

WiMAX宽带无线接入技术及其应用

3

刘丹谱, 郝建军, 乐光新

(北京邮电大学, 北京 100876)

[编者按] 作为一种新兴的宽带无线接入技术, WiMAX近年来受到了业界的普遍关注。它的主要技术特点是传输速率高、覆盖范围大、支持移动性、提供QoS保证并采用基于全IP的网络架构, 实现了数据分组化、接入宽带化和终端移动化三者合一, 因而具有广泛的应用前景。本讲座分3期对该技术进行介绍: 第1期介绍了WiMAX及IEEE 802.16系列协议的基本特点、协议结构和物理层基本特性及关键技术; 第2期讲述了WiMAX技术的MAC层特性及其QoS机制; 本期将介绍WiMAX技术的网络架构及其主要应用, 并分析其未来发展趋势。

中图分类号: TN92 文献标识码: A 文章编号: 1009-6868 (2008) 03-0059-04

6 WiMAX的网络架构

IEEE 802.16只定义了WiMAX系统的物理层和媒体接入控制(MAC)层规范, 作为一种支持移动性的宽带无线城域网技术, 网络侧功能的完善对WiMAX的成功部署和商用来说是不可或缺的。WiMAX需要提供对核心网络功能的支持, 例如移动性管理、无线资源管理、安全和服务质量(QoS)等。为此, WiMAX于2004年底成立了网络工作组 (NWG), 旨在开发支持IEEE 802.16的端到端网络架构及协议。以下将主要介绍已发布的Release 1版本。

6.1 WiMAX的网络参考模型

NWG定义的端到端WiMAX网络参考模型如图7所示。作为对WiMAX网络架构的一种逻辑表示, 该模型定义了若干逻辑功能实体和在各实体之间实现互连的参考点, 以同时满足各种应用场景的要求。这些功能实体包括移动用户台(MS)、接入服务网络(ASN)、连接服务网络(CSN)和应用服

务提供商(ASP)网络。每个实体都代表了若干功能的一个集合。具体实施中, 这些功能可以集中在一个物理设备中实现, 也可以分散在多个物理设备中。标准化的关键参考点包括空中接口R1到空中接口R5, 但规范中没有定义CSN和ASP之间的接口。

6.2 网络实体ASN和CSN

ASN定义了为WiMAX用户提供无线接入的一整套网络功能集合, 其中主要包括:

- 与WiMAX MS建立第二层连接;
- 向WiMAX用户的归属网络服务提供商(NSP)传送认证、鉴权和计费(AAA)消息以完成对用户会话的认证、鉴权和计费;
- 发现网络, 为WiMAX用户选择最佳NSP;
- 协助与WiMAX MS建立第三层连接 (即IP地址分配) 的中继功能;
- 无线资源管理;

• ASN内的移动性管理, 例如切换、寻呼和位置管理等;

• ASN与CSN之间的隧道功能。

ASN可以分解为一个或多个基站(BS)和一个或多个ASN网关, 其中BS的主要功能是为MS提供空中接口; ASN网关则用作ASN内的第二层业务汇聚点。一个ASN可以由多个CSN共享, 即能够同时为不同NSP的CSN提供无线接入服务。

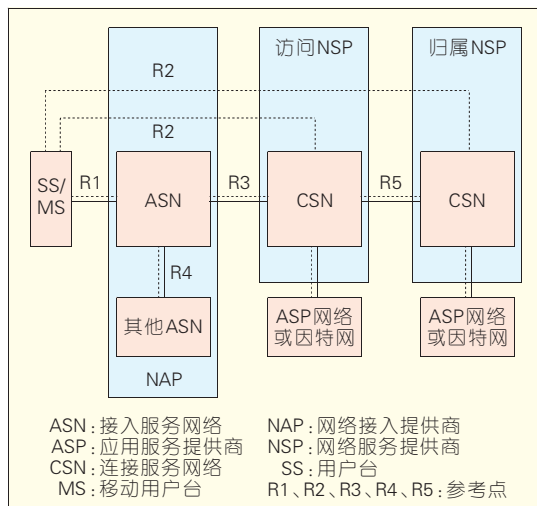
CSN定义了为WiMAX用户提供IP连接服务的一套网络功能集合, 其中主要包括:

- 为MS分配IP地址和终端参数;
- Internet接入;
- AAA代理或服务;
- 基于用户属性的准入控制;
- 支持ASN与CSN间的隧道功能;
- 用户计费及结算;
- CSN间用于漫游的隧道功能;
- ASN间的移动性管理;
- WiMAX服务, 例如基于位置的服务、点对点服务、广播多播服务、IP多媒体服务、紧急呼叫等等。

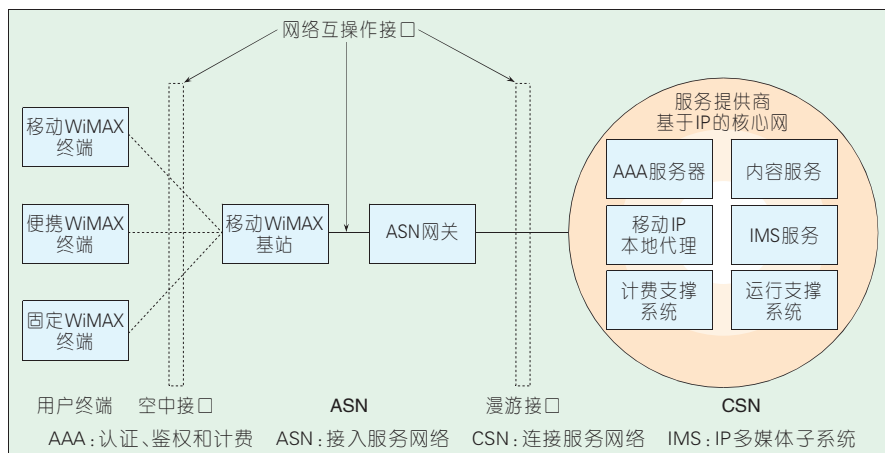
为实现上述功能, CSN可能包括路由器、AAA代理/服务器、用户数据库以及互连网关等网络设备。

6.3 网络参考点

WiMAX网络架构中定义了5个开放接口——R1-R5, 其功能如下:



▲ 图7 WiMAX端到端网络参考模型



▲图8 WiMAX端到端的网络架构

• R1: MS与ASN之间的空中接口, 包含IEEE 802.16的所有物理层和MAC层特性。R1同时承载用户业务和控制平面的消息。

• R2: MS与CSN之间的逻辑接口, 包含所有进行用户和设备认证、业务鉴权以及IP主机配置管理的相关协议和规程。

• R3: ASN与CSN之间的逻辑接口, 它通过ASN与CSN之间的隧道传递控制平面消息 (例如AAA、端到端QoS控制、移动性管理消息等) 和数据平面的信息。

• R4: 在两个ASN或网关之间进行互连, 主要用于传递与移动性管理相关的一系列控制和数据平面消息。

• R5: 互连两个CSN的接口, 包含在拜访CSN和归属CSN之间的一系列控制和数据平面协议。

• 与现有有线 (例如DSL) 或无线网络 (例如3GPP或3GPP2移动网络) 的松耦合;

• WiMAX运营商间的全球漫游;
• 各种类型的用户认证方式, 例如用户名/口令、数字认证、SIM卡等。

7 WiMAX的应用

WiMAX论坛定义了WiMAX网络架构可支持的5种应用场景, 分别为固定、游牧、便携、简单移动和全移动。图9给出了一些典型的应用实例。

(1) 固定场景: 固定接入业务是WiMAX运营网络中最基本的业务模型, 主要应用包括用户驻地网接入、局域网互连和基站互连等。

• 用户驻地网接入: 对于企业、校园等集团用户或个人用户, 可通过用户台 (SS) 连接其用户驻地网, 利用

WiMAX无线空中接口提供宽带上网服务。通过标准的以太网或一次群 (E1) 等接口与SS连接的用户驻地网设备可以是用户路由器、交换机、集线器等网络设备, 也可以是另一种无线接入点, 例如Wi-Fi热点。此种方式与数字用户线 (xDSL) 等线缆接入形式相似, 因此是进行线缆替代的一种理想方案。

• LAN局域网互连: 对于在某个城域范围内有多个分部的大型企业, 利用WiMAX宽带固定无线接入系统, 可以方便地实现总部和各个分部局域网之间的无线连接。此种方式避免了铺设专线的麻烦, 并能迅速开通使用。在用户专网建设方面, 比有线连接方式更具竞争力。

• 基站互连: 通过WiMAX宽带固定无线接入系统提供E1接口, 实现GSM移动基站或3G网络基站之间的互连, 或把各小区移动基站业务回传到移动交换中心。

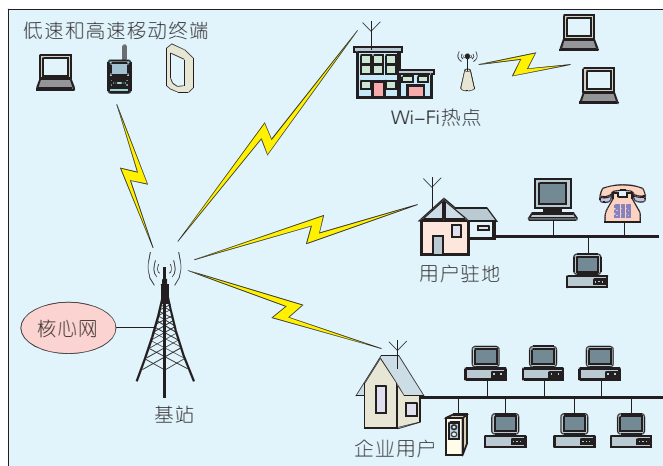
(2) 游牧场景: 游牧式业务是固定接入方式发展的下一个阶段。终端可以从不同的接入点接入到一个运营商的WiMAX网络中。但是在每次会话连接中, 用户终端只能进行站点式的接入, 而无法在不同基站之间实现切换。游牧式及之后的应用场景中均支持终端在不同运营商网络之间的漫游, 并且具备终端电源管理功能。例如, 在用户笔记本电脑上配置WiMAX无线网卡后, 可于不同的场所访问因

6.4 WiMAX端到端的网络架构

图8给出了对WiMAX网络架构更为具体直观的一种描述, 该架构大体划分为终端、ASN和CSN三大部分。

上述WiMAX端到端的网络架构建立在全IP平台之上, 完全采用分组交换技术。全IP带来的好处是成本的降低, 因为核心网无需同时支持分组交换和电路交换两种技术, 开销由此得以减少。

此外, 在网络互连和漫游方面, 该架构可支持以下方式:

图9
WiMAX典型应用场景

▼表1 WiMAX移动数据业务类型

类型描述	实时性	应用实例	信息传输速率
交互式游戏	实时	交互式游戏	50~85 kb/s
VoIP, 视频会议	实时	VoIP	4~64 kb/s
		视频电话	32~384 kb/s
		音乐/演讲	5~128 kb/s
流媒体	实时	视频片段	20~384 kb/s
		流媒体电影	> 2 Mb/s
信息类服务	非实时	即时消息	< 250 B/s
		万维网浏览	> 500 kb/s
		电子邮件	> 500 kb/s
媒体内容下载	非实时	大块数据、电影下载	> 1 Mb/s
		P2P下载	> 500 kb/s

特网,但会话持续期间不支持终端的移动。

(3) 便携场景:此种场景允许会话过程中终端在不同基站之间进行切换。当切换发生时,用户可能经历最长为2 s的业务中断、延迟或服务质量下降,切换质量属于尽力而为式。切换结束后,TCP/IP应用对当前IP地址进行刷新,或者重建IP地址。以笔记本电脑为例,便携场景支持用户在速度约为5 km/h的步行状态下维持与网络的通信。

(4) 简单移动场景:简单移动业务是对便携式应用的进一步扩展。用户可在步行、驾驶或者乘坐汽车的同时使用WiMAX终端进行高速无线数据通信。当终端移动速度达到60 km/h~120 km/h时,数据传输速度将有所下降。该场景对切换性能有明确控制,IP子网间切换时延小于1 s,IP子网内切换时延小于150 ms,数据传输的中断时间不超过150 ms。切换完成后,QoS将重建到初始级别。该场景需要支持休眠模式、空闲模式和寻呼。

(5) 全移动场景:此场景下用户可以在移动速度为120 km/h甚至更高的情况下无中断地使用宽带无线接入业务。当没有网络连接时,用户终端模块处于低功耗模式。该场景对切换性能的要求更为严格,总切换时延应低于50 ms,数据传输的中断时间不超过5 ms。同样,全移动网络需要支

持休眠模式、空闲模式和寻呼。

移动数据业务是简单移动和全移动两种场景下的主要应用,同时也是占用无线资源较多的业务。其业务类型及主要特点如表1所示。

8 WiMAX热点展望

8.1 频谱分配问题

WiMAX目前已经进入商用阶段,至2007年底全球获得WiMAX许可的企业已有七百余家,正在试点WiMAX的运营商达到275个。其中,韩国电信KT率先于2004年推出了韩国版的移动WiMAX——WiBro服务,美国电信运营商Sprint则于去年宣布投入50亿美元建设WiMAX宽带无线网络。此外,巴基斯坦、印度、俄罗斯、澳大利亚等国也开始尝试利用WiMAX实现偏远地区的宽带网络覆盖及城区的无线宽带服务。

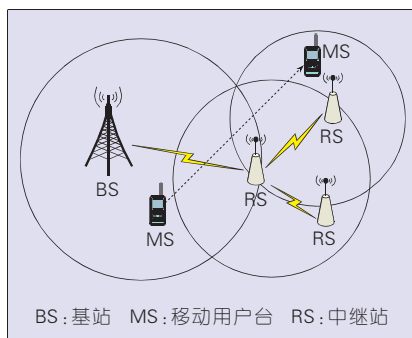
但是,WiMAX近年来在全球的推广应用一直受困于频谱分配的问题。IEEE 802.16支持的频段有10~66 GHz频段以及11 GHz以下频段。10~66 GHz频段由于受到视距传播的限制,终端需要安装室外天线,因此应用范围有限,主要面向企业用户及提供固定无线接入。11 GHz以下的非视距传播频段可以实现室内覆盖,终端无需安装室外天线,移动性增强,此时方可提供移动数据业务。另外,虽然WiMAX

可以在非授权频段下工作,但是要实现电信级的运营仍然需要获得频率授权。因此,WiMAX正在试图寻找2 GHz~6 GHz之间,特别是3 GHz以下的频率资源。但是目前各个国家可用的频段都不一致,而且按现有频率分配方式,每个运营商所能获得的频点距大规模蜂窝组网要求还有较大差距。WiMAX论坛期望在2.5 GHz或3.5 GHz频段上统一全球频谱,但最终是否能够获得足够的频谱资源尚存在一定变数。

8.2 WiMAX与3G

就全移动场景而言,WiMAX与下一代移动通信系统已无本质区别。而且从技术上来看,移动WiMAX网络与3G网络相比速度更快、成本更低。因此自WiMAX发展之初,业界便一直在讨论WiMAX与3G之间是否存在竞争关系。不过为了获得更大的生存和发展空间,WiMAX一直以来定位在宽带无线城域网技术上。作为3G的补充,它与3G的关系是融合而不是代替,这一观点也得到了业界的广泛认同。但是缺乏全球统一频谱越来越严重地制约了WiMAX的下一步发展,因此,2007年年初在美国政府的支持下WiMAX开始改变策略,申请加入3G家族,以分享国际电联(ITU)分配给3G的频谱资源。2007年10月,WiMAX以“OFDMA WMN TDD”的名义正式成为了继欧洲WCDMA、美国CDMA2000和中国TD-SCDMA之后的第四个全球3G标准。

CDMA2000和WCDMA都是频分复用(FDD)技术,TD-SCDMA是时分复用(TDD)技术。国际电联将WiMAX列为了TDD技术,显然,WiMAX可能会与TD-SCDMA共同占有TDD频段。除中国之外,目前绝大多数国家的3G TDD频谱都处于相对闲置状态。因此,WiMAX成功加入3G阵营,对于解决其频谱资源的瓶颈问题将会大有帮助。同时,这也意味着中国的3G标准多了一个竞争对手,而且将不仅仅是市场



▲图10 移动多跳中继示意图

的竞争,还有频谱资源的竞争。

目前WiMAX还不能视为一种真正意义上的移动通信技术,它在切换、漫游等方面的性能比3G系统要差,例如尚不能支持移动过程中的无缝切换。另外,WiMAX芯片、终端和设备对标准的支持能力还显不足。为此,WiMAX还需加快其技术演进和终端开发的进程,方有可能在各种同类技术的激烈竞争中脱颖而出,实现全球范围内的规模化应用。

8.3 IEEE 802.16j与IEEE 802.16m

在IEEE 802.16e之后,WiMAX技术演进的脚步并没有停止。为了进一步提升性能并向下一代移动通信系统进军,IEEE相继开始了空中接口技术IEEE 802.16j与IEEE 802.16m标准的制订工作,并吸引了全球众多著名厂商的关注和参与。

IEEE 802.16j可视为IEEE 802.16e的升级版,其核心是希望借助移动多跳中继(MMR)技术改善无线传输环境中的阴影衰落效应,消除传输死角,进而扩大网络覆盖范围,提高系统容量和均衡负载等。如图10所示,MMR在BS和SS之间引入了成本较低的中继站(RS)用于信号接力。如果RS位置合适,就能够避开不理想的传输路径,进而减少信号衰减。同时,RS可根据具体情况调整转发信号的功率,以进一步改善系统性能。RS引入之后产生了一系列新的问题,例如增加了媒体接入控制(MAC)调度复杂度、如何实现端到端QoS保证、如何选取最

佳跳数等。而且,802.16j工作组确定的原则是不能修改原有的SS,这为标准的制定者们提出了一个很大的挑战。2007年8月,IEEE 802.16j标准的第一版草案已获得通过,目前正处于通信投票阶段,预计最快有望在2008年下半年正式确立。

IEEE 802.16m是IEEE 802.16e的下一代,其目标是要成为第四代移动通信系统IMT-Advanced的标准。系统目标速率设定为低速移动时达1 Gb/s,高速移动时达到100 Mb/s。标准将向下兼容,并增进广播、多媒体以及VoIP业务的性能。与IEEE 802.16不同的是,IEEE 802.16m可能用到和IEEE 802.16e不同的技术,并设计全新的SS。该工作组于2006年12月成立,目前仅初步完成技术需求定义,预计标准将在2009年推出。

9 结束语

WiMAX系统最先作为一项宽带无线接入技术被推出,它在物理层采用了先进的多输入多输出(MIMO)、正交频分多址接入(OFDMA)、自适应调制编码等技术来提高数据传输速率;在MAC层通过自适应资源调度策略来最大化系统容量,并提供有QoS保证的数据传输服务;在网络层采用了全IP的网络架构,支持移动、漫游以及端到端的QoS保证等。正式成为3G标准之后,WiMAX在进一步完善其核心网技术的同时,将通过IEEE 802.16m的标准化工作继续向下一代移动通信系统演进。鉴于该系统独特的技术优势和业界持续升温的研发活动,我们有理由相信在不久的将来,WiMAX终端和手机就将出现在人们的视野之中,成为大众接受普遍服务不可或缺的一种技术手段。(续完)

10 参考文献

- [1] IEEE P802.16 Rev2. Draft standard for local and metropolitan area networks: Part 16 Air interface for broadband wireless access systems[S]. 2007.
- [2] LOUTFI NUAYMI. WiMAX: Technology for broadband wireless access[M]. New York, NY,

USA: Wiley, 2007.

- [3] 王彬,吕登芳,马凤国. IEEE 802.16和WiMAX组网技术[J].中兴通讯技术,2006,12(2):21-26.
- [4] WiMAX Forum. Mobile WiMAX -Part I: A Technical Overview and Performance Evaluation[EB/OL]. http://www.cs.rice.edu/~amsaha/Research/Reading/Mobile_WiMAX-Part_1-Overview_and_Performance.pdf. 2006.
- [5] WiMAX Forum. End-to-End Network Systems Architecture Stage 2-3 Release 1.1.0[EB/OL]. <http://www.siteadvisor.com/sites/wimaxforum.org/downloads/7654782/>.
- [6] Li BO, QIN YANG, LOW Chor Ping, et al. A Survey on Mobile WiMAX[J]. IEEE Communications Magazine, 2007, 45(12): 70-75.
- [7] WiMAX Forum. Can WiMAX Address Your Applications?[EB/OL]. http://www.wimaxforum.org/technology/downloads/Can_WiMAX_Address_Your_Applications_final.pdf. 2005.
- [8] 曾春亮,张宁,王旭莹,等.WiMAX/802.16原理与应用[M].北京:机械工业出版社,2006.
- [9] 唐雄燕,李建宇,张辉,等.宽带无线接入技术及应用[M].北京:电子工业出版社,2006.
- [10] 董晓鲁,党梅梅,沈嘉,等.WiMAX技术、标准与应用[M].北京:人民邮电出版社,2007.
- [11] 刘波,安娜,黄旭林.WiMAX技术与应用详解[M].北京:人民邮电出版社,2007.
- [12] 刘巧燕,余秋星.WiMAX物理层关键技术及其演进[J].中兴通讯技术,2007,13(2):13-16.
- [13] 最后一英里的宽带无线接入——详解WiMAX[EB/OL]. http://www.bitscn.com/network/wireless_tel/200711/118003.html. 2007,8.

收稿日期:2008-01-19

作者简介



刘丹谱,北京邮电大学教授。博士毕业于北京邮电大学。主要研究方向包括宽带无线通信技术、MIMO/OFDM、超宽带无线通信系统物理层与MAC技术。发表论文30余篇。



郝建军,北京邮电大学副教授。北京邮电大学在读博士。主要研究方向包括协同通信、认知无线电技术等。发表论文10余篇。



乐光新,北京邮电大学教授、博士生导师。主要研究方向包括宽带无线通信与无线IP网等。已发表论文100余篇。