

WiMax系统及其QoS机制研究

WiMax System and its QoS Mechanism

王兵/WANG Bing

张智江/ZHANG Zhi-jiang

李正茂/LI Zheng-mao

(中国联通有限公司, 北京 100032)
(China Unicom Co. Ltd., Beijing 100032, China)

中图分类号: TN915 文献标识码: A 文章编号: 1009-6868 (2006) 04-0057-04

2004年10月支持固定接入的IEEE 802.16-2004^[1]规范正式发布, 2005年4月Intel公司发布了第一款支持IEEE 802.16-2004的芯片——Pro/Wireless 5116, 同月Alavion公司宣布推出基于这一芯片的客户端实验室样机。到2005年底WiMax论坛成员达到350个, WiMax系统成为通信界的一个热点话题。

2005年底发布的802.16e-2005^[2]增加了对移动性的支持, 将WiMax技术又推进了一大步。一系列相关信息预示着WiMax正逐步从技术研究走向实际应用。

1 WiMax系统的主要特性

目前, 经历了通信技术和通信网络的高速发展, 人们对未来通信网络有了基本共识, 即围绕着业务的开发、引入和使用, 希望未来的通信网络具有良好的带宽特性、良好的互操作性、端到端的服务质量(QoS)保障机制和强大的业务支持能力。光纤技术

的普遍应用使骨干网的承载能力大大提高, 接入网成为业务“瓶颈”, 对于无线系统更是如此。第3代移动通信合作计划(3GPP)的宽带码分多址(WCDMA)标准在R99版本中, 在5 MHz带宽上, 下行峰值速率达到384 kb/s; 在R5版本中, 下行峰值速率提高到14 Mb/s。在3GPP2的CDMA2000 1xEV-DO的RevA版本中, 在1.25 MHz带宽上, 反向峰值速率可达到3.1 Mb/s。但是对于快速增长的数据业务, 特别是多媒体业务, 3G系统仍存在一定局限性。

作为通信新技术, WiMax系统的出现和进展源于这一系统从开始就考虑到未来通信网络的需求, 并融入了先进的无线技术, 使之具备并逐步增加应对未来通信需求的能力。IEEE 802.16空中接口和WiMax系统具有以下特性:

(1)采用正交频分复用(OFDM)、正交频分多址(OFDMA)等先进传输技术, 具有大带宽特性。理想传输环境

摘要: 光纤技术的普遍应用使骨干网的承载能力大大提高, 造成接入网成为业务的“瓶颈”。宽带无线接入系统WiMax具有带宽利用率高、覆盖范围大以及支持移动性等优点, 是采用无线方式打破接入网“瓶颈”的重要一步。WiMax系统虽然给接入网增加了许多新的特性, 但也带来了许多新问题, 比如无线环境中的安全保证、动态资源管理、移动性管理等, 特别是QoS机制, 是复杂通信环境中提供可靠的端到端业务的重要保证。这些问题需要在实践中不断完善加以解决。

关键词: WiMax系统; 服务质量; IP网络

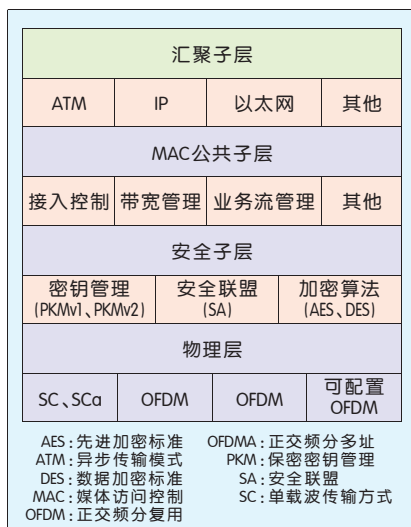
Abstract: The wide application of optical fiber has greatly improved the bearing capability of the bone network. However, communication services have a bottleneck at the access network. WiMax system, a kind of broadband wireless access system, enables efficient utilization of bandwidth, has a broad coverage, and supports mobility. It plays an important role in wireless solution to the bottleneck at the access network. Though WiMax system brings a lot of new characteristics for the access network, it also brings new problems as of security in wireless environment, dynamic resource management, mobility management, and especially QoS that is an important guarantee for reliable end-to-end services in complex communication environments. Therefore, it is necessary to improve WiMax system in practice and work the problems out.

Key words: WiMax system; QoS; IP network

下, 在20 MHz带宽上, 可实现75 Mb/s的传输速率, 带宽利用率可以达到3 bps/Hz。

(2)采用自适应调制、智能天线等无线技术, 增加电路预算, 覆盖范围大。视距传输条件下最远覆盖半径可达50 km, 非视距城区传输环境下一般能达到1~5 km。

(3)具有QoS保证机制, 使业务能够延伸到接入网。IEEE 802.16e-2005空中接口定义了5种QoS业务调度类型、3种业务流状态, 业务建立采用申



▲图1 IEEE 802.16协议栈

请/允许方式,使基站(BS)能够针对无线资源进行接入控制和带宽管理,保证接入网内部的业务质量。

(4)在IEEE 802.16e-2005空中接口和网络侧增加对切换和移动性管理相关的信令,应对移动通信的需求。

(5)在空中接口协议栈中特别增加汇聚子层,支持不同承载技术。

(6)采用基于保密密钥管理v1(PKMv1)、PKMv2的安全密钥管理协议,抗攻击性强。

(7)基于IP的网络架构,顺应统一IP核心网+接入网的网络模式。

在诸多特性中,与以往的无线接入技术相比,QoS机制是WiMax的一个重要方面。这一特性是真正实现端到端的业务的保证。

2 IEEE 802.16的协议栈

作为空中接口规范,IEEE 802.16规范的工作频段为2 GHz ~ 60 GHz;支持频分双工(FDD)和时分双工(TDD)两种复用方式;物理层技术包括单载波、OFDM及基于OFDM的几种演进技术,比如OFDMA和可配置OFDM;不同的物理层传输技术可选用不同的可用带宽,在OFDM下分别可以利用1.75 MHz、3.5 MHz、7 MHz、3 MHz、5.5 MHz和10 MHz的可用带宽,OFDMA下则分别可以有1.25 MHz、

3.5 MHz、7 MHz、8.75 MHz、14 MHz、17.5 MHz和28 MHz的可用带宽;在汇聚子层,提供对应ATM、IP、Ethernet外部承载的选项,并可以进一步扩展;在安全方面,提供基于PKMv1或PKMv2的认证和密钥管理,提供多种管理信息和业务的加密密钥和算法,并提供用户认证和设备认证两种认证方式。因此定义WiMax系统的空中接口时需要用一组参数集来指定,参数集包括:

(1)媒体访问控制层参数集

媒体访问控制层参数集包括汇聚子层特性、对应的分类器、是否支持包头压缩、是否支持自动重发请求(ARQ)、媒体访问控制(MAC)协议数据单元(PDU)与外部业务流的对应关系、业务调度类型等。

(2)物理层参数集

物理层参数集包括复用模式、调制方式、可用带宽、速率、帧长、滚降因子、频差容限等。

(3)功率等级参数集

功率等级参数集包括所用的最大发射功率等参数。

IEEE 802.16协议栈及各子层所支持功能、技术、算法如图1所示。

3 WiMax系统模型

未来通信网络具有开放性,这不仅体现在追求规范和标准的一致,也意味着网络的部署在功能和区域上

可能重叠,网络的所有者将不再是单一的基础网络运营商。WiMax系统面对或即将面对的就是这样一个事实。图2所示是一个WiMax系统环境示例,它体现了不同网络、不同运营商之间的关系。业务提供商(ASP)可以通过多个网络业务提供商(NSP)提供业务,而接入网提供商(NAP)也可以通过多个NSP获得业务,形成多个交叉。各运营商之间采用开放的接口进行业务传递和参数协商,并在一定程度上达到网络资源的合理使用,用户对业务有了更大的选择权,因此对业务质量也提出了更高要求。

在开放的电信环境中,一条成熟的产业链包含很多环节,每个环节有很多参与者,因此开放的接口非常重要。在WiMax系统中,根据运营商的性质,目前至少应该有5个开放的接口,即运营商之间的开放接口和空中接口(如图3所示),它们分别是:

(1) R_1

空中接口 R_1 是注册终端/移动终端(SS/MS)与BS之间的空中接口。

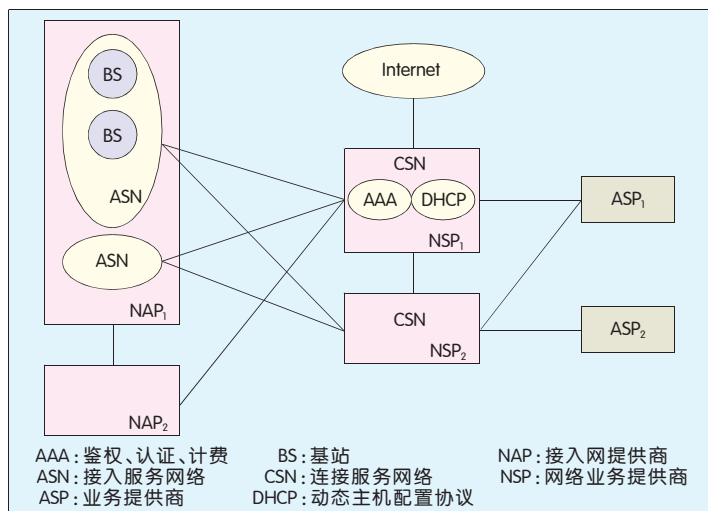
(2) R_2

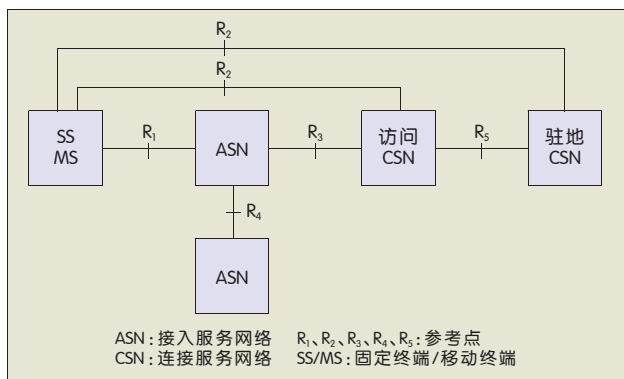
SS/MS与连接服务网络(CSN)之间的接口 R_2 是一个逻辑接口,实现用户认证和业务授权、IP地址管理等管理平面功能。

(3) R_3

R_3 是接入服务网络(ASN)和CSN之间的接口,实现ASN和CSN之间用

图2 WiMax系统构成





◀图3 WiMax系统的接口

户数据的传输和认证、移动性管理等控制信令的交互。

(4) R₄

R₄是ASN之间的接口，在支持移动应用场景时，MS越区时的数据和信令通过R₄实现。

(5) R₅

R₅是归属地CSN与访问地CSN之间的接口，作为支持游牧接入和移动接入的系统，归属地CSN和漫游地CSN之间的用户数据和信令通过接口R₅完成。

目前这些接口协议尚未最终完全确定，但其开放性是确定的，随着网络功能的进一步细化和网络实体的确定，网络内部不同实体间、网络管理系统与网络实体间的接口也有逐步开放的趋势。

4 QoS保障机制

QoS保障机制是WiMax系统重要的特性之一，作为支持移动的无线接入网，WiMax的QoS面临如下问题：

- 无线信道的不确定性
- 移动用户的动态分布
- 业务种类的多样性

这些特性使WiMax的QoS在接入控制、带宽管理等方面具有自己的特性，体现在空中接口规范IEEE 802.16上，具有如下特性：

(1) 基站集中控制

基站集中控制包括接入控制和带宽管理。MAC层接入采用申请/允许机制，与IEEE 802.11a/b的竞争接入载波侦听多点接入/冲突避免(CS-

MA/CA)相比，BS能够有效进行接入管理和带宽管理。

(2) 业务调度类型

IEEE 802.16定义了5种业务调度类型，并明确了每种业务类型所对应的QoS参数，使BS可以采用不同的调度算法，保证不同业务的需求。

(3) 业务流管理

在空中口中没有定义基站采用的调度算法，但对应业务流的不同状态定义了不同业务流标志符及对应QoS参数集。不同业务状态之间的转换可以由SS/MS触发，但转换则由BS决定，这为BS的接入控制和调度算法提供了灵活性。

5 基于WiMax接入的IP网QoS端到端架构

WiMax系统的QoS管理仅局限于接入网内，而端到端的业务需要跨越一个或多个骨干网的QoS管理区域。事实上，业务的QoS保证与业务连接路线的每一部分都紧密相关。

对业务的QoS保证一直贯穿于通信网络发展的始终。在窄带时代，业务单一，业务量小，大多数为有线传输，QoS的实现相对简单。但当数据业务特别是多媒体业务迅速膨胀、Internet广泛普及、无线和移动成为通信领域重要的组成之后，QoS保证机制面临许多问题，并成为通信技术研究重点之一。

端到端的连接能否建立更多取决于传输层和网络层技术，而端到端业务质量的保证则涉及到多个方面。

在ITU-T的Y.qosar草案中，提出了分组网络的QoS体系，将QoS机制的功能划分为3个平面，即数据平面、控制平面和管理平面，分别处理业务流管理、信令、用户信息。从纵向看，贯穿于从应用层到物理层的每个层次，特别是应用层、网络层和传输层，是业务QoS需求和参数的传递；从横向看，则从用户驻地网、接入网、核心网到对端的用户驻地网，在整个业务连接路径上都有相应的QoS机制，才能实现端到端的QoS。

由于不同网络的QoS机制不同，因此实现真正的QoS管理非常困难。一般情况下只能实现在不同QoS管理区域内的分别管理，不同层、不同QoS机制间采用参数映射的方式将业务需求提交到下一个QoS区域内。

IP网络是目前真正意义上的全球性的网络，也是下一代通信网络(NGN)的基础。

目前IP网内有3种QoS机制^[3-8]：

(1) 综合业务模型/资源预留协议

综合业务模型(IntServ)根据业务需求利用资源预留协议(RSVP)在整个业务连接路径上进行资源预留，实现真正的端到端保证。但这种方法占用网络资源过多，不适合大型网络。

(2) 区分服务

网络设备根据每跳行为(PHB)策略按照业务流分类标志进行业务流转发，每个网络设备只保证按照业务优先级顺序向下转发。区分服务是目前广泛采用的技术。

(3) 多协议标记交换

在业务流传递之前先建立传输路径，利用简单的标签标记业务路径。在业务传递时只需查询标签，避免查询复杂的路由表。多协议标记交换可以看为介于二、三层之间的技术，不适合大型网络。

3种技术可以配合使用。除了IntServ/RSVP，另外两种技术的QoS并不能实现真正的端到端QoS，但配合并通过网络轻载、接入控制、流量规划等措施，能够一定程度地实现整个

IP网络的QoS。

WiMax接入网内和空中接口的QoS管理机制在前面已经介绍。如果IP网络采用区分服务(DiffServ)机制,在这个端到端模型中,为了实现端到端QoS,要实现两个映射:

(1)应用层服务等级协议(SLA)至接入网的调度业务类型映射

在用户与业务提供商之间签订的SLA中除了将对业务的主体、有效期、保证体系进行定义外,还将显式或隐式定义业务的QoS参数服务水平规定(SLS)。这些参数可以是应用层的,并在QoS实现中提交给下面的网络层;也可以是直接针对网络层和传输层。业务是丰富多彩的,而且不断推陈出新,因此直接定义业务没有太大的意义,但是通过定义业务的QoS参数并将其作为不同QoS区域的共同约定,则可以在一定程度上对业务的需求达成共识。事实上,在网络层和传输层并不关心业务种类,仅按照这些参数进行QoS控制和管理。

在WiMax之前,能够提供真正QoS的无线接入网几乎没有,因此对WiMax接入网业务SLA/SLS的研究还几乎没有看到,考虑到WiMax对QoS的支持有其特殊性,同时业务种类越来越丰富,对QoS的需求也各不相同,建议WiMax接入网的主要SLS参数至少应该包括调度类型、最小预留速率、最小速率、抖动、延迟、可靠性。

(2)接入网调度业务类型至Diff-Serv的DS映射

IEEE 802.16空中接口的每个连接标识符(CID)都对应一种业务调度类型及对应参数,WiMax接入网内的数据包经过聚合和封装后转交给IP网络。对采用DiffServ机制的IP网络而言,其业务保证机制PHB根据DS域的6位定义值决定,因此有必要对两种网络之间的参数进行约定。在RFC2597中,定义了12种AF(Assured Forwarding)类业务,另外缺省的全“0”的DS对应EF类业务;RFC3246中定义了EF(Expedited Forwarding)类业

务,规范中没有对这些业务的具体参数进行定义,仅仅给出了几类业务的相对优先级关系,实际业务与这些分类业务的对应关系取决于运营商如何规定。在WiMax接入网与DiffServ IP网的边界,需要将WiMax接入网内的调度业务类型映射到DiffServ的区分服务编码点(DSCP)。

QoS机制在不同网络中有所不同,在网络边界都面临参数的映射和交互,大多数QoS机制都只能支持业务优先级方式,如DiffServ、802.1Q等。在不同运营商的网络之间,业务的相对关系根据两网络运营商间的SLA来约定,其中业务等级对应关系是必不可少的。

6 结束语

WiMax系统给接入网增加了许多新的特性,也带来了许多新问题,比如无线环境中的安全保证、动态资源管理、移动性管理等等。目前整个IEEE 802.16系列规范还没有完全成熟,WiMax论坛对网络的研究还处于起步阶段,整个产业链虽然已经有一定规模但还有待成熟,产品的类型和功能还需要丰富,预计真正的支持固定和游牧接入的WiMax系统在2007年会形成规模应用,支持移动接入的WiMax系统则会更晚一些。虽然WiMax存在许多不成熟的地方,但并不影响人们对WiMax系统的期待和对这一技术的研究,因为它是打破无线接入网“瓶颈”的重要一步。

新业务、新技术的不断涌现使QoS成为通信网络永恒的研究课题,QoS也是WiMax备受追捧的原因之一。提供端到端的QoS远比建立端到端的业务要复杂得多,业务等级映射仅仅是目前QoS的一个措施,需要解决的问题还很多,比如:在应用层对业务及参数和各种QoS机制中对业务等级的定义还不一致,还没有真正意义上的端到端QoS管理和策略,无法实现各种不同机制网络间、相邻层间的资源信息交互,无法实现网络资源参数

的测量和QoS参数在不同网间的分解,对于WiMax系统这种支持移动性的网络更需要考虑动态资源预留和管理等。相信这些问题随着研究的深入会逐一得到解决。

7 参考文献

- [1] IEEE P802.16-REVd/D5-2004 Standard for local and metropolitan area networks: Part 16 Air interface for fixed broadband wireless access systems[S]. 2004.
- [2] IEEE P802.16e/D9-2005 Standard for local and metropolitan area networks: Part 16 Air interface for fixed and mobile broadband wireless access systems[S]. 2005.
- [3] RFC 2597 Assured forwarding PHB group[S]. 1999.
- [4] RFC 3246 An expedited forwarding PHB (Per-Hop behavior)[S]. 2002.
- [5] RFC 2474 Definition of the differentiated services field (DS field) in the IPv4 and IPv6 Headers[S]. 1998.
- [6] RFC 1633 Integrated services in the Internet architecture: an overview[S]. 1994.
- [7] RFC 2475 An architecture for differentiated services[S]. 1998.
- [8] ITU-T draft Recommendation Y.Qosar Rev. 2-2003 An architecture framework for support of quality of service(QoS) in packet networks[S]. 2000.

收稿日期:2006-04-17

作者简介



王兵, 中国联合通信有限公司博士后,研究方向为无线宽带接入系统网络架构及关键技术。



张智江, 中国联合通信有限公司技术部总经理, 教授级高工、博士后, 中国“863”计划信息安全专家组成员。主要研究方向为计算机与通信网络、网络安全。



李正茂, 现为中国联通公司副总裁、董事。1988年东南大学无线电专业博士毕业, 曾任国家“863”计划通信技术专家组成员和国家第三代移动通信研究发展领导小组成员。规划和组织了我国首次大规模数字移动通信技术的商用化, 组织实施了中国规模最大的商用IP电话试验工程, 曾以中方首席谈判代表身份与美国高通公司进行CDMA知识产权谈判。