

宽带无线系统中的 QoS 测试技术

俞建如¹, 王 萍², 王 能¹, 钱红微¹, 魏 勇²

(1. 华东师范大学计算机系, 上海 200062; 2. 上海无线通讯研究中心, 上海 200021)

摘要: 分析了宽带无线系统中所承载业务的 QoS 需求, 提出了一种用模拟业务来测试网络 QoS 的技术。在探讨业务特性参数提取的基础上, 实现了 VoIP 业务在 Ixia 设备上的模拟过程, 并用该模拟数据对 Wimax 设备进行了测试。同基于实际业务的网络 QoS 测试技术相比, 该技术具有定量性、通用性、灵活性的优点。

关键词: 宽带无线系统; 服务质量; 业务模拟; Wimax

QoS Test Technology for Broadband Wireless System

YU Jianru¹, WANG Ping², WANG Neng¹, QIAN Hongwei¹, WEI Yong²

(1. Computer Science & Technology Department, East China Normal University, Shanghai 200062;

2. Shanghai Research Center for Wireless Communications, Shanghai 200021)

【Abstract】 The paper analyses QoS requirement of different services in broadband wireless system. The method of service-simulation is proposed to test QoS of a network. Based on detail discussion on the service-characteristic parameters, the VoIP traffic pattern is simulated by Ixia testing device. A real test on Wimax device is carried out using the simulated traffic. Compared to the method based on real-service, this method has such advantages: quantity measurement, generality, flexibility.

【Key words】 Broadband wireless system(BWS); Quality of service; Service-simulation; Wimax

过去的窄带无线通信系统是基于电路交换的单语音业务系统, 不存在业务 QoS 问题, 当无线通信系统转移到基于 IP 包文交换的多业务宽带系统时, 多业务的 QoS 问题就显现出来。业务 QoS 问题主要包括带宽、延迟、抖动和丢失率^[1]。不同的业务对 QoS 有不同的要求, 因此对可预计的 QoS 支持是恒量宽带无线系统性能的主要因素之一。本文在分析宽带无线系统中所承载业务 QoS 需求基础上, 对两种基于业务的 QoS 测试技术: 基于实际业务的 QoS 测试技术和基于模拟业务的 QoS 测试技术进行了讨论。在简要分析前者优缺点的基础上, 讨论了后者的实现方法。最后通过模拟 VoIP 业务来测试某个 Wimax 系统对 VoIP 业务的 QoS 支持情况。

1 承载业务的 QoS 需求

3GPP 根据各个业务的 QoS 需求, 把宽带无线系统中承载的业务分成 4 类: 会话类型, 流媒体类型, 交互类型和后台类型^[2]。

会话类型包括电路交换式语音电话、分组交换式电话、视频会议、网络游戏及其他对时延敏感的应用。流媒体类型业务主要有实时音频流和视频流。交互类型是终端在线获取远程数据的业务类型, 包括 Web 浏览、数据库检索等。后台类型的业务主要是 E-mail 传送、数据下载等。

选取 VoIP、视频流、Internet 接入和 Fax 服务分别代表会话类型、流媒体类型、交互类型和后台类型的业务, 其 QoS 需求如表 1 所示^[2]。

表 1 4 类业务的 QoS 比较(N*表示没有指定要求)

业务类型	时延	带宽	抖动/ms
VoIP	150ms	4~25Kbps	1ms
视频流	10s	20~384Kbps	2s
Internet 接入	<3s/page	N*	N*
Fax	<30s	N*	N*

2 QoS 测试方法

基于实际业务的 QoS 测试和基于模拟业务的 QoS 测试是两种基本的业务 QoS 测试技术。前者是一种带外的测试方法, 必须借助第三方测试工具来旁听通信双方的数据流或者凭借测试人员的听、视觉来判断业务的质量。其测试逻辑如图 1 所示。

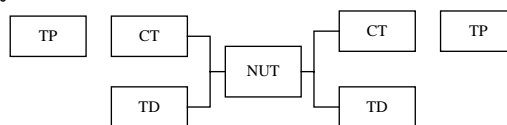


图 1 基于实际业务 QoS 测试逻辑

在测试进行时, 两个通信设备(CT)之间建立一条业务逻辑链路, 测试人员通过观察通信设备上的业务状态来判断网络的 QoS 性能, 比如可以观察下载一个文件、打开一个网站所需要的时间、语音是否有停顿、图像是否有马赛克等。同时可以用测试设备(TD), 比如 Ixia, 在实际的业务流中插入具有一定规律的数据流, 这条流在通过被测网络(NUT)时, 具有和实际业务一样的路由, 因此可以用这条流的 QoS 性能来反映实际业务的 QoS 性能。

该方法形象、直观, 即便是非专业人员也能感觉到网络的 QoS 性能, 同时借助 TD 也可以得到一些性能数据。但是该方法具有如下缺点。

(1) 针对同一业务可以采用不同的业务软件, 因此对运行

基金项目: 国家“863”计划基金资助项目(2005AA123510)

作者简介: 俞建如(1981-), 男, 硕士生, 主研方向: 协议测试, 网络安全; 王 萍, 博士、副研究员; 王 能, 教授、博导; 钱红微, 硕士生; 魏 勇, 工程师

收稿日期: 2006-04-30 **E-mail:** yjrnbu@163.com

在某一业务软件下的业务的测量并不适合于其他的业务软件，测试结果不具有通用性。

(2)测试结果是定性的，无法准确地得到网络 QoS 性能指标。而定量的网络 QoS 指标恰恰是反映网络性能的理论依据。

(3)测试过程不灵活。由于测试的业务是运行在某一业务软件下的，除非业务软件提供了修改业务参数的接口，否则想要改变业务的参数必须修改业务软件的源代码或者更换业务软件。

然而基于模拟业务的测试方法可以克服以上 3 个缺点。

3 基于模拟业务的 QoS 测试技术

3.1 业务特性参数种类

模拟业务 QoS 测试技术通过提取实际业务数据流的一些主要特性参数来模拟实际业务。这些业务特性参数包括数据帧头部的内容、长度的种类、各不同长度的比率，业务的带宽要求、时间特性、上下行关系。业务模拟的本质就是在模拟数据流中反映这些特性的过程。

(1)数据帧头部内容

数据帧头部可以分为两类：业务无关部分和业务相关部分。业务无关部分的内容不受业务类型的影响，如 IP 头部中的 IP 地址字段、TCP 头部中的序列号字段、UDP 头部中的包文长度字段等。业务相关部分的内容在同一业务中是恒定的，如 IP 头部中协议字段、服务类型字段，TCP、UDP 头部中的端口号字段等。本文中要提取的数据帧头部内容特性是指业务相关部分内容。

(2)数据帧长度种类和不同长度数据帧的比率

数据帧长度种类和不同长度数据帧的比率主要受以下 3 个因素影响：主机侧协议栈，网络侧的网络状态和业务本身的交互特性。

不同的业务使用不同的传输层协议，传输层协议分为 TCP 和 UDP。UDP 协议是一种简单的数据包协议，不保证传输的可靠性，也不对发送端进行流量控制。因此使用 UDP 协议来传输的业务，其数据帧的长度种类和比率仅受业务本身交互的影响，同网络的状态无关。但 TCP 协议是面向数据流的协议，用重传和确认机制来为上层提供可靠的传输，并且可以根据网络状态对发送端进行流量控制。因此用 TCP 协议来传输的业务，其数据帧的长度类型和比率不但受业务本身交互的影响，同时还受到网络状态的影响。

(3)业务的带宽要求

实时业务如 VoIP 业务对带宽的要求是确定的，是一种恒带宽业务。比如 12.5Kbits/s 的 VoIP 业务需要的带宽大约为 34Kbits/s。带宽大于 34Kbits/s 的网络对业务的性能没什么影响。然而非实时业务没有明确的带宽要求，其是一种变带宽业务，带宽的高低只影响业务的性能，但不会影响业务的有效性。

(4)业务的时间特性

业务的时间特性是指业务数据流在时间轴上表现出来的业务特性，反映了业务数据流的形状。如 VoIP 业务数据流在时间轴上是连续的，而 Web 业务数据流在时间轴上是间断的。

(5)业务上下行关系

业务上下行关系是指业务上行数据流和下行数据流之间的关系。这种关系包括数据流形状的关系、数据帧长度的关系和数据帧数目的关系。

3.2 VoIP 业务特性提取

(1)数据帧头部内容

IP层通过设置IP头部中DS字段的值来表示数据帧QoS级别^[3]。在IPv4中DS字段取代了TOS字段，在IPv6中DS字段取代了流类型字段。8bit的DS字段分为两个部分，前面的6bit被称为区分服务码(DSCP)。不同的业务分配不同的DSCP，在3G网络中不同业务和DSCP的对应关系如表2所示^[4]。同时VoIP采用了UDP协议和RTP协议。其数据帧头部的内容如表3所示。

表 2 4 种业务的 DSCP 值

业务类型	DSCP
VoIP	101110
视频流	100010
Internet 接入	010010
Fax	000000

表 3 VoIP 业务的数据帧头部内容

IP 头部协议字段	IP 头部服务类型字段	UDP 端口号
0x11	0xB8	偶数

(2)数据帧长度种类和不同长度数据帧的比率

AMR 语音编码是 3G WCDMA 采用的编码技术。假定 BWS 系统也采用 12.2Kbits/s AMR 编码技术加 DTX 功能^[5]，因此在通话期间，每 20ms 将产生 32bytes 负荷的数据包，每分钟产生 1 600bytes 的数据。在静音期间，由于 DTX 功能，每 160ms 内产生 7bytes 负荷的数据包。由于 VoIP 数据包采用“mac+ip+udp+rtp+负荷”封装，因此如果使用 IPv4 协议，在网络上将产生 86bytes/20ms 和 63bytes/160ms 的数据帧(不含 CRC)。

对网络上的实际的 VoIP 业务进行抓包分析，其数据报文长度分布情况如图 2 所示。99% 的报文长度集中在 80~159bytes 这一段，实际长度为 104bytes。而且数据流非常稳定，基本上是每 30ms 发一帧，帧长 104bytes(不含 CRC 校验)，每一帧的负荷数据为 50bytes，每一分钟产生 1 650bytes 的数据，同采用 AMR 编码每分钟产生的 1 600bytes 数据基本相同。其业务的时间特性如图 3 所示，它是一种连续、稳定的数据流。

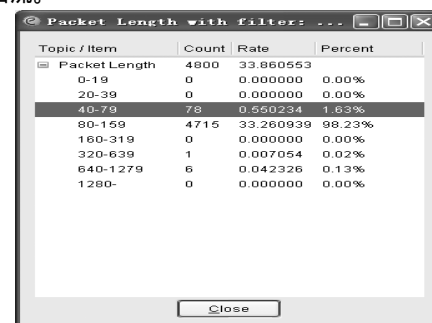


图 2 VoIP 业务的数据帧长度分布

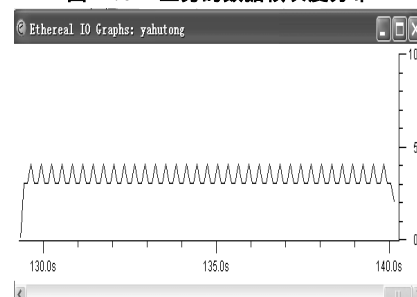


图 3 VoIP 业务的时间特性

采用 AMR 语音编码作为模拟 VoIP 业务的参考,得到两种长度的数据帧:86bytes 和 63bytes,比例为 7:1。

(3)业务的带宽要求

采用 AMR 语音编码技术,12.5Kbits/s 的 VoIP 业务需要的带宽大约为 34Kbits/s。

(4)业务的时间特性

VoIP 业务是一种持续的、恒定的语音流,因此其在时间轴上表现出稳定的、恒定的特性。

(5)业务上下行关系

VoIP 业务上下行是完全对称的业务,因此上、下行数据流形状完全相同。

4 测试环境

本测试采用了本中心研发的 Wimax 设备,并使用了 Ixia 测试仪器。图 4 是室内可视距测试环境图。交换机一端和基站相连,另一端和 Ixia 的一个测试端口相连。Ixia 的另一测试端口和 SS 相连。由于 BS 和 SS 的距离大约为 10m,并且在同一房间内,因此可以用一个 Ixia 做回环测试。BS 和 SS 之间没有遮挡物,测试中只有双向的 12.5Kbits/s 的 VoIP 数据流,没有任何干扰数据流。

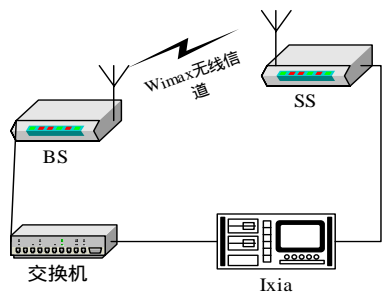


图 4 测试环境

5 测试过程

在本测试中,测试设备 Ixia 使用了 LM100TXS8 板卡,该板卡支持两种数据流产生模式:包文流模式和高级流模式。

在包文流模式下多个流按序发送,并且可以循环,每个流可以设置其带宽、时间特性、数据帧长度、数据帧内容的每一比特。图 5 是在该模式下的流结构。

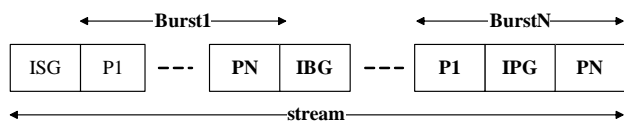


图 5 包文流模式流结构

通过改变 Burst 的数目、单个 Burst 内部 Packet 的数目、Packet 和 Packet 之间的间隔(IPG)、Burst 与 Burst 之间的间隔(IBG)、Stream 和 Stream 之间的间隔(ISG),可以得到两种时间特性的 Stream:一种是连续的 Stream,此时 Burst 的数目为 1;另一种为间断的 Stream,此时 Burst 的数目大于 1,并且 IBG 大于 IPG。当多个流按序传输时,通过改变 ISG 的值可以改变整个流的时间特性。VoIP 测试数据流采用了该模式。整个数据流由 2 个 Stream 组成。两个 Stream 的长度分别为 90B 和 67B。由于 Ixia 采用了百兆网卡,比特时间为 10ns,因此 Stream1 每帧占用的发送时间为 900ns,帧与帧间隔(IPG)为 19.999 1ms。stream2 每帧占用的发送时间为 670ns,因此帧与帧间隔(IPG)为 19.999 33ms。详细数据流配置如表 4 所示。

表 4 VoIP 测试数据流配置

配置参数	Stream1	Stream2
Burst 数目	1	1
单个 Burst 内部 Packet 数目	7	1
IPG	19.999 1ms	19.999 33ms
IBG	0ms	0ms
ISG	19.999 1ms	19.999 33ms

6 测试结果和分析

根据以上分析得到 VoIP 性能特性参数和数据流配置,在图 4 的测试环境中进行一次实际的双工单向延迟测试。部分测试结果如表 5 所示。

表 5 部分延迟测试结果

帧号	上行延迟(us)	下行延迟(us)	帧号	上行延迟(us)	下行延迟(us)
1	24 988.2	15 027.9	6	20 075.2	15 112.7
2	24 997.8	15 047.7	7	20 108.5	15 130.5
3	25 014.5	15 063.3	8	20 118.8	15 149.2
4	25 049.1	15 073.7	9	20 130.7	15 167.4
5	20 056.1	15 095.1	10	20 146.4	15 210.5

对上下行的各 3 000 个数据帧进行分析,用延迟的均值来代表网络的延迟性能,用延迟的标准差来表示网络的抖动性能,采用如下计算公式:

$$Delay = \frac{\sum_{n=1}^{3000} Delay(n)}{3000} \quad (1)$$

$$Jitter = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{3000} (Delay - Delay(n))^2}{3000}} \quad (2)$$

通过对 3 000 个数据帧进行计算,可以得到以下结果:下行平均延迟为 12 622us,抖动为 1 374us。上行平均延迟为 22 367us,抖动为 1 343us。和表 1 的 VoIP QoS 需求比较可以发现该 Wimax 系统在室内可视距测试环境下,延迟和抖动性能上都能满足 VoIP 的 QoS 需求。

7 结论

本文在阐述基于实际业务 QoS 测试技术优缺点的基础上,详细分析基于模拟业务的 QoS 测试技术。从该技术对 Wimax 的测试结果来看,该技术完全可以得到定量的 QoS 性能。通过选取合理的业务性能参数,就可以得到和实际业务极为相似的模拟业务。

参考文献

- 1 Nortel Networks. Introduce to Quality of Service White Paper [EB/OL]. 2003-03. http://www.nortelnetworks.com/products/02/bstkc/switches/bps/collateral/56058.25_022403.pdf.
- 2 3GPP TS22.105 V6.3.0. 2005-03 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects Service Aspects; Services and Service Capabilities(Relase6)[S].
- 3 Network Working Group. Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers[S]. RFC2474, 1998.
- 4 Cisco. IP Class of Service for Mobile Networks White Paper[Z]. 2005. http://www.cisco.com/en/US/netsol/ns341/ns396/ns177/ns443/networking_solutions_white_paper0900aecd802ca841.shtml.
- 5 Renaud C, AriLakaniemi. VoIP in 3G Networks: An End-to-End Quality of Service Analysis[EB/OL]. 2003-12. <http://whitepapers.zdnet.co.uk/0,39025945,60101835p-39000384q,00.htm>.