

IPv6 视频网格中基于用户端的网络性能测量

吴素研, 郭巧, 王健

(北京理工大学信息科学技术学院, 北京 100083)

摘要: 在具有服务质量保证的 IPv6 视频网格系统中, 视频数据采用 TCP 协议传输。该文根据 TCP 协议传输的特点, 采用基于客户端的被动测量技术, 实现了对用户实际获得的视频流网络性能参数延迟、带宽、抖动的测量, 提出了迟到包率的概念和计算方法。

关键词: 视频网格; 被动测量; 网络性能参数; 迟到包率

Network Performance Measurement Based on Client in IPv6 Video Grid System

WU Suyan, GUO Qiao, WANG Jian

(School of Information Science and Technology, Beijing Institute of Technology, Beijing 100083)

【Abstract】 In the system of IPv6 video grid with guarantees of service quality, video data packets are transported by TCP protocol. According to the feature of TCP protocol, this paper utilizes passive measurement based on client method to realize the measurement of the network performance parameter of user's video stream, such as delay, bandwidth, jitter, and proposes the concept and computation method of late rate.

【Key words】 Video grid; Passive measurement; Network performance parameter; Late rate

当今 Internet 提供的是尽力而为的服务, 目前互联网正在进行第 3 次浪潮革命——将互联网升华为网格。美国著名的网格计算项目 Globus 的主持人之一 Ian Foster, 对网格定义中提到的一个首要条件就是为用户提供非凡的服务质量。将来的网格服务应能为用户保证服务质量, 这样, 对服务质量的监测就成为网格系统中的一个重要研究方向。

在 IPv6 下具有服务质量保证的视频网格系统中^[1], 点播用户和服务管理者签订服务等级协议 (SLA), 在服务质量、责任义务、计费方法、违例处理等方面达成协议。这就需要完善的机制对用户获得的服务质量进行监测, 以使用户监控是否得到 SLA 上签订的服务。目前在 IPv6 下运行的视频点播系统, 服务器支持通过 TCP 协议传输的 MMS 协议和 HTTP 协议。本文根据 TCP 传输协议的特点, 采用基于客户端的被动测量技术, 使用户在本机上对点播服务的网络层服务质量进行了监控。并通过对视频点播服务过程的分析, 提出了迟到包率的概念和计算方法。

1 测量的基本原理

目前网络性能测量主要有主动测量和被动测量 2 种方法。主动测量方法是为了监测两指定端点之间的性能而向网络中注入特殊数据包, 这样一来给被测网络引入了新的流量, 会造成新的网络负担。被动测量方法是从网络中的某一点采集真实的网络数据包并统计分析, 这种方法的在网络上不产生附加流量, 不会对网络性能产生影响。

流媒体测量根据测量点的位置可以分为内部测量、中间点测量和端点测量。内部测量在流媒体服务器内部进行, 通常作为服务器系统管理和性能监测的一部分; 中间点测量主要是在流媒体传输的路径上对流媒体传输进行被动式测量; 端点测量在客户端进行, 既可以是主动也可以是被动的。

基于客户端被动测量技术是在客户端采用被动测量方

法, 采集到用户实际得到的流媒体数据包, 根据 TCP 传输协议的特点^[2], 对视频流数据包进行网络性能参数延迟、抖动、带宽的测量, 并根据 VOD 点播的原理, 提出了迟到包率的概念和计算方法。

根据 TCP 协议, 当 2 台主机进行通信时, 每当一台主机收到对方主机发送来的数据包, 都会发送一个确认包: 有数据传输时, 就带上数据; 没有数据传输时, 就发送一个空的确认包。在视频点播系统传输视频数据包时, 一般客户端对服务器端发送的确认包都是空包, 视频服务器给客户端发送的都是带有视频数据的数据包。

本设计程序在客户端运行, 首先抓取指定端口传输的数据包, 包括本端口发送和接收的数据包, 并同时打上截取包时的时间用来计算网络性能的 4 个参数。

1.1 延迟的测量

客户端发送给服务器端的数据包为 C, 服务器给客户端的数据包为 S, 网络延迟 D 的计算如下:

$$\text{if } (c(j).ack = s(i).seq) \text{ then } D(i) = \frac{\text{Time}(s(i)) - \text{Time}(C(j))}{2}$$

其中, seq 是数据包的 TCP 包头中的 Seq 字段, 代表本数据包的序列号。ACK 是数据包 TCP 头中的 ACK 字段, 代表数据包的确认数据包字段, 或者说是希望收到对方下一个数据包的序列号, Time 是数据包被截取时的本地时间戳。

TCP 利用的是滑动窗口协议, 可能发生服务器端发送几个数据包而客户端只返回一个确认包, 又因为滑动窗口一般小于 8, 即使连续发送 8 个数据包, 网络性能变化一般也很

基金项目: 下一代互联网中日交流合作基金资助项目“IPv6-CJ”

作者简介: 吴素研(1977 -), 女, 博士生, 主研方向: 网络 QoS 研究; 郭巧, 教授、博导、博士; 汪健, 硕士生

收稿日期: 2006-07-05 **E-mail:** wusuyan@bit.edu.cn

小, 所以近似认为延迟不变。

1.2 抖动测量

实时业务流的抖动是由网络延时变化引起的, 根据定义, 分组 i 的传输延迟抖动 Jit_D^i 可以通过下式计算:

$$Jit_D^i = (R_i - S_i) - (R_{i-1} - S_{i-1}) = (R_i - R_{i-1}) - (S_i - S_{i-1}) = D_i - D_{i-1}$$

其中, S_i 、 R_i 分别为分组 i 的源端发送时间和目的端接收时间, D 为数据包的延迟。

1.3 迟到包率的测量

VOD 网络性能指标中一个重要的参数是丢包率。对于实时应用来说, 报文丢失主要包括 3 部分: (1) 网络传输过程中因为资源紧张路由器丢弃的那部分报文; (2) 到达时间晚于接收端播放该报文的时刻而被终端丢弃的那部分报文; (3) 缓冲区满溢出的那部分报文。但 TCP 连接是可靠连接, 严格地说不会出现第(1)种丢包。对于目前的客户端, 缓冲区的容量比较大, 也很少出现第(3)种情况。对于第(2)种情况, 因为 TCP 不会出现乱序现象, 所以一个报文会晚于它的播放时刻时, 是由于缓冲区的数据少于播放的数据, 不会导致终端丢弃数据包而是引起视频的暂停, 因此本文提出了迟到包率的概念。

在远程视频播放过程中, 视频存储在 VOD 服务器上, 它通过网络传输到客户端。视频点播时先在客户端建立一个缓冲区存储视频数据, 用来减缓视频带宽变化造成的影响。在连接建立后, 当缓冲区里的数据量达到预加载量时, 开始解码播放。当播放速率小于或等于网络速率时, 视频可以连续播放; 当播放速率大于网络速率时, 会引起缓冲区枯竭, 出现视频不连续、暂停等现象。

假设, 有 N 个数据帧 (单位为 bit), 平滑缓冲区的大小是 B_{client} , 开始预加载的缓冲区大小是 B_{mit} 。另外, 假设播放开始在时间槽 1, 一个帧播放完正好在每一个槽的末尾, 定义传输速率在槽 i 是 r_i , 这样, 为了避免上溢和下溢, 一系列的传输速率 r_1, r_2, \dots, r_N (指的是传输队列) 对于所有的 $k (1 \leq k \leq N)$ 必须满足 $\sum_{i=1}^k s_i - B_{mit} \leq \sum_{i=1}^k r_i \leq \sum_{i=1}^k s_i - B_{mit} + B_{client}$, 其中 s_i 是帧 i 的大小^[3]。

由此可以看出, 当 $\sum_{i=1}^k r_i < \sum_{i=1}^k s_i - B_{mit}$ 时, 缓冲区内视频数据数量不足, 播放处于暂停状态, 直到另外有 n 帧到达使得 $\sum_{i=1}^k r_i + r_1 + \dots + r_n \geq \sum_{i=1}^k s_i - B_{mit}$, 播放才能继续, 这时 n 就是引起这次暂停迟到的视频包的数目, 累计所有这些包的总数用 $L(n)$ 代表, 整个视频传输过程中视频数据包用量用 $R(n)$ 表示, 则迟到包率 $F = L(n)/R(n)$ 。网络层的性能参数迟到包率在应用层表现为用户点播过程中暂停时间相对大小。

1.4 网络带宽的测量

网络带宽定义为传输视频数据流所占有的有效带宽, 是单位时间内客户端接到视频数据包的 TCP 载荷量总和。

$$Bwidth = \frac{\sum_{i=1}^n p_{(i)} \cdot tcp_payload}{Time_{last} - Time_{first}} \times 1000kbs$$

其中, $\sum_{i=1}^n p_{(i)} \cdot tcp_payload$ 是从时刻 $Time_{first}$ 到时刻 $Time_{last}$ 期间内用户接收视频数据包的 TCP 载荷量的总和, 单位是 bit。 $Time_{first}$ 和 $Time_{last}$ 的单位是 ms, 带宽单位是 kbs 。

2 系统实现

本监测系统运行在 IPv6 环境中, 客户端运行在 Linux 系统下, 以 Libpcap 库为基础^[4], 线形图形式表现视频点播中网络性能参数延迟、抖动、带宽和迟到包率。模块可分为 3 个层次,

底层为上层提供所需数据, 上层根据底层提供的数据进行相应的处理。图 1 是视频点播客户端 QoS 参数测量模块框架。

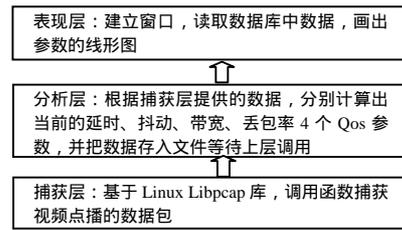


图 1 参数测量模块框架

捕获层基于 Linux Libpcap (PacketCaptureLibrary) 库。该库提供的 C 函数接口可用于需要捕获经过网络接口 (通过将网卡设置为混杂模式, 可以捕获所有经过该接口的数据包, 目标地址不一定为本机) 数据包的系统开发上。它是一个与实现无关的, 访问操作系统所提供的分组捕获机制的分组捕获函数库, 用于访问数据链路层。

模块的核心为分析层, 它负责把从捕获层得到的网络数据, 分析计算出延时、抖动、带宽、迟到包率 4 个 QoS 参数, 并把它们存入文件中供表现层调用。

表现层读取分析层提供的数据, 为用户提供直观的窗口界面, 在界面里分别显示了延时、抖动、带宽、迟到包率 4 个服务质量参数的线形图。它的显示分为 2 个部分: (1) 视频点播期间网络性能参数实时表示; (2) 视频数据传送完毕, 整个点播过程网络性能参数显示。

3 实验数据

目前设计的服务质量监测模块工作在北京理工大学 IPv6 视频网格点播系统中, 工作运行正常。图 2~图 5 是同一时刻有服务质量保证和没有服务质量保证用户点播的数据。

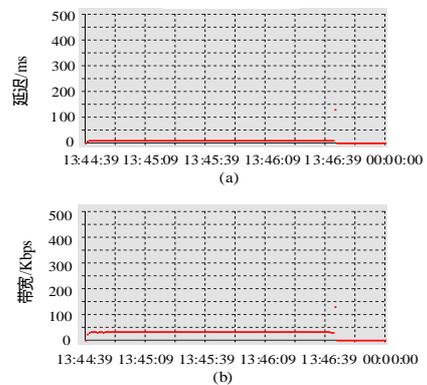


图 2 高级用户点播过程延迟和带宽

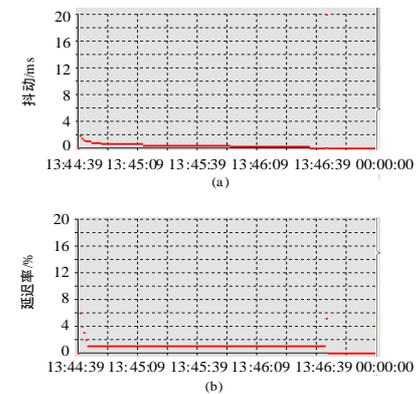


图 3 高级用户点播过程抖动和延迟率

(下转第 143 页)