重新配置的能力。这就形成了软件定义的无线电 SDR。SDR 是真正的软件无线电的雏形,其目标是实现通信设备的可重新配置的能力,达到多种波段、多种制式、多种体制统一的通用化设备要求。

2.3 代理技术

我们可以说,1G 到 2G 的演变是模拟系统到数字系统的转变,业务经历了从单一的语音业务转变成多业务的过程;2G 向 3G 的演变是单媒体到多媒体的演变,人和人的通信联系将转为人—机之间的通信联系,例如,用户接入视频设备、Internet/Intranet、数据库等操作;而 3G 向 4G 的演变过程中,人—机之间的通信联系将由自组织的机—机之间的通信联系所取代。移动通信系统中的这些技术变化同时也伴随着业务的不断更新,目前可预见的业务包括:发送/接收电子邮件、浏览 Internet 内容、网上交易(电子商务)、基于位置的服务信息、接入公司的数据库系统、发送文件等。这些业务本身就体现出人们对于接入互联网、进行网上交易、获得基于位置信息的强烈要求,而要为用户提供这些业务均需要高速的数据速率,同时能够针对不同的业务要求在单点通信、多点通信和广播等不同传播方式间进行动态的切换。4G 系统中,从用户的角度出发,他们希望能够方便、快捷的接入网络,任何技术的复杂性对用

户来说是屏蔽的,但网络是智能的,能够根据环境的变化而自适应地改变。采用移动软件代理的方法是一种有用的策略,因为它可以解决分布式系统面临的问题。

移动软件代理既可以存在于终端,也可以存在于网络中,即可以说,它们是由一些移动设备所构成的。在未来移动通信系统中,由于存在着大量的终端设备,它们的命名、寻址和位置信息会带来新的技术问题。研究学者一致认为,代理技术是发展未来移动通信系统所必需的一项技术。好的代理可以让用户真正体验到网上冲浪的感觉。代理可以根据用户提交的清单,为用户搜索信息。而这种搜索操作可以是自动进行的,可以在夜晚有效地、廉价地下载信息。通过和“推(push)”业务的结合,代理就可以获取准确的信息,同时可以不需用户的干预就能传递信息。

2.4 抗衰落技术

为了获得较宽的无线带宽,未来的4G移动通信系统中将会使用更高的频段,然而,这个频段更易受到噪声和大气环境的影响,导致无线电信号在大气中的衰落很大。因此为了在GHz频段里进行无线通信,就要使信号强度很高,或者要使传输信道的质量保持良好。为了改善无线信道的传输质量,有效的抗衰落技术在4G系统中尤为重要。

分集技术是一项主要的抗衰落技术,它可以大大提高多径衰落信道下的传输可靠性。其中空间分集技术早期已成功应用于模拟短波通信中。在移动通信中,特别是数字式移动通信和第三代移动通信中,分集技术有了更加广泛的应用。在移动通信的上行链路中,基站广泛采用二重空间分集接收,在IS-95的CDMA小区软切换中也利用Rake进行二重空间接收,在第三代移动通信中不论是WCDMA还是CDMA2000都计划采用发端分集技术。值得一提的是智能天线技术,由于智能天线能根据信号的来波方向,自适应地调整其方向图,跟踪强信号,减少或抵消干扰信号,提高信干比,增加移动通信系统容量,提高移动通信系统频谱利用率,降低信号发射功率,提高通信的覆盖范围等。这些均起到提高移动通信系统综合性能的效果,再加上实现智能天线的各项技术日趋成熟,因此,智能天线技术在3G移动通信系统中以及未来的移动通信系统中受到广泛的

关注。

2.5 HAPs技术

我们知道,未来的移动通信系统将是一个集各种类型网络为一体的综合系统。由于各种原因,这个目标在3G系统中是无法实现的,而在4G系统中,由于多媒体业务、多速率业务的出现,要达到网络一体化的目标仍然面临巨大的技术挑战。这是因为,在4G系统中,采用分层的蜂窝结构,即从上层到下层分别为:宏蜂窝、大蜂窝、小蜂窝和微蜂窝,最上层的宏蜂窝将会和广播电视网集成。直至现在,我们仍假设卫星能够覆盖全球,但是实际上它们只能覆盖世界上某些地区,因此集成的网络结构在4G系统中仍面临种种困难。所幸的是,技术人员提出了另外一种解决方案,即HAPs(High Altitude Platforms)技术。

所谓HAPs技术就是带有负载信息的同温层航天器,它所携带的信息可以是通信信息,也可以是远程遥控信息。这些航天器可以在高度从17 km~20 km的地方飞行几个星期甚至几个月。HAPs技术具有吸引力的原因是它能提供未来个人通信的各种服务,因此,在4G的网络结构中,HAPs技术被认为是对传统的地面蜂窝网络和卫星通信网络的有效替代。融入HAPs技术的4G系统的最大优势在于:可以以很低的代价覆盖人口稀少的乡村和海上区域。因为航天器可以按需要移动(例如紧急事件的发生地),因此融入HAPs技术的4G系统将具有很大的灵活性。HAPs具有很多的优越性,对实现集成化的网络结构起到了推波助澜的作用。HAPs技术并不是卫星通信的一种替代,而是对地面通信系统的一种补充。在大都市里,这些高平台基站可以覆盖成百个小区。由于每个高平台基站的覆盖范围较广,因此很适合开展局部广播业务。HAPs技术改善了对上百个小区的接口管理,能够有效地利用频谱资源进行多点广播和开展基于位置的服务,促进了网络的集成。

在提出的众多的未来蜂窝移动通信系统的结构方案中,基于HAPs结构的蜂窝系统被认为是未来4G、5G系统实现的关键,因为采用这种航空器技术可以以低代价获取更多的移动通信业务。采用这种商用的航空器作为基站,已经展现出了无线的商机。

目前关于 HAPs 技术的所有研究工作都在一个专用的平台上进行,此平台是由一个不间断的专用通信航空器提供的。在一种通用的 HAPs 结构的蜂窝系统中,所有商用航空飞机被看成是提高了的基站,用以提供对蜂窝小区的覆盖。在所提出的大多数专用的 HAPs 结构中,只采用一个 HAPs 来覆盖整个城市,这在通用的 HAPs 情形(UHAPs)中是行不通的。在 UHAPs 中,航空器的高度随着它靠近或是离开机场的情形不同而变,同时它还要提供移动终端间的通信联系,航空器的覆盖范围随着它的高度而变化。考虑这样一种情形:即一个城市预先被分成 4 个区域,每个区域由一个点波束提供覆盖服务,此点波束是通过点波束天线的转动而实现对其服务小区的覆盖。这种情形下的最小仰角为 20° ,因此可以改善信道的传输质量,其中仰角就是蜂窝小区的边界和航空器间的夹角。提供一个较大的最小仰角的优越性在于:此时传输信道几乎可以看成是部分受阻的视距内的通信,因此信道就成为莱斯(Rician)衰落信道。蜂窝系统的最小仰角通常小于 0.5° ,因此这时的信道就成为瑞利(Rayleigh)衰落信道了。除此之外,我们将城市分成 4 个区域,其中每个区域都分配有一个航空器的配置方案。另外一个优越性在于:允许候补航空器接管服务。UHAPs 的结构设计还允许,当无法得到某个地区的航空器时,可以利用此地区的基站提供基本的服务。

为了让 UHAPs 系统运作,在给定的某个时刻,空中必须有足够多的航空器。如果我们只在大的商业区城市布置这种系统的话,那么商用航空器的分布密度会很大。在繁忙的商用机场,商用航空器的到达速率会很高。理想情况下,芝加哥的某个机场的航空器到达率高达 105 个航空器/h;最差的情况下,到达率可能低至 18 个航空器/h。当航空飞机的到达率很高时,空中流量控制(ATC)就会让航空器保持原有运作模式。只有机场空闲,才允许航空器使用它。为了预防机场较高的到达率,除了采用这种保持的方式外,不少专家还提出了不同的解决策略。其中的一种策略称为流量控制,即通过控制发端的航空器,以保证目的机场的航空器到达率。可看出的是,当空

中保持的时间在 5 min 和 15 min 之间时,采用这种空中保持的策略是解决高的航空器到达率的最有效方法。采用保持的方法可以维持机场的最大航空器到达率,因为保持的方法使得机场在大多数情况下决不缺乏到达的航空器。如果一个城市被分成 4 个区域,我们可以采用 4 个不同的保持策略分别服务于这 4 个区域。

3 结束语

尽管 4G 网络具有极大的吸引力,它将提供给我们更高的数据速率以及在多个异类无线网络之间的漫游能力,但是 4G 网络带来的一些新的技术问题还需要研究解决。我们仍需不断地探索新技术、开发新系统,以满足移动市场的需求。

参 考 文 献

- [1] NAKAMURA H, YAMAMOTO K, YUMIBA H. Evolution toward full-IP mobile multimedia networks [C]. WTC/ISS2000 Conference Proceedings, 2000, 26-31.
- [2] GUARDINI I, URSO D P, FASANO P. The role of internet technology in future mobile data systems [J]. IEEE Comm Magazine, 2000, (11): 68-72.
- [3] 吴伟陵. 移动通信中的关键技术[M]. 北京:北京邮电大学出版社, 2000.
- [4] DOVIS P, MONDIN M, MULASSANO P. On the use of HALE platforms as GSM base-stations [J]. IEEE Comm Mag, 2001, (4): 22-26.
- [5] VIJAY Pandiarajan, LAURIE L Joiner. Undedicated HAAP based architecture for cellular data transfers [J]. Proc. of IEEE SoutheastCon 2000, (4): 23-26.
- [6] 李翠然, 李承恕. WCDMA 的 Iu 接口描述 [J]. 电信网技术, 2001, (4): 14-17.

(编辑:龙能芬)