

WiMAX 协议的体系结构研究

苗忠良¹, 宛斌¹, 张孝林², 吴介一¹

(1. 东南大学 CIMS 中心, 江苏 南京 210096;

2. 联想研究院 上海分院, 上海 201203)

摘要: WiMAX 是 IEEE802.16 标准的通俗称呼。作为一种新兴的宽带无线技术, WiMAX 具有其他宽带无线技术难以企及的优势, 其单载波传输速率高达 75Mb/s, 视距传输条件下, 基站覆盖范围最大可达 50 公里, 因而成为企业界和学术界的新宠。目前 WiMAX 产品已经开始部署。文中以 802.16d 版本为基础, 兼顾 802.16f 标准, 对其体系结构进行了深入分析。

关键词: WiMAX; 拓扑结构; QoS; 安全

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2007)06-0042-04

Research on Architecture of WiMAX Protocol

MIAO Zhong-liang¹, WAN Bin¹, ZHANG Xiao-lin², WU Jie-yi¹

(1. CIMS Center, Southeast University, Nanjing 210096, China;

2. Shanghai Branch, Lenovo Corporation Research & Development, Shanghai 201203, China)

Abstract: WiMAX is a popular form of address in IEEE802.16 standard. As a newly Broadband wireless technology, WiMAX has a non-dercript advantage than others, its data rate is up to 75Mb/s on single carrier wave, in the condition of light of sight, its coverage distances is up to 50 kilometers, so WiMAX has been a new pet of business enterprise field with academic circles. The product of it has started deploying presently. On a base of 802.16d, considering 802.16f simultaneity, have a thorough analysis with its architecture.

Key words: WiMAX; topology; QoS; security

0 引言

WiMAX 是 IEEE 802.16 的通俗称呼, 它的全称为全球微波接入互操作性 (Worldwide Interoperability for Microwave Access)。为了更好地推动 IEEE 802.16 的市场化进程并对各厂家的产品进行一致性和互操作性认证, 2001 年 4 月, 由 Intel 牵头成立了 WiMAX 论坛, 截至 2006 年 8 月 23 日, 论坛共有 378 个成员, 包括了许多著名的运营商、芯片商、系统制造商, 我国的中兴、华为也位列其中, 其中中兴为核心会员。

由于在 OFDM 接入技术、开放网络模式、基于 IP 的无线宽带技术、电信运营商基础设施、支持不确定的应用等方面独一无二的优势, WiMAX 成为第一个真正面向电信级运营的、具有 QoS 保证的、全球标准化的无线宽带接入技术。这是当前其他无线宽带接入技术难以企及的。

1999 年 IEEE 802 委员会成立了 802.16 工作组,

来从事 802.16 标准的制定工作。在 2004 年 10 月获得批准的 802.16d^[1] 在以前版本的基础上又进行了整合和提高, 统一了固定无线接口的空中接口, 并提出了 802.16a 设备的测试标准。其支持移动环境的 802.16e 版本也于 2006 年 2 月获得 IEEE 批准, 目前已进入商业部署阶段。在 2005 年 12 月批准的 802.16f^[2] 中对 802.16d 的 MAC 层和物理层的管理信息库 (MIB, Management Information Base) 要求以及相关的管理流程进行了增强。

1 物理层

IEEE802.16 工作组的主要工作都围绕空中接口展开, 空中接口主要由物理层和 MAC 层组成。物理层由传输汇聚 (TC, Transmission Convergence) 子层和物理媒介依赖 (PMD, Physical Medium Dependence) 子层组成, 通常说的物理层主要是指 PMD。物理层定义了 TDD 和 FDD 两种双工方式。MAC 层又分为三个子层: 特定服务汇聚子层 (CS, service specific Convergence Sublayer)、公共部分子层 (CPS, Common Part Sublayer)、安全子层 (SS, Security Sublayer)^[3]。

收稿日期: 2006-08-09

作者简介: 苗忠良 (1981-), 男, 河南新乡人, 硕士研究生, 工程师, 研究方向为计算机网络、移动通信协议、宽带无线技术等; 吴介一, 教授, 博士生导师, 研究领域为信息系统与集成技术、计算机网络等。

WiMAX 协议栈模型如图 1 所示。

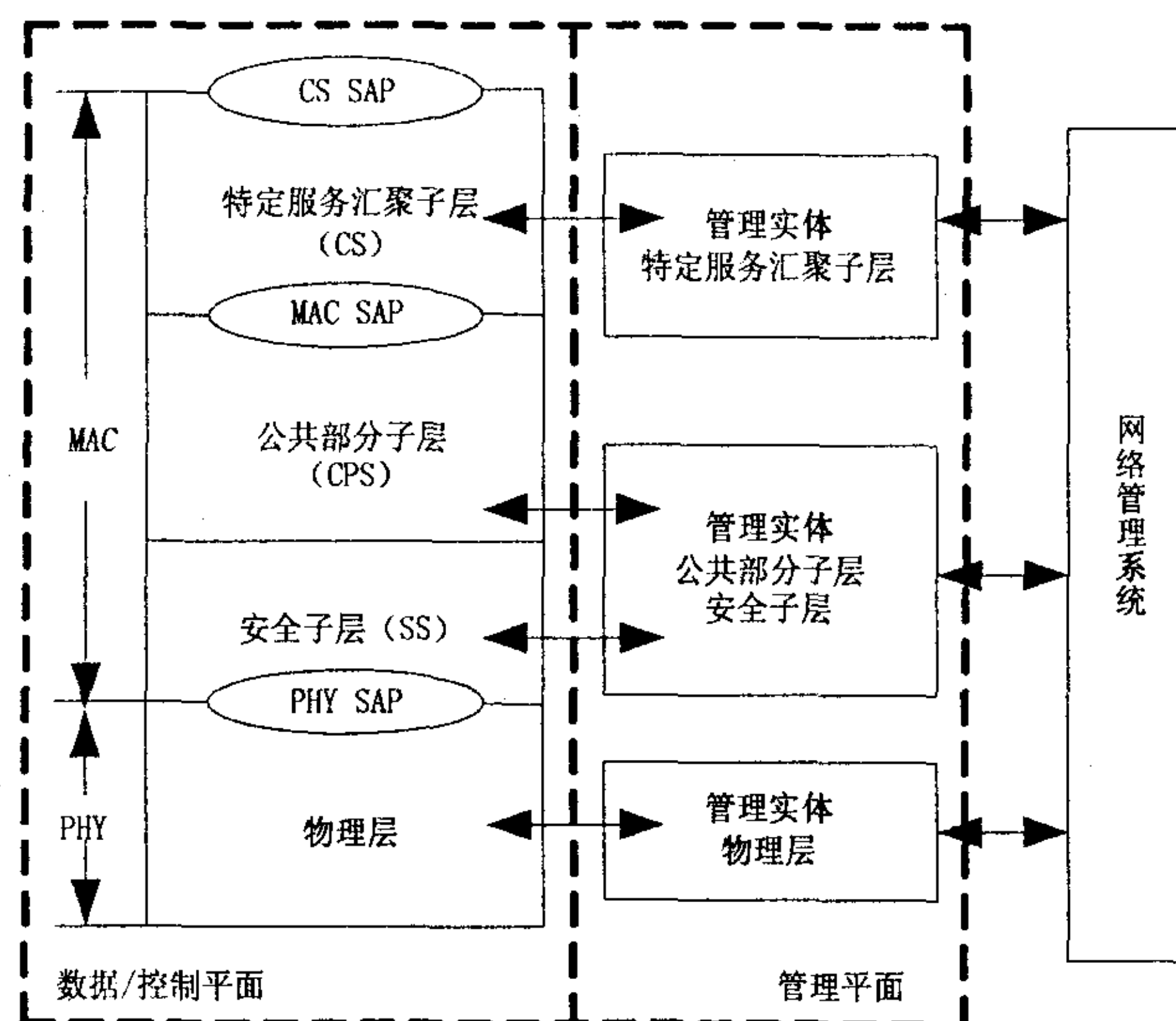


图 1 WiMAX 协议栈模型

802.16 定义了 5 种不同的物理层规范: 无线城域网 - 单载波 (WMAN - SC)、无线城域网 - 增强单载波 (WMAN - SCa)、无线城域网 - 正交频分复用 (WMAN - OFDM)、无线城域网 - 正交频分 (WMAN - OFDMA)、WirelessHUMAN (high - speed unlicensed MAN)^[4]。前四种模式均支持时分双工 (TDD)、频分双工 (FDD) 以及半频分复用 (Half - FDD) 三种模式。其中半频分复用允许用户站工作在不同频率但不同时收发信息, 因此减少了复杂性并降低了成本。WirelessHUMAN 仅支持时分双工, 覆盖三种低频率并支持动态频率选择。

由于对多载波均衡处理的简明性, 基于 OFDM 的后三种物理层规范更适合非视距传输, 其中 256 载波的 WMAN - OFDM 相对 2048 载波的 WMAN - OFDMA 在峰值、快速傅里叶变换 (FFT) 计算、频率同步等方面的优势, 更获工业界的青睐。就应用重点而言, SC 物理层重点实现 TDM 业务、256 OFDM 物理层重点实现支持 NLOS 的固定 IP 业务、2048 OFDM 重点实现高速切换移动业务。

WiMAX 采用了 OFDM、子信道化、方向天线、MIMO、自适应调制、自纠错和功率控制等技术来实现在非视距条件下的传输^[5]。

由于 OFDM 波形是有多个正交子载波组成, OFDM 通过 OFDM 码时和循环前缀, 能有效抵消符号间干扰和自适应平衡带来的复杂性, 也使局部载波上的选择衰落容易得到平衡。从而获得了更高的吞吐量, 有效克服了非视距传播带来的挑战。

自适应调制允许 WiMAX 根据无线链路信道和接口情况调整调制方式来平衡传输速率和鲁棒性, 提高了信干比。目前 WiMAX 可用的调制方式有 BPSK,

QPSK, 16 - QAM, 64 - QAM。

纠错技术也被整合到 WiMAX 中, 利用级联码方案, 外码采用 RS 码循环码前向纠错、内码采用卷积编码, 并采用交织算法来减小突发错误, 有利于从频率选择衰落和突发错误中恢复出出错帧, 并提高了吞吐量。对于前向纠错技术无法纠正的出错帧, 采用自动请求重传出错帧, 在同样的环境下, 显著降低了误码率。

上行链路子信道化作为可选方式允许用户站将传输功率集中在整个 OFDM 子载波的一个子集上, 可以平衡上行链路的预算、克服建筑物障碍带来的损失和减少用户站 (SS, Subscriber Station) 的功率损耗。在不同的子信道上多用户站可以并行进行传输。

智能天线作为可选方式, 利用波束形成能使信号的发射和接收都限制在特定的方向上, 可以有效抑制多径信号, 减少基站 (BS, Basic Station) 和 SS 间的延迟和其他方向上的信道干扰, 提高了 WiMAX 系统的容量和频谱效率。

多输入多输出 (MIMO, Multiple - input multiple - output) 作为可选方式利用非视距环境下产生的多径信号, 采用时空编码使传送源独立, 减少了边沿衰落和信道干扰。

此外 WiMAX 还利用功率控制来提高系统的整体性能。

为了确保在全球的顺利部署, 标准规定了几种不同的信道带宽: 1.25MHz, 1.5MHz, 1.75MHz, 最大为 28MHz。工作的主要频段为 450MHz, 700MHz, 1.9GHz, 2.3GHz, 4.9GHz, 5.8GHz。这种带宽与频段的广泛性与其他无线标准有很大的不同。这就要求 WiMAX 要具有更严格的无线接入控制机制, 从而也导致了物理层和 MAC 层的复杂性。

2 MAC 层

MAC 层又分为三个子层: 特定服务汇聚子层、公共部分子层、安全子层。

(1) 特定服务汇聚子层。

CS 子层提供与更高层的接口, 按照不同的汇聚方式来适配各种上层协议。将所有从汇聚子层服务接入 (SAP, Service Access Point) 接收到的外部网络数据与 MAC 业务流标识 (SFID, Service Flow Identifier) 和连接标识 (CID, Connection Identifier) 关联。并映射成 MAC SDU, 然后通过 MAC SAP 发送给 MAC CPS。CS 又可以分为 ATM 汇聚子层和包汇聚子层两种, 包汇聚子层支持所有的基于分组的协议。

(2) 公共部分子层。

CPS 子层负责执行 MAC 的核心功能, 包括系统

接入、带宽分配、连接建立、连接维护等。该子层从 MAC SAP 接收来自 CS 子层的数据,然后根据 SFID 和 CID 分类到不同的 MAC 连接上。QoS 将被应用到传输中并由物理层来保证。通常说的 MAC 层主要指 MAC CPS。

(3)安全子层。

MAC 层包含独立的安全子层,能够提供加密、鉴权、密钥交换等与安全有关的功能。

2.1 拓扑结构

IEEE802.16 的 MAC 层支持点对多点(PMP, Point to Mult-Point)和多点对多点(mesh)两种拓扑结构,其中多点对多点模式最初由诺基亚提出^[3],通过时分复用支持 OFDM 模式物理层,但要使用全向天线。依靠配置 PMP 模式定向多点对多点模式也可以被用来提供点对点连接。

(1)点对多点模式。

在一个频点及扇区内,下行方向只有基站发送,因此没有必要与其它基站同步,除了 TDD 系统。终端必须在下行链路上监听,并检查接收到 PDU 的连接标识符(CID, Connection Identifier),只接收发送给本终端的 PDU。

在上行方向,所有的 SS 在请求带宽的基础上来共享与基站之间的链路。根据其服务类型,SS 可能被 BS 授权持续进行发送,或者在 BS 收到其带宽请求并允许后才能发送。消息发送的机制可以是单播、组播或广播。

(2)多点对多点模式。

IEEE 802.16 在帧长度固定的情况下,提供了一个灵活的字段类型帧结构,每发送一个下行链路子帧,都要首先广播一个同步前导码和一个包含控制信息的帧控制头部(FCH, Frame Control Header),在上行链路情况下,在每个上行子帧前,都提供了一个用于发起加入和带宽请求的争用时隙,这就为新用户加入网络和 SS 发起带宽请求提供了一个快速响应机制。IEEE802.16 标准定义了一个 MAC 管理消息集,并根据在帧中的传输位置对帧定义了子划分,在 FCH 后传输 DL-MAP、UL-MAP、下行编码标识符、上行编码标识符等消息。

2.2 QoS 机制

WiMAX 系统的 QoS 机制包含两部分的内容:一部分是关于业务流的管理,它提供了一种实现上、下行 QoS 管理的机制,它是 MAC 层的核心功能,包括 QoS 参数集、业务流定义、分类符和动态业务管理等,在协议标准中进行了详细规定;另一部分是相应的 QoS 保证机制,包括调度算法、缓冲池管理和流量控制等,在

协议中对这些算法并没有进行定义和阐述^[6]。

(1)业务流管理。

通过将 MAC 层传输过来的数据包与一个 CID 标识的业务流关联,在 CID 中包含数据包的业务类型和相应参数,使每个数据包在进行调度前具有相应的 QoS 要求。

WiMAX 根据业务的不同将上行业务分为四种:主动授权业务(UGS, Unsolicited Grant Service)、实时轮询业务(rtPS, Real-time Polling Service)、非实时轮询业务(nrtPS, Non-real-time Polling Service)、尽力而为(BE, Best Effort)业务,对下行业务没有区分,为不同的业务进行区分服务。这对于多媒体和 VoIP 业务尤其重要。

主动授权业务用于传输固定速率实时数据业务,如没有静默压缩的 VoIP。基站周期地以强制方式进行调度,不接受来自用户站的请求,同时禁止使用捎带请求。

实时轮询业务用于支持可变速率实时业务,如 MPEG 视频业务,是为满足动态变化的业务需求而设计。

非实时轮询业务支持非周期变长分组的非实时数据流。如有保证最小速率要求的因特网接入。非实时轮询业务提供比实时查询业务更长的周期或不定期的单播请求机会。可以使用竞争请求(多播或广播)机会,甚至被主动授权。非实时轮询业务可以被设置成不同优先级。尽力而为业务支持非实时无任何速率和时延抖动要求的分组数据业务,如电子邮件、短信等。不提供吞吐量和时延保证。尽力而为业务允许使用任何类型的请求机会和捎带请求。

(2)相应 QoS 保障机制。

WiMAX 同时采用区分服务和集成服务,对不同的业务进行区分、通过设置优先级并采用不同的排队和调度机制,同时对业务进行接入控制和资源预留,从而可以很好地满足不同业务的 QoS 要求。

2.3 安全机制

由于无线网络使用无线介质进行数据传输,任何具有接收能力的设备都可以随时进行网络窃听,采取有效的安全机制就显得更为重要,WiMAX 在 MAC 层的安全子层采用个人知识管理(PKM, Personal Knowledge Management)协议,包括保密密钥管理授权子协议和 PKM 子协议两部分^[7],分别解决对网络的非法访问和窃听两大安全威胁。

WiMAX 安全机制采用 C/S 模式架构,完成基站对用户站的身份鉴别和实现基站和用户站之间的安全通信。

但由于 WiMAX 的安全子层设在 MAC 层,故其安全协议仅能对 MAC 层进行保护,而对物理层所面对的一些威胁和攻击,如“洪水”攻击、拒绝服务(DoS)攻击等将无能为力,所以依然存在着较大的安全漏洞。

3 管理信息库

在 802.16f 中基于简单网络管理(SNMP, Simple Network Management Protocol)^[8]协议增强了 MAC 层和物理层的管理信息库(MIB)要求以及相关的管理流程。其中对 SS 而言不强制要求支持 SNMP 协议, WiMAX 管理参考模型如图 2 所示。

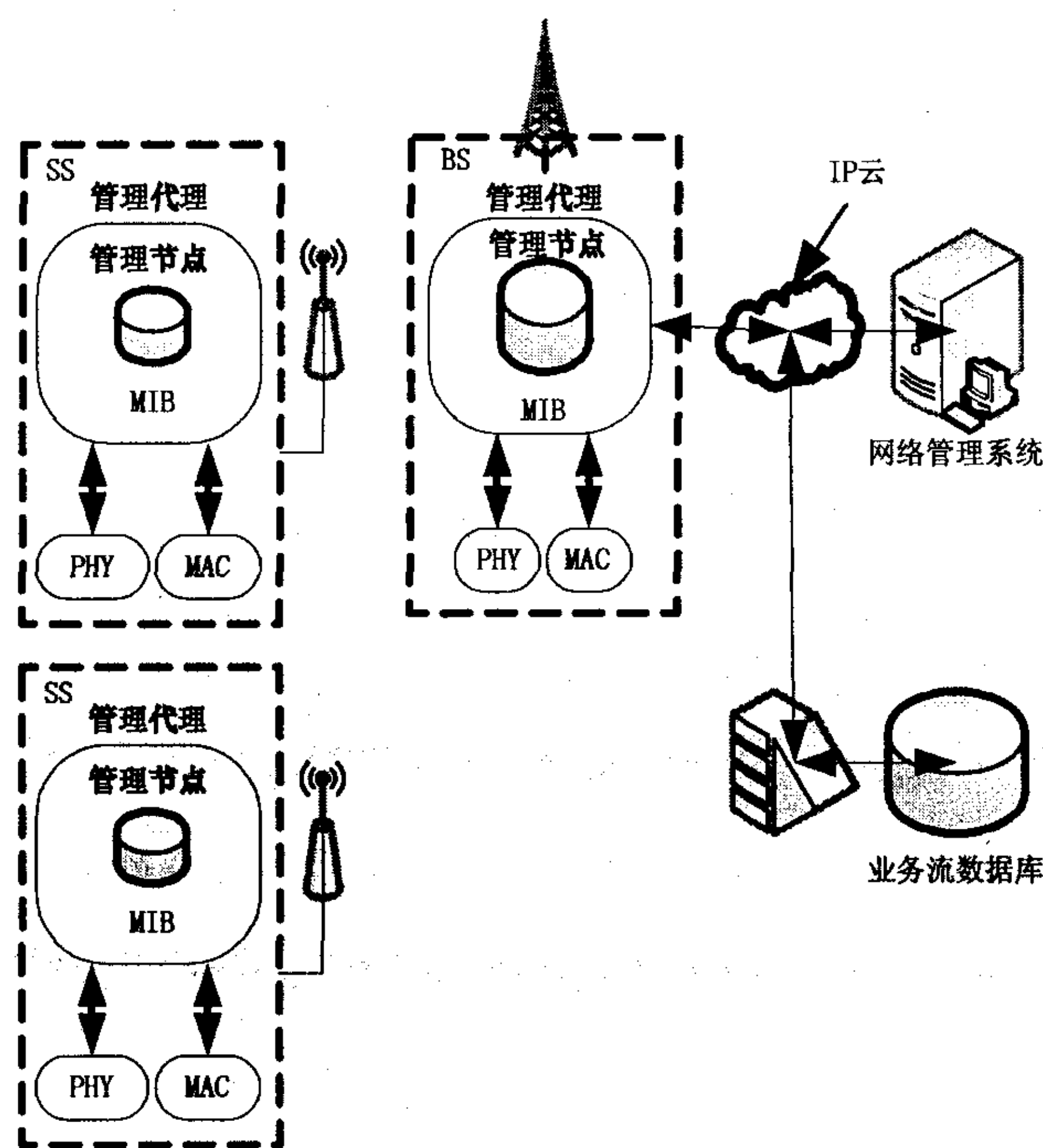


图 2 WiMAX 管理参考模型

802.16f 为 BS 和 SS 定义了两个 ANS.1 MIB 组件: wmanIfMib 和 wmanDevMib。其中 wmanIfMib 定义了 802.16 宽带无线接口的相关管理对象,而 wmanDevMib 则定义了 802.16 接口实现设备的相关管理对象。

(上接第 41 页)

用一直缺乏的,传统 WebGIS 总是难以在性能和用户体验之间找到合适的平衡点。AJAX 方法在 WebGIS 客户端实现中的应用,改善了用户体验。

文中笔者创新点:通过对 AJAX 基本特征的分析,提出了这项技术与 WebGIS 结合将会很大地提高系统的交互性和数据传输速度。

参考文献:

[1] 周波,李琦.基于数字城市系统平台的 GIS Server 服

4 结束语

由于 WiMAX 具有部署灵活、扩展性强、覆盖范围广、传输速率高等优点,越来越受到业界的关注,但同时也受到一些问题的困扰,如频段选择、市场前景、相对成本过高、其移动版和固定版不兼容等。

按照 WiMAX 论坛的规划,目前仍处于固定应用模式的部署阶段,但移动版本已经开始商用,802.16e 的韩国版 Wibro 已经于 2006 年 6 月正式投入运营。2007 年 1 月初,Intel 推出了符合 IEEE 802.16e 的芯片 Intel WiMAX Connection2300,将于 2007 年年底供货,向 802.16e 商用迈出了重要的一步。虽然 WiMAX 目前仍然存在着这样那样的不足,但作为一项新兴的宽带无线接入技术,随着市场的推进相信问题会逐步得到解决。

参考文献:

- [1] IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems[S]. 2004.
- [2] Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems Amendment1: Management Information Base[S]. 2005.
- [3] 中华人民共和国信息产业部.移动宽带无线接入系统接口技术要求:基于 802.16 的空中接口(初稿)[S]. 2005.
- [4] Ghosh A, Wolter D R, Andrews J G, et al. Broadband wireless access with WiMax 802.16 current performance benchmarks and future potential[J]. IEEE Communications Magazine, 2005, 43(2): 129-136.
- [5] Bains R. The Roadmap to Mobile Wimax[J]. IEEE Communications Engineer, 2005, 3(4): 30-34.
- [6] 彭木根,李茗,王文博. WiMAX 系统中的 QoS 机制研究[J]. 中兴通信技术, 2005, 11(2): 30-35.
- [7] 庞辽军,王育民. WiMAX 安全机制研究[J]. 中兴通信技术, 2005, 11(2): 27-29.
- [8] IETF RFC3413. Simple Network Management Protocol (SNMP) Applications[S]. 2002.

务器研究与设计[J]. 计算机科学, 2005, 32(10): 100-102.

- [2] 柯自聪. Ajax 开发简略[EB/OL]. 2005-06. <http://www.blogjava.net/eamoi>.
- [3] Crane D, Pascarello E, James D. Ajax 实战[M]. 北京:人民邮电出版社, 2006: 25-27.
- [4] 柯自聪. Ajax 开发精要—概念、案例与框架[M]. 北京:电子工业出版社, 2006: 26-29.
- [5] 陈金水,贾素来. 组件式 WebGIS 开发技术探索[J]. 微计算机信息, 2004(5): 1-5.