

## 摘 要

随着网络宽带化的发展趋势，人们不再满足于信息高速公路中仅有文本、图像或声音这一类简单的信息，而越来越希望更直观、更丰富的新一代信息的表现形式。作为多媒体和网络领域的交叉学科，流媒体技术的应用和研究得到了迅速发展。

本文首先介绍了移动流媒体技术的基本特征，阐述了 3GPP PSS 规范的相关协议。流媒体是一种宽带业务，对于网络带宽、抖动、延迟和丢包率都有较高的要求。因此，用户使用流媒体服务时，可能会产生黑屏、马赛克、图像停格、声音时断等现象。

为解决流媒体播放时发生的问题首先应该得到它的量化描述，因此，针对当前流媒体测试手段的不足，本文提出了一种移动流媒体测试方法，包括测试系统的系统架构和逻辑结构，是一套自动记录异常、结果精确，少量人工参与、统计方便的流媒体测试系统。

本系统测试客户端程序是基于 Microsoft 提供的 SDK 开发的，在点播流媒体的过程中准确地模拟用户的点播动作并自动采样流媒体的各项性能指标，比如质量、比特率等。在点播结束时，测试客户端程序将流媒体性能指标与异常现象的相关数据采集，并通过网络上传至测试服务器，存储在测试数据库中。最后，通过测试服务器的软件通过对测试结果数据配置、查询并分析，并最终生成测试所需要的统计报表。整个过程是全自动完成的，从而节省了大量的人力资源。

然后，作者阐述了流媒体业务系统所关注的主要测试内容，并对应于此测试系统提出了一些典型测试用例，包括基本业务测试，流媒体协议测试和计费功能测试。

最后，作者总结了本文主要工作，并对进一步研究内容和测试系统的扩展进行了展望。

**关键词：**移动流媒体，测试方法，测试系统，测试用例，3G

## Abstract

These days, in consequence of the development of network bandwidth, the simplex information such as text, magic or sound in information highway is by no means satisfied demands. The new generation information with direct viewing and colorful manifestation is increasingly required. As an interdisciplinary in multimedia and network field, the application and research of streaming media technology get rapidly developed.

The basic characteristics of the mobile streaming media are firstly introduced and then the related protocols of the criterion of PSS in 3GPP are expatiated in the paper. The streaming media is a wideband service, which requires high network bandwidth, low jilter, low delay and few lost packet rate. Consequently, some bad phenomenon such as fade-to-black, mosaic and voice interruption are coming as users apply the streaming media service in peak time.

To resolve the described problems above, the description in quantity should be obtained firstly. Aimed at the defects of current testing methods in streaming media, we creatively bring forward a testing method for streaming media over 3G, including framework and logical structure of system, which is an abnormity recorded automatically, precise, high-automatic and convenient streaming media test system.

The client end testing program is developed based on the SDK provided by Microsoft. In the course of the program play, it could precisely simulate the action of the user, and automatically sample many performance parameters of the streaming media, say, quality, and bit rate. When the play is over, the quantity of performance parameters and abnormality logs are collected by the client end testing program, and then the data is transmitted to the server by network and stored in testing database. At last, after configuring, searching and analyzing the tested data by testing software, the needed statistical reports are produced. Completing the entire flow automatically, a mass of mans are saved.

What's more, the main testing contents focused on by the streaming

media system are expatiated. Several typical testing examples related to this system are presented, including basic service testing, protocol testing on streaming media and recording expense function testing.

Finally, the main works of this paper are summarized and the content of further study and some possible future research points about the test system are given rise to.

**Key words:** Mobile Media Streaming; Testing Method; Testing system; Testing content; 3G;

# 独创性声明

本人声明所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得重庆邮电大学或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示谢意。

学位论文作者签名：陈亦群 签字日期：2007年4月20日

## 学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解重庆邮电大学有关保留、使用学位论文的规定，有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅。本人授权重庆邮电大学可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。

(保密的学位论文在解密后适用本授权书)

学位论文作者签名：陈亦群 导师签名：Raymond Shu  
签字日期：2007年4月20日 签字日期：2007年4月20日

## 第一章 绪论

### 1.1 研究背景

流媒体出现之前，人们若想从网络上观看影片或收听音乐，必须先将影音档案下载至计算机储存后，才可以点选播放，不但浪费下载时间、硬盘空间，也无法满足消费者使用方便及确切的需要。“流”概念的提出，彻底改变了因特网上媒体的处理方式。与以往必须等待全部文件下载完毕后才能播放的方式不同，流媒体可以在文件下载的同时进行播放。因特网上传输的数据在被播放后，即被丢弃。而且用户可以在播放流媒体时，对它进行控制，当然这需要相应的服务器支持。

作为多媒体和网络领域的交叉学科，流媒体技术的应用和研究得到了迅速发展。多媒体使计算机能够综合处理声音、文字、图像和视频，它以丰富的声、文、图信息和方便的交互性，极大地改善了人机界面，改变了人们使用计算机的方式，从而为计算机进入人类生活和生产的各个领域打开了方便之门，给人们的工作、生活和娱乐带来了深刻的变化。随着网络宽带化的发展趋势，人们不再满足于信息高速公路中仅有文本、图像或声音这一类简单的信息，而越来越希望更直观、更丰富的新一代信息的表现形式，流媒体（media streaming，又称 streaming media）技术由此便应运而生。<sup>[1]</sup>

网络多媒体的发展方兴未艾，这得益于两个方面：多媒体技术促进了计算机的人性化，而网络技术促进了计算机的普及化。面向计算的传统计算机功能简单而操作复杂，而多媒体技术通过视频、音频和更广义的人机交互等手段拓展了计算机的功能，同时降低了计算机的操作复杂度。计算机硬件水平按照摩尔定律飞速发展，多媒体数据的存储、压缩、检索和渲染技术也逐渐成熟，多媒体技术已进入其发展的高潮阶段。Internet 为广大用户提供了规模非常大的信息服务，极大地提高了人们获得信息的能力，日益成为人们通信、交流、娱乐、工作的重要信息工具。目前，Internet 使世界日益变成一个“地球村”，在这样的背景下，多媒体和网络的交叉课题——流媒体的发展成为一个必然结果。流媒体的应用系统、国际标准和基础研究正成为目前产业界和科研机构密切关注的焦点。

### 1.1.1 流媒体简介

所谓流媒体是指在网络中使用流式传输技术的连续时基媒体，例如：音频、视频、动画或其他多媒体文件。我们经常在网上看到的 Flash 动画就是一种形式的流媒体。流媒体应用的一个最大的好处是用户不需要花费很长时间将多媒体数据全部下载到本地后才能播放，而仅需将起始几秒的数据先下载到本地的缓冲区中就可以开始播放，后面收到的数据会源源不断输入到该缓冲区，从而维持播放的连续性，因此流媒体播放器通常只是在开始时有一些时延。流媒体系统要比下载播放系统复杂得多，所以需要将多媒体的编解码和传输技术很好地结合在一起，才能确保用户在复杂的网络环境下也能得到较稳定的播放质量。流媒体为了解决带宽问题以及缩短下载时间，而采用了较高的压缩比，因此用户感受不到很高的图像和声音质量。

### 1.1.2 流式传输技术

流媒体传输时，声音、影像或动画等时基媒体由音/视频服务器向用户计算机连续、实时地传送。实现流媒体的关键技术是流式传输。流式传输的定义很广泛，现在主要是指通过网络传送媒体（如视频、音频）的技术总称。

流式传输<sup>[2][3]</sup>分为顺序流式传输（Progressive Streaming）和实时流式传输（Realtime Streaming）。

#### ● 顺序流式传输

顺序流式传输是顺序下载，在下载文件的同时用户可以观看在线媒体。在给定时刻，用户只能观看已下载的那部分，而不能跳到还未下载的前头部分。这种方式不像实时流式传输在传输期间根据用户连接的速度做调整。由于标准的 HTTP 服务器可发送这种形式的文件，也不需要其他特殊协议，它经常被称作 HTTP 流式传输。顺序流式传输比较适合高质量的短片段，如片头、片尾和广告，由于该文件在播放前观看的部分是无损下载的，所以这种方法能够保证电影播放的最终质量。但这就意味着用户在观看前，必须经历延迟，对较慢的连接尤其如此。

顺序流式文件存放在标准 HTTP 或 FTP 服务器上，易于管理，基本上与防火墙无关。顺序流式传输不适合长片段和有随机访问要求的视频节

目，如讲座、演说和演示等，它也不支持现场广播。严格地说，它是一种点播技术。

### ● 实时流式传输

实时流式传输指保证媒体信号带宽与网络连接匹配，使媒体可被实时观看到。实时流与 HTTP 流式传输不同，它需要专用的流媒体服务器与传输协议。

实时流式传输总是实时传送，特别适合现场事件，也支持随机访问，用户可对观看内容进行快进或后退。理论上，实时流一经播放就不可停止，但可进行周期暂停。

实时流式传输必须匹配连接带宽，这意味着在以调制解调器速度连接时图像质量较差。而且，由于出错丢失的信息被忽略掉，网络拥挤或出现问题时，视频质量很差。如想保证视频质量，顺序流媒体传输也许更好。实时流媒体传输需要特定的服务器，如：QuickTime Streaming Server, RealServer 与 Windows Media Server。这些服务器允许对媒体发送进行更多级别的控制，因而系统设置、管理比标准 HTTP 服务器更复杂。实时流媒体传输还需要特殊网络协议，如 RTSP (Realtime Streaming Protocol) 或 MMS (Microsoft Media Server)。这些协议在有防火墙时有时会出现问题，导致用户不能看到一些地点的实时内容。

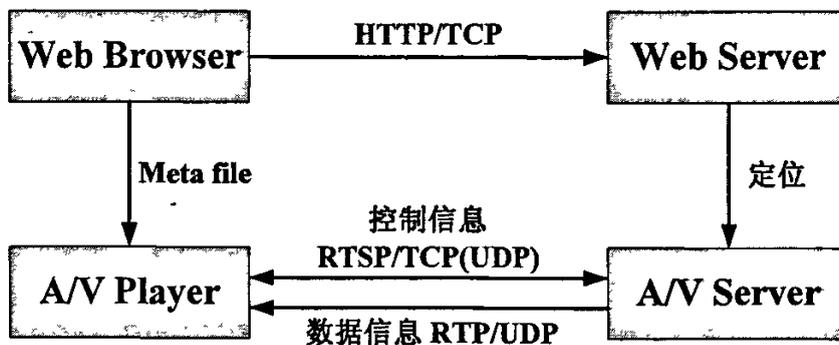


图 1.1 流式传输基本原理

流式传输模式一般会使用 RTP/UDP、RTSP/TCP 两种通信协议与 A/V (Audio/Video) Server 建立联系，将服务器的输出重定向到一个运行 A/V Player 程序所在客户机的目的地址。如图 1 所示，流式传输系统一般都要配置一套专用的服务器和播放器。

### 1.1.3 流媒体的发展现状

随着信息社会的快速发展,流媒体技术在互联网媒体传播方面起到了主导的作用。其中视频点播、远程教育、视频会议、Internet 直播、网上新闻发布、网络广告等方面的应用空前广泛,方便了人们全球范围内的信息、情感交流。

流媒体成为互联网应用的主流,并因其广泛而又独特的魅力占领互联网重要市场,从而推动互联网整体架构的革新,拉动信息经济的发展。近几年来,流媒体技术在世界范围内已有应用,特别是 1995 年推出第一个 Internet 流媒体播放器以来,Internet 流媒体应用有了爆炸性增长,互联网的发展决定了流媒体市场的广阔前景。曾经有一组来自国际权威机构的调查,仅 2000 年在网上访问流媒体的人数增加 65%,西方网络发达国家访问流媒体的人数已达到 1.1 亿人,约占网民的 1/3,在亚洲也迅速增加到 2500 万人,将近网民的 1/9。与用户增长相呼应,逐年地,互联网上视频流媒体技术应用大幅度增长。如今,流媒体市场已经呈现巨大的收入潜能。巨大的市场吸引越来越多的企业参与竞争。前些年,Apple、Cisco、Kasenna、Philips 和 Sun 宣布成立互联网流媒体联盟(ISMA),意在共同推动流媒体市场,并制订相应的开放标准和实施协议。一个全球化的流媒体市场和竞争格局那时已初步形成,如何在这个市场取得份额,成为当前诸多企业关注的焦点。[4]

近年来,无线通信技术的发展进入了空前活跃的阶段,音频、视频和数据的无线传输成了网络信息技术的核心。无线网络与有线网络相比成本低,随着芯片价格的下跌以及消费者对无线网络的期待,无线网络必然成功。而且,随着第三代移动通信的发展,各种不同移动业务的出现,为宽带视讯业务提供了广阔的市场前景,无线视讯业务将成为未来无线移动通信业务新的亮点。视频通信对于我们来说并不是一个新事物,但无线视讯就不这么简单了。无线网络与固定网络相比,不受时间和地点的限制,但是有更多的问题需要面对和解决。首先,视讯业务的数据量大,受带宽的限制,对误比特率要求高。其次,无线信道具有时变、易错等特点。在无线视讯系统的实用化过程中将会面临更多的问题。因此,要实现无线视频通信,必须对视频信号和无线信道两方面提出一个高要求。

目前,3GPPTS.107 中已经明确提出了对流媒体业务的需求。为探索这一新的媒体形式的市场机会,爱立信、Apple、以及 SunMicrosystem 正

合作建立一项标准，共同推动这一新的多媒体移动业务的开发及消费。在第十一届上海国际通信展上，爱立信公司已经展示了它与 Apple 公司合作开发的即时访问多媒体业务的流媒体解决方案，这个端到端的解决方案遵循 3GPP 标准，可以使多媒体服务以流的形式下载到移动设备上播放。在日本，NTT DoCoMo 已经基于流媒体技术推出了多种多媒体应用，并取得了巨大的成功。

目前，3GPP 提出了一种定义在 3GPP 移动网络交互流媒体服务框架的规范：端到端的包交换流媒体服务（PSS：Packet Switched Streaming Service）。这一框架的重新使用，是通过 IETF（主要负责协议、负载格式），W3C（主要负责场景描述），MPEG，ISO 和 ITU（主要负责编解码，媒体文件格式）等组织进行的。PSS 首先是出现在 3GPP Release 4 版本中。在 3GPP2 的多媒体流式服务（MSS）规范中也正进行着相似的工作。

## 1.2 流媒体研究面临的挑战

多媒体与传统数据有着显著的区别：

- 多媒体数据量远远大于传统媒体数据。典型的 MPEG-1 码率为 1.5Mbps，1 分钟 MPEG-1 码流的数据量高达 11.25MB，远远超出了传统媒体的数据量。
- 多媒体有媒体质量属性。如视频、音频均可用峰值信噪比（PSNR）来衡量媒体质量，部分丢失媒体数据是媒体质量下降，但不至于使信息完全丢失。
- 用户对多媒体数据有特殊操作。在 VOD 系统中，用户交互包括暂停、恢复、前跳、后跳等，这些操作都是多媒体应用所特有的。因此，流媒体与传统网络媒体也有着显著的差别。

### 1.2.1 流媒体 QoS

流媒体 QoS 由如下因素组成：

- 媒体质量（media quality）。媒体质量是衡量流媒体服务的重要指标，对于视频或音频数据，可用峰值信噪比 PSNR（Peak Signal Noise Ratio）等进行衡量。
- 启动延迟（startup latency）。启动延迟是指终端用户发出请求到接受服务之间的延迟。

- 抖动 (jitter)。抖动是流媒体服务中特有的 QoS 问题。流媒体的时间相关性很强, 帧间的时间限制必须严格遵循, 否则用户将明显感觉到视频不连贯。
- 用户交互也是流媒体的一个特性, VOD 系统有必要为用户提供 VCR (Video Cassette Recorder) 操作支持。

网络系统负责流媒体的传输, 在网络系统中影响流媒体 QoS 的因素很多, 典型的有带宽 (bandwidth)、Internet 分组丢失率 (packet loss rate)、无线网络误码差错 (error)、网络异构性 (heterogeneity) 以及网络延迟 (delay) 等。

### 1.2.2 流媒体系统性能

流媒体应用不仅要考虑端到端 QoS, 还要考虑系统整体性能。系统效率 (efficiency) 是最重要的系统性能指标。视频服务器常用可同时支持的最大用户数来衡量系统效率, 组播是提高系统效率的有效手段。我们在提高系统硬件能力的同时, 还需要设计高效的资源管理策略与调度算法, 或利用分布式、层次结构、代理服务器以及 Peer-to-Peer 等模型提高系统效率。其他系统性能参数还包括系统安全性、系统服务公平性、系统可靠性等。

### 1.2.3 移动流媒体

随着移动通信的迅速发展, 移动流媒体技术被认为是移动增值业务的一个热点, 它开创了无线通信与互联网、视频融合的新时代。随着 3G 网络建设、基础设施的完善、移动终端功能的增强和媒体内容的丰富, 流媒体业务必将会成为未来移动通信业务新的增长点。

移动流媒体业务的开展给移动增值服务带来了新的希望, 移动流媒体系统和传统的固网流媒体系统有相似的地方, 但由于在移动流媒体业务的发展过程中, 存在如下问题, 面向无线网络的流媒体应用对当前的编码和传输技术提出了更大的挑战:

- 无线网络带宽窄, 干扰严重

CDMA1X 与 GPRS 分别作为当前中国联通与中国移动的主流 2.5G 无线网络技术, 网络传输带宽较之以前有了很大的提高, 但仍然十分有限。CDMA1X 在理论峰值情况下下载传输速率达到 144kbps, 但实际情况下,

稳定的传输速率通常在 70kbps 左右。GRPS 在理论上可以达到 115kbps, 但实际情况下, 稳定的传输速率通常在 20kbps 左右。并且随着使用用户的增加, 网络的性能将会进一步下降。另外无线网络的干扰严重, 导致网络传输的误码的可能性大大增加。

- 移动终端处理能力低, 内存容量小

虽然目前国内市场上基于 ARM9 或是与此同等能力的芯片的高端手机已经越来越多, 但由于手机中低端用户基数庞大而带来的巨大的市场商机, 使得各个终端厂家对中低端用户尤为重视。因此目前占市场份额最多的、主流的手机仍然采用的是 ARM7 系列的芯片, 处理能力在几十个 MIPS 左右。

目前移动终端的内存容量通常也比较有限。市场上主流的 BREW 手机预留给应用程序的动态内存通常在 700KB 左右; 基于 J2ME 的手机预留给应用程序的动态分配的内存通常在 64KB 或 128KB; 基于 Symbian/Linux/Windows Mobile 等高端手机预留给应用程序的动态分配的内存存在 1-4MB 左右。

- 终端系统平台、LCD 多样化

相对于 PC 的平台而言, 移动终端的系统平台多样化更加明显, 常见的系统平台有 Symbian、Linux、Windows Mobile、Palm OS 以及一些私有平台。移动终端系统多样化在很长的一段时间内将会继续存在。为了提供一个统一的手机应用程序运行环境, J2ME 与 BREW 应运而生。但不同的厂家对 J2ME 与 BREW 的支持通常都存在差异。平台的多样化加上 LCD 大小不一, 使得实现适应多种移动终端的应用程序难度非常大。

面对多样的无线环境, 为了更高效、更稳定地为用户提供服务, 测试和评价移动流媒体的服务质量, 成为了目前很多专家和学者考虑的重要问题。

## 1.3 论文结构

本文共分五章。

第一章为绪论。本章介绍了移动通信的发展和研究现状, 分析了 3G 所面临的流媒体业务需求。阐明了流媒体测试方法研究具有十分重要的价值。

第二章为流媒体技术概述。本章对目前的流媒体业务的背景以及相关的协议标准进行了归纳和阐述, 包括对 3GPP 中 PSS 流媒体服务规范目前

的研究现状总结。

第三章为 3G 流媒体测试方法研究。本章对 3G 流媒体测试系统的系统架构和逻辑结构进行了详细的设计和阐述。

第四章为流媒体测试内容及用例设计。本章对流媒体测试的内容进行阐述，并设计部分测试用例。

第五章为结束语。本章总结了本文所做工作，并探讨了进一步的研究方向。

## 第二章 流媒体技术概述

### 2.1 流媒体系统

流媒体是由各种不同软件构成的，这些软件在各个不同层面上互相通信，基本的流媒体系统包含以下 3 个组件<sup>[5]</sup>：

编码器（Encode），用来将原始的音频视频转化为流媒体格式的软件。

服务器（Server），用来向用户发送流媒体的软件。

播放器（Player），用来播放流媒体的软件。

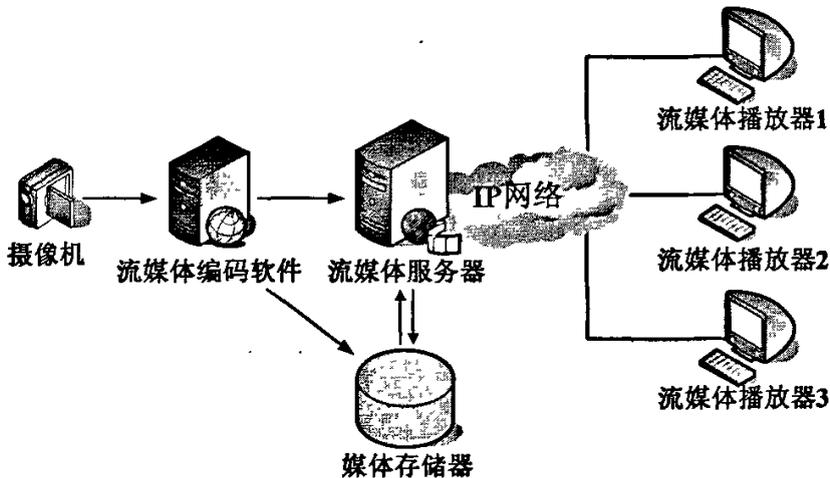


图 2.1 流媒体系统的三个组件

这些组件之间通过特定的协议互相通信，按照特定的格式互相交换文件数据。有些文件中包含了由特定编解码器解码的数据，这种编解码器通过特定算法压缩文件的数据量。

#### 2.1.1 编码器

在我们观看或收听流媒体之前，原始音频、视频文件必须先转换成流格式，以便在因特网上传播。这项工作由流媒体编码器来完成。称这一过程为“编码”（encoding）。

编码过程包括两项工作。其一是在尽可能保证文件原有声音影像质量的情况下,降低文件的数据量。其二是按照容错格式将转换后的文件打包,这种处理方式能避免数据传输时发生丢失。

### 2.1.2 服务器

文件在编码之后,即被存放在流媒体服务器上。流媒体服务器在某种程度上,就像 Web 服务器一样,都是在处理来自客户端的请求。当然,它们的共同点仅此而已。

流媒体服务器在流媒体传输期间,必须同用户的播放器保持双向通信。这种通信是必需的,因为客户可能随时暂停或快放一个文件。

流媒体服务器的主要功能:

- 响应客户的请求,把媒体数据传送给客户。
- 响应广播的同时能够及时处理新接收的实时广播数据,并将其编码。
- 可提供其他额外功能,如:数字权限管理(DRM),插播广告,分割或镜像其他服务器的流,还有组播。

流媒体服务器的服务方式:

- 单播。在客户端与媒体服务器之间建立一个单独的数据通道,从 1 台服务器送出的每个数据包只能传送给 1 个客户机。
- 组播。在以组播技术构建的网络上,允许路由器一次将数据包复制到多个通道上。
- 点播与广播。点播连接是客户端与服务器之间的主动的连接,在点播连接中,用户通过选择内容项目来初始化客户端连接,用户可以开始、停止、后退、快进或暂停流。广播指的是用户被动地接收流,在广播过程中,数据包的单独一个拷贝将发送给网络上的所有用户,客户端接收流,但不能控制流。

### 2.1.3 播放器

流媒体播放器是一种能够与流媒体服务器通信的软件,这种软件能够播放或丢弃收到的流媒体数据。流媒体播放器既可以像应用程序那样独立运行,也可以作为 Web 浏览器的插件。

流媒体播放器通常都提供对流的交互式操作,比如:播放、暂停、快

放等。某些播放器还提供一些额外的功能，比如录制、调整音频或视频，甚至提供文件系统记录你喜欢的流媒体文件。

在众多的播放器中，使用最广泛的有：RealNetworks 公司的 RealPlayer、微软的 Windows Media Player 和苹果公司的 QuickTime 播放器。

## 2.2 流媒体的网络传输与控制协议

在多媒体通信需求日益高涨的今天，传统的网络从底层的物理结构、中层的传输协议到高层的应用体系都不能满足多媒体业务的需要。设计新的网络协议以适应多媒体业务流传输是一个必然的趋势。

### 2.2.1 实时传输协议 RTP

实时传输协议 RTP (Real-time Transport Protocol) [6][7]最初是在20世纪70年代为了尝试传输声音文件，把包分成几部分用来传输语音、时间标志和队列号。经过一系列发展，RTP第一版本在1991年8月由美国的一个实验室发布，1996年形成标准版本。Netscape Live Media, Microsoft NetMeeting 都是基于RTP的。

RTP协议的核心是其数据包格式。数据包是RTP对数据传输的封装单位，典型的数据包由包头和载荷组成，在协议中仅定义了包头的数据结构，而不限制载荷大小，载荷与应用相关。RTP包头由对载荷的描述信息构成，下图为RTP包头的结构：

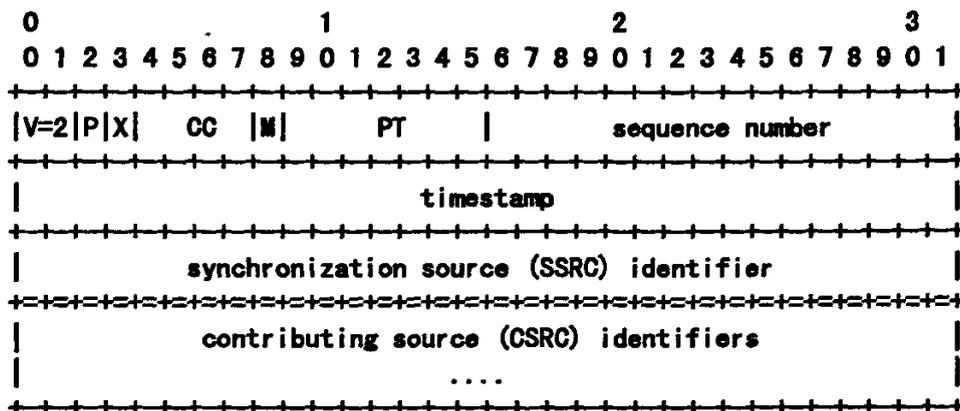


图 2.2 RTP 包头结构

RTP数据包头由16字节组成，其中最后4字节CSRC域可选。其中各个数据域的描述如下：

**1、协议版本号(V): 2 bits**

这个域指定了RTP协议的版本号。如果使用RFC3550，则该域被指定为20。

**2、填充标记(P): 1 bit**

如果这个域被置为1，则这个RTP数据包的尾部包含了一个或多个额外的填充字节，这些字节并不是载荷的一部分。填充字节的最后一个字节指定了填充字节的个数，包括它自身在内。填充字节可应用于一些需要固定块大小的加密算法，或者是用于满足它的更低层协议数据单元的需要。

**3、扩展标记(X): 1 bit**

如果这个域被置为1，则这个RTP数据包头的后面必须跟一个扩展头，扩展的具体格式请参见相关文档，一般不推荐使用头扩展。

**4、CSRC计数器(CC): 4 bits**

这个域指定了RTP包头中的CSRC标识的个数。

**5、标志位(M): 1 bit**

标志位的功能依赖于载荷类型PT。比如说它可以用于标识视频数据传输中每帧的开始。

**6、载荷类型(PT): 7 bits**

这个域用于标识RTP数据包内载荷的类型，例如H. 263视频、MPEG-2音频、JPEG等。默认的载荷类型映射由RFC3551规定。除了在RTP会话建立时指定载荷类型，发送端还可以中途决定改变视音频的编码方法。发送端只需要改变这个域就可以通知接收端。

**7、序列号(Sequence Number): 16 bits**

一个RTP传输会话中的所有RTP数据包依次编号，这个编号就是序列号。从安全的角度考虑，序列号应该从一个随机数开始。每发送一个RTP数据包序列号就加1，接收端可以用它来检查数据包是否有丢失并按顺序号处理数据包。

**8、时间戳(TimeStamp): 32 bits**

这个域用于标识RTP数据包载荷的时间信息。它反映RTP数据包中第一个字节的采样时刻(时间)。接收端可以利用这个时间戳去除由网络引起的信息包的抖动，并且在接收端为播放提供同步功能。时间单位和精度由具体应用决定。

**9、同步源标识SSRC (Synchronization SouRce Identifier): 32 bits**

这个域标识数据源。它用来标识RTP数据包流的起源，在RTP会话或者期间建立的每个数据包流都有一个清楚的SSRC。SSRC不是发送端的IP地址，而是在新的数据包流开始时源端随机分配的一个号码。在VOD系统中，SSRC可用于标识不同的视频服务器。

#### 10、贡献源标识CSRC列表(Contributing Source Identifiers): 32 bits

这是一个可选项，一个RTP包头可以包含0~15个CSRC，其数目由包头的CC域指定。这个域指定了包里载荷的贡献源，贡献源其实是某个SSRC。在应用中，贡献源标识是由混合器(Mixer)插入的。

RTP被定义为在一对一或一对多的传输情况下工作，其目的是提供时间信息和实现流同步，例如：音频、视频或模拟数据。RTP不处理资源预定，并且不保证实时服务的服务质量。在PSS中，RTP通常使用UDP来传送数据。

影响多媒体数据传输的一个重要的问题就是不可预料数据到达时间，但是流媒体的传输是需要数据的适时的到达用以播放和回放。RTP协议就是提供了时间标签、序列号以及其它的结构用于控制实时数据的流放。在流的概念中“时间标签”是最重要的信息。发送端则依照即时的采样在数据包里隐蔽地设置了时间标签。在接收端收到数据包后，就依照时间标签按照正确的速率恢复成原始的实时数据。但是RTP本身并不负责同步，RTP只是传输层协议，简化了传输层处理过错，提高该层的效率。将部分传输层协议功能(比如流量控制)上移到应用层完成。它没有传输层协议的完整功能，不提供任何机制来保证实时地传输数据，不支持资源预留，也不保证服务质量，RTP报文甚至不包括长度和报文边界的描述。同时RTP协议的数据报文和控制报文使用相邻的不同端口，这样大大提高了协议的灵活性和处理的简单性。RTP协议和UDP二者共同完成运输层协议功能。UDP协议只是传输数据包，是不管数据包传输的时间顺序。RTP的协议数据单元是用UDP分组来承载。

### 2.2.2 实时控制协议 RTCP

实时控制协议RTCP (Real-time Transport Control Protocol) [6][7]最新定义在2003年提出的RFC3550中。RTCP是设计和RTP一起使用的进行流量控制和拥塞控制的服务控制协议。RTP本身并不能为按顺序传送数据包提供可靠的传送机制，也不提供流量控制或拥塞控制，它依靠RTCP提供这些服务。在RTP的会话期间周期的发放一些RTCP包以用来监听服务质量和交

换会话用户信息等功能。接收端定期将报告信息发送给发送端（报告信息包括：接收端测量到传输过程中的不稳定情况和信息包丢失的数量等统计信息），发送端可根据这些信息动态地改变传输速率，甚至改变有效载荷类型。

RTCP主要有以下功能：

- 用反馈信息的方法来提供分配数据的传送质量，这种反馈可以用来进行流量的拥塞控制，也可以用来监视网络和用来诊断网络中的问题；
- 为 RTP 源提供一个永久性的 CNAME(规范性名字)的传送层标志，因为在发现冲突或者程序更新重启时 SSRC(同步源标识)会变，需要一个运作痕迹，在一组相关的会话中接收方也要用 CNAME 来从一个指定的与会者得到相联系的数据流（如音频和视频）；
- 根据与会者的数量来调整 RTCP 包的发送率；
- 传送会话控制信息，如可在用户接口显示与会者的标识，这是可选功能。

RTP和RTCP配合使用，它们能以有效的反馈和最小的开销使传输效率最佳化，因而是一种特别适合传送网上的视频流实时传输的反馈控制协议。根据用户间的数据传输反馈信息，可以制定流量控制的策略，而会话用户信息的交互，可以制定会话控制的策略。

RTCP数据报携带有服务质量监控的必要信息，能够对服务质量进行动态的调整，并能够对网络拥塞进行有效的控制。由于RTCP数据报采用的是组播方式，因此会话中的所有成员都可以通过RTCP数据报返回的控制信息，来了解其他参与者的当前情况。在一个典型的应用场合下，发送媒体流的应用程序将周期性地产生发送端报告SR，该RTCP数据报含有不同媒体流间的同步信息，以及已经发送的数据报和字节的计数，接收端根据这些信息可以估计出实际的数据传输速率。另一方面，接收端会向所有已知的发送端发送接收端报告RR，该RTCP数据报含有已接收数据报的最大序列号、丢失的数据报数目、延时抖动和时间戳等重要信息，发送端应用根据这些信息可以估计出往返时延，并且可以根据数据报丢失概率和时延抖动情况动态调整发送速率，以改善网络拥塞状况，或者根据网络状况平滑地调整应用程序的服务质量。

RTCP包括以下五种类型的报文：

- SR: Sender Report 发送端报文，所谓发送端是指发出 RTP 数据报的应用程序或者终端，发送端同时也可以接收端。

- **RR: Receiver Report** 接收端报文, 所谓接收端是指接收 RTP 数据报的应用程序或者终端。
- **SDES: Source Description items** 源描述, 主要功能是作为会话成员有关标识信息的载体, 如用户名、邮件地址、电话号码等, 此外还具有向会话成员传达会话控制信息的功能。
- **BYE: indicates end of participation** 尾节点指示, 主要功能是指示某一个或者几个源不再有效, 即通知会话中的其他成员自己将退出会话。
- **APP: Application specific functions** 应用说明, 由应用程序自己定义, 解决了 RTCP 的扩展性问题, 并且为协议的实现者提供了很大的灵活性。

对于这五种不同的 RTCP 包, 其数据格式第一部分与 RTP 包类似, 也是一个定长结构, 其后跟随着的部分由 RTCP 包的类型决定, 不同类型的控制包结构不同, 长度不一, 但不管哪种结构, 其结尾部分必须是一个 32 比特的边界字段。这样使得多个 RTCP 包可以连接成为一个复合的 RTCP, 通过底层的 UDP 在一个包中传输。这个固定部分结构如下图:

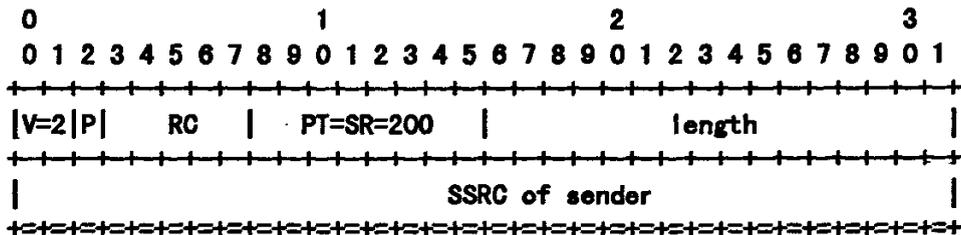


图 2.3 RTCP 公共包头结构

其中, SR、RR、SDES、APP 和 BYE 在 PT 的 X 部分值分别为 0, 1, 2, 3, 4。

出于充分利用带宽的考虑, RTCP 包往往不是单个发送, 而是把任意类型的 RTCP 控制包组合起来, 从而形成一个“队列”。接收方得到这样一个 RTCP 的组合包之后, 按组合包的总长度读取, 然后根据单独的 RTCP 包定长包头格式分割控制信息。

但不管控制信息的发送方如何组合这些 RTCP 控制包, RR 或者 SR 总是放在 RTCP 组和包的第一个位置, 且在第一个同步数据源发出的 RTCP 控制流中, 这两个控制包中只能选择一个。这是两个必须要发送的控制包, 以

此来表达最重要的网络传输状态信息，也借此表明了控制包的发送者的个人身份，即是否是一个带有“服务器”性质的媒体数据发送方，是则把SR放在第一位，且不包含RR；否则把RR放在第一位，且不包含SR。此外，SDES中因为包含有CNAME这样一个可以唯一区别某个同步数据源的字段，也常常添加在组合控制包中。

### 2.2.3 实时流协议 RTSP

实时流协议RTSP (Real-time Streaming Protocol) [8]是一个控制实时数据传送的应用层协议，被用于建立和控制一个或几个时间同步的连续流媒体，如音频和视频。尽管连续媒体流与控制流交叉是可能的，RTSP本身并不发送连续流。它为多媒体服务扮演“网络远程控制”的角色。RTSP是文本协议并且类似HTTP，其主要不同之处在于RTSP是标准的流媒体协议，并通常利用独立传输协议（通常是RTP）来传输媒体数据。在使用RTSP时，客户机和服务器均可发出请求，也就是说RTSP可双向服务，而HTTP的请求是由客户机发出，服务器进行响应。

RTSP更像一个框架而不是一个协议，这个可扩展的框架使得音频视频等实时数据能够被自适应控制，按需传送。它提供VCR形式的远程控制功能，如暂停、快进、快退和定位。RTSP支持不同厂家的客户机和服务器之间的互操作，其数据源可以是现场数据也可以是存储数据。该协议的目的在于控制多个数据传送会话，提供选择传输信道(如UDP、多播UDP和TCP)的方法，并提供选择基于RTP的传送机制的方法。

流化是指根据客户机和服务器之间的可用带宽将数据分成许多数据分组，当客户端收到足够多的数据分组，用户软件就可以播放一个数据分组，解压缩一个数据分组，同时接收下一个数据分组。当然，这就要求在服务器、播放器和编码器之间有一个共同的机制将三者联系起来。

RTSP中会话用标识符表示，在一次会话期间，一个RTSP客户可以打开和关闭许多与服务器的可靠传输连接以发布RTSP请求。此外，RTSP客户端也可以采用UDP这样的无连接的传输协议。

实时流协议与HTTP在功能上有部分重叠，它也可以和HTTP一起使用，因为与流内容的最初接触往往是通过WEB页实现的。然而，在很多重要方面RTSP仍不同于HTTP：

- RTSP 引入了大量新方法并具有一个不同的协议标识符；
- 在大多数情况下，RTSP 服务器需要保持缺省状态，与 HTTP 的无

状态相对；

- RTSP 中客户端和服务器都可以发出请求；
- 在多数情况下，数据由不同的协议传输；
- RTSP 使用 ISO 10646 (UTF-8) 而非 ISO 8859-1，与当前的国际标准 HTML 相一致；
- URI 请求总是包含绝对 URI。为了与过去的错误相互兼容，HTTP/1.1 只在请求过程中传送绝对路径并将主机名置于另外的头字段。

#### 2.2.4 会话描述协议 SDP

会话描述协议SDP (Session Description Protocol) [9]是服务器端生成的描述媒体文件的编码信息以及所在的服务器的链接等信息，客户端通过它来配置播放软件的设置。

会话目录用于协助多媒体会议的通告，并为会话参与者传送相关设置信息。SDP即用于将这种信息传输到接收端。SDP完全是一种会话描述格式(它不属于传输协议)，它只使用不同的适当的传输协议，包括会话通知协议(SAP)、会话初始协议(SIP)、实时流协议(RTSP)、MIME扩展协议的电子邮件以及超文本传输协议(HTTP)。

SDP的设计宗旨是通用性，它可以应用于大范围的网络环境和应用程序，而不仅仅局限于组播会话目录，但SDP不支持会话内容或媒体编码的协商。

在因特网组播骨干网(Mbone)中，会话目录工具被用于通告多媒体会议，并为参与者传送会议地址和参与者所需的会议特定工具信息，这由SDP完成。SDP连接好会话后，传送足够的信息给会话参与者。SDP信息发送利用了会话通知协议(SAP)，它周期性地组播通知数据包到已知组播地址和端口处。这些信息是UDP数据包，其中包含SAP协议头和文本有效载荷(text payload)。这里文本有效载荷指的是SDP会话描述。此外信息也可以通过电子邮件或WWW(World Wide Web)进行发送。

SDP是一个简单、可扩展语法的文本协议。SDP包通常包括以下信息：

- 会话信息：会话名、目的、会话活动时间、会话使用的宽信息、会话负责人的联系信息。
- 媒体信息：媒体类型、传输协议、媒体格式、多播地址和媒体传输端口、用于联系地址的媒体和传输端口的远端地址。

- SDP 描述由许多文本行组成，文本行的格式为<类型>=<值>，<类型>是一个字母，<值>是结构化的文本串，其格式依<类型>而定。

## 2.2.5 资源预留协议 RSVP

RSVP (Resource reSerVation Protocol) [10][11]最早是 1993 年 L. Zhang 提出的一种资源预留协议。针对 Internet 原有传输层协议不能保障 QoS 质量和不支持多点传输的缺点，RSVP 在业务流传送之前，预约一定的网络资源，建立静态或动态的传输逻辑通路，保障了每一业务流都有足够的“独享”的带宽，克服了由于网络信包过多引起的拥塞、丢失和重传，提高了网络传输的 QoS 性能。RSVP 已经被接受成为 Internet 的协议。

资源预留协议 (RSVP) 是一种用于互联网上质量整合服务的协议。RSVP 允许主机在网络上请求特殊服务质量用于特殊应用程序数据流的传输。路由器也使用 RSVP 发送服务质量 (QoS) 请求给所有结点 (沿着流路径) 并建立和维持这种状态以提供请求服务。通常 RSVP 请求将会引起每个节点数据路径上的资源预留。

RSVP 只在单方向上进行资源请求，因此，尽管相同的应用程序，同时可能既担当发送者也担当接受者，但 RSVP 对发送者与接受者在逻辑上是有区别的。RSVP 运行在 IPV4 或 IPV6 上层，占据协议栈中传输协议的空间。RSVP 不传输应用数据，但支持因特网控制协议，如 ICMP、IGMP 或者路由选择协议。正如路由选择和管理类协议的实施一样，RSVP 的运行也是在后台执行，而并非在数据转发路径上。

RSVP 本质上并不属于路由选择协议，RSVP 的设计目标是与当前和未来的单播 (unicast) 和组播 (multicast) 路由选择协议同时运行。RSVP 进程参照本地路由选择数据库以获得传送路径。以组播为例，主机发送 IGMP 信息以加入组播组，然后沿着组播组传送路径，发送 RSVP 信息以预留资源。路由选择协议决定数据包转发到哪。RSVP 只考虑根据路由选择所转发的数据包的 QoS。为了有效适应大型组、动态组成员以及不同机种的接收端需求，通过 RSVP，接收端可以请求一个特定的 QoS[RSVP93]。QoS 请求从接收端主机应用程序被传送至本地 RSVP 进程，然后 RSVP 协议沿着相反的数据路径，将此请求传送到所有节点 (路由器和主机)，但是只到达接收端数据路径加入到组播分配树中时的路由器。所以，RSVP 预留开销是和接受端的数量成对数关系而非线性关系。

## 2.3 3G 流媒体服务规范—PSS

制订于 1998 年的“第三代合作伙伴计划”是领先的 3G 技术规范机构，是由欧洲的 ETSI，日本的 ARIB 和 TTC，韩国的 TTA 以及美国的 T1 在 1998 年底发起成立的。原先是旨在研究利用 WCDMA 无线通信技术，制订和推广全球适用的基于 GSM 网络的第三代移动系统技术规格说明和报告。现在，这个范围还包括了 GSM 系统的维护和更进一步的发展。同时还存在一个“姐妹计划”——3GPP2，但它是建立在逐步形成的 CDMA 技术（使用 CDMA2000 无线通信技术）基础上的。

### 2.3.1 PSS 通用服务框架

端到端的包交换流媒体服务（PSS: Packet Switched Streaming Service）<sup>[12][13][14][15]</sup>是一种定义在 3GPP 移动网络交互流媒体服务框架的规范。

PSS 首先是出现在 3GPP Release 4 版本中。在 3GPP2 的多媒体流式服务（MSS）规范中也正进行着相似的工作。流媒体服务的基本框架规范出现在 3GPP Release 4 版本中。3GPP Release 4 版本（2001 年 3 月定稿）中定义的基本框架是：协议、编解码和 3GPP 文件格式。

在 PSS Release 5 版本（2002 年 3 月定稿）中最值得关注的改变是交换能力的增加。该功能被定义为“用户代理概况”（UAProf）的延伸。UAProf 由开放移动联盟提出，用于处理设备能力的获取等级和格式化内容的优选信息。在移动流媒体业务中，终端能力协商是一个重要的功能，它使得流媒体服务器可以提供广泛的内容给多种类型的客户端设备。其另一个重要功能是，在不同版本的移动流媒体间提供平滑转换。因此，移动流媒体客户端和服务端应支持能力交换。用户终端档案服务器用于存储用户参数和设备功能信息。这些信息可用于控制如何向移动用户提供流媒体内容。

Release 5 版本运用了和 Rel-4 版本一样的音频和视频格式，但也增加了一些新的媒体类型：矢量图（SVG Tiny），合成音频（可调节的混音 MIDI）和同步的文本（例如：字幕）。而且，场景描述支持也被延伸。

PSS Release 6 版本（2005 年 3 月定稿）规范介绍了一些值得注意的新特征。其中包括端到端码率自适应、流媒体服务的体验质量（QoE）、数字版权管理（系统）（DRM）和新编解码规范。

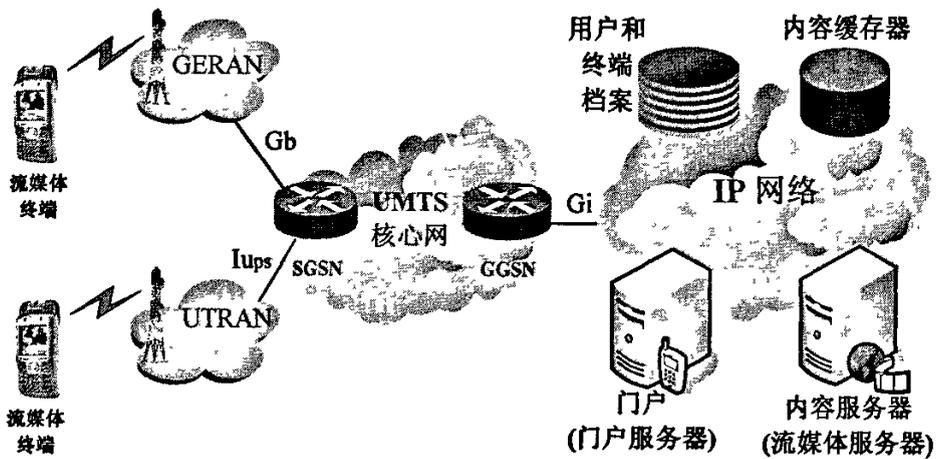


图 2.4 3GPP 流媒体业务的系统结构

PSS 是一种应用层服务，由图 2.4 可以看出，该规范主要是安排流媒体客户端和服务器的通信过程。虽然流媒体能受益于网络支持（例如：服务质量-QoS），但 PSS 需要工作在不同 QoS 的承载网络。因此，该服务的定义应该能够自适应于不同的网络。

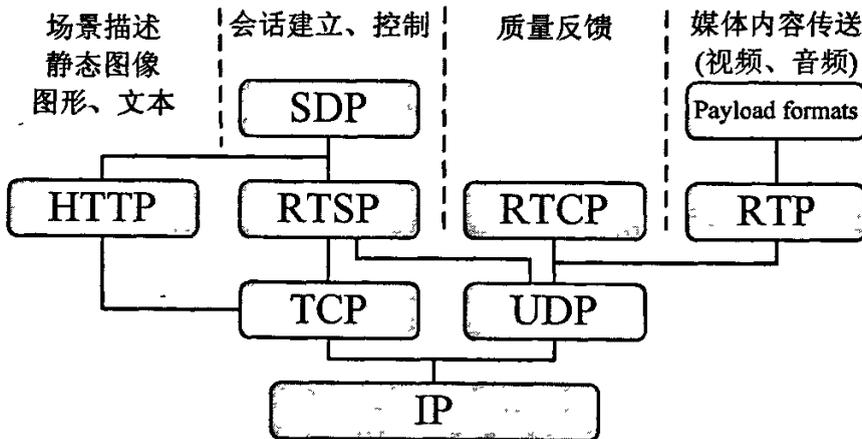


图 2.5 3GPP PSS 协议栈

上图给出了 3GPP 移动流媒体业务的协议栈描述。其中，视频、音频等流媒体数据主要通过 RTP/UDP 承载，而一些静态的图像、文本以及合成音频等则可以使用 HTTP 进行承载。对于能力交换(Capability Exchange)和表示描述(Presentation Description)可以使用 HTTP 或者 RTSP 进行封装，这取决于不同的实现方式。RTSP 和 SDP 用于会话建立和控制，RTP 是流

媒体负载的传输协议。

### 2.3.2 PSS 规范发布时间表

应该指出,一些在 RealNetwork 和 PacketVideo 中的流媒体专用解决方案的特征已在如今的 Rel-6 版本中被合并起来。虽然如此,当它确定使一种能共同使用的服务成为可能的一种框架时,PSS 是很重要的。而且可以认为,当版本被定稿并把有用的特征编入今天的网络之后,有 Rel-6 版本特征的终端和服务将很快出现。下图介绍了 PSS 的规范发布时间<sup>[16]</sup>。

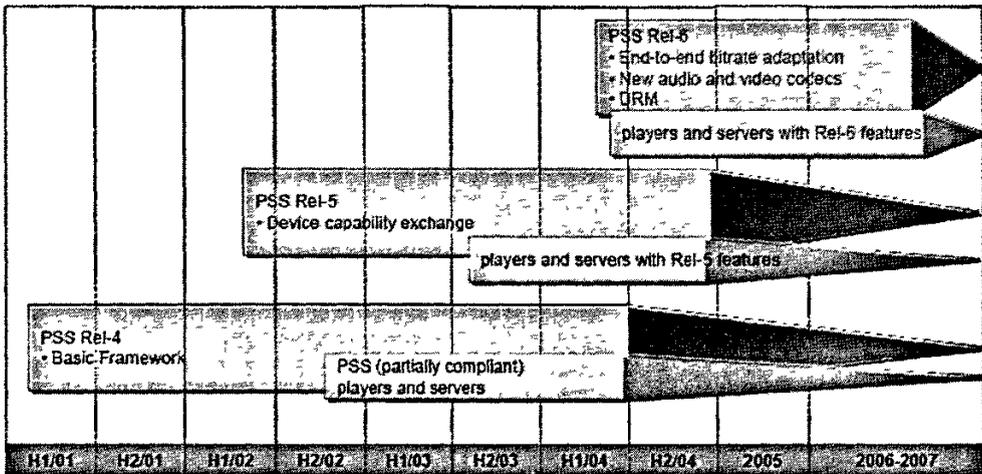


图 2.6 PSS 规范发布时间表

PSS 服务的改变是一个富于挑战性的问题,也是依靠实施发展的准确机制。在 Rel-6 版本中,服务用户水平要求被介绍,而且还包括要求“PSS 应该支持的各类收费机制,例如,基于时间的收费,基于流量的收费,基于结果的收费,基于内容的收费等”的收费说明。不过,却没有技术实施的要求:“与收费或计费服务相配合可能是未来 PSS 版本中的一部分”。

## 2.4 小结

本章首先介绍了流媒体业务的基本概念,实现移动流媒体业务的系统结构以及流媒体的相关网络传输与控制协议,最后介绍了 3GPP 流媒体通用服务框架的基本内容及其标准进展情况。

随着第三代移动通信技术的逐步成熟,将移动流媒体技术引入移动增值业务,已经成为目前全球范围内移动业务研究的热点之一。

## 第三章 3G 流媒体测试方法研究

### 3.1 测试方法

#### 3.1.1 测试方法分类

为了对被测设备各方面特性、功能进行衡量，有四种不同种类的测试 [17]：

- 一致性测试。

协议一致性测试实质上是利用一组测试序列，在一定的网络环境下，对被测对象进行黑盒测试，通过比较被测对象的实际输出与预期输出的异同，判定被测对象在多大程度上与协议描述相一致，确立通过一致性测试的被测对象在互联时成功率的高低。

- 功能测试

对设备的功能（例如：对协议的支持，过滤功能，网管功能等）进行测试，测试被测对象的相应功能是否能够实现或是否完善，验证设备是否支持声明的全部功能。

- 性能测试

性能测试通常可以被看成是一种“压力测试”，目的是观察设备在业务压力下的表现。性能测试是通过自动化的测试工具模拟多种正常、峰值以及异常负载条件来对系统的各项性能指标进行测试。负载测试和压力测试都属于性能测试，两者可以结合进行。通过负载测试，确定在各种工作负载下系统的性能，目标是测试当负载逐渐增加时，系统各项性能指标的变化情况。压力测试是通过确定一个系统的瓶颈或者不能接收的性能点，来获得系统能提供的最大服务级别的测试。

- 被动测试

被动测试是在被测系统运行后，不发送测试用例，只捕获网络上的各类数据包，并对数据包进行解析、记录，可自动生成测试报告。被动测试类似于协议分析，在真实的运行状态下观察协议运行的过程，特别是在有外界干扰和无外界干扰的情况下观察设备的工作状态。

### 3.1.2 流媒体测试的分层策略

面对目前日益增加的流媒体业务，测试方式多种多样。对于流媒体，应该遵从下所示的分层测试策略：

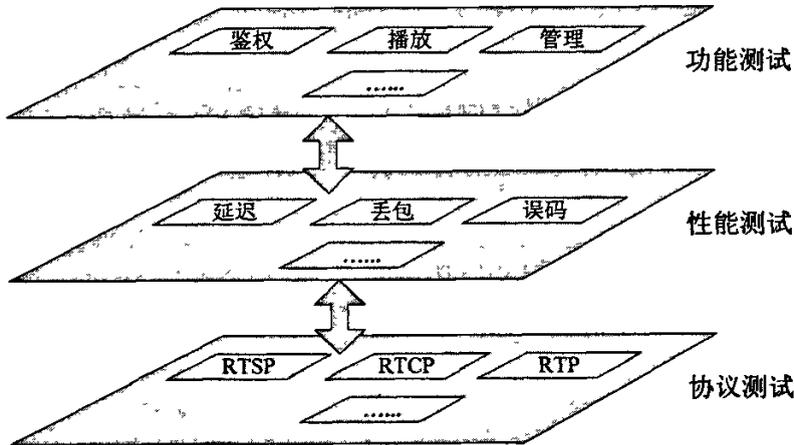


图 3.1 流媒体测试分层

根据流媒体的传输和应用特点，将流媒体测试分成三个层次，底层是流媒体传输协议的测试，保证流媒体的底层传输过程和互联互通；中间是性能测试，是针对流媒体服务网络性能的测试，考察流媒体服务所依靠的网络服务质量；最上层是功能测试，是对流媒体业务功能的测试，用户操作功能的全面和便捷性等方面的测试。

### 3.1.3 测试的发展趋势

通信网络测试技术的发展趋势是自动化，用自动的手段代替以往的以人为评测手段的方法。自动化测试有许多优点：

- 提高测试效率
- 测试过程可控制、可管理
- 提高测试结果的可比性
- 方便定位测试中发现的问题
- 可以完成已有的测试软件所不具备的测试需求

## 3.2 测试系统设计原则

3G 流媒体测试平台是运营支撑系统的重要组成部分，为保证网络维护和优化的需要，系统体系结构应满足以下要求：

- 实用性
- 可靠性
- 分层处理
- 模块化设计
- 标准化
- 可维护性
- 可管理性
- 系统具有很好的开放性，易于和其他支撑系统互连

### 3.2.1 实用性、可靠性

在对现有的流媒体服务器系统优化方面，以分析现有的网络系统所存在的一些问题的基础上，本系统同时给出相应的解决方案。流媒体终端和测试服务器采用与 Windows 风格相同的操作方式，方便使用者快速掌握操作技巧，易学易用。

### 3.2.2 分层处理，模块化设计

系统的开发是严格按照基于面向对象的模块化开发思想，各个模块间相互封装，通过接口传递参数，模块内部功能的实现是以类的实例对象的方法形式完成设计的功能。系统可根据实际情况的变化和技术的发展，平滑地提高系统的性能。各种硬件设备也具有充分的可扩展性和无缝升级能力。

系统具有良好的扩展性，既可以通过增减应用服务器数量来适应用户数量的变化，也可以通过修改系统设置来适应用户访问数据内容的变化，还可以改变应用服务器的种类来适应用户业务需求的变化。系统还由于支持主流的终端设备，可以满足终端型号升级扩展的需要。

### 3.2.3 标准化

系统的架构设计是按照 3GPP PSS 标准进行，同时参考 ITU 组织确定的 IMT-2000 标准和 W-CDMA 技术标准，全面支持 2.5G 无线网络并可实现向 3G 网络的过渡。

### 3.2.4 可维护性、管理性

系统采用是模块化的设计方案，模块间相互独立，易于扩充。对测试流程采用当前流行的 SOA 质量体系，准确灵活，操作简便，便于系统的维护和管理。在资源、业务受理范围和方式上，均提供管理维护操作，使系统可随不同地方的实际情况和不同时期的业务及资源情况做出灵活的更改。

## 3.3 测试系统架构

根据 3GPP PSS 服务规范和移动流媒体系统框架，我们提出了一种测试系统架构。3G 流媒体测试系统的架构中包含测试终端、流媒体服务器、测试服务器和管理员 PC 等，系统总体的架构如下图：

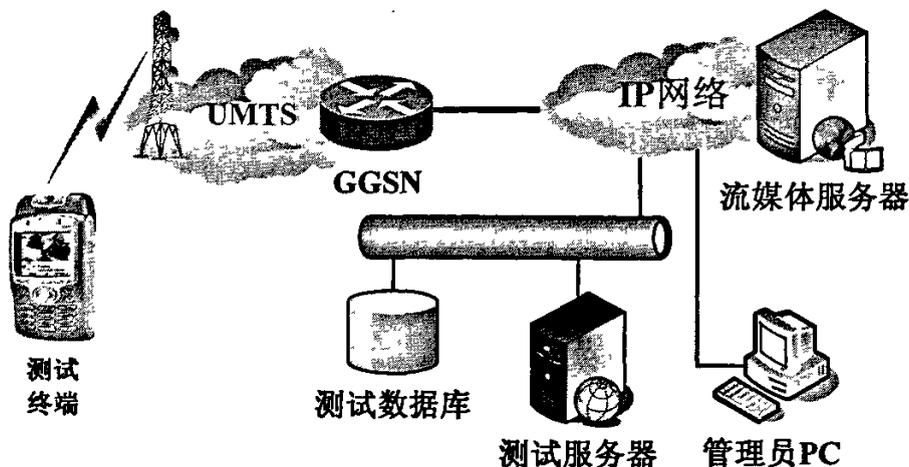


图 3.2 移动流媒体测试系统架构图

- 测试终端：专用的测试终端或者一台能够使用 3G 无线资源接入 IP

网络的普通 PC 机即可，运行一个或多个基于流媒体厂商提供的 SDK 开发的客户端点播程序。考虑到程序同时点播多个流媒体时带宽会被分流，而不能真实模拟实际用户点播的场景，所以在一个点播设备上一般最多运行两个客户端点播程序。

- 测试服务器：选择高性能的服务器来担当该角色，它包括服务器与数据库。测试服务器接收测试终端的测试数据，并实现存储、管理和分析，并可以通过报表等方式展示测试结果。
- 流媒体服务器：待测的流媒体所在的服务器，可以为 Windows Media、Real System、QuickTime 等系列产品。
- 管理员 PC：任意一台可以通过 HTTP 访问测试服务器的 PC 机。

在流媒体播放发生异常时，会伴随着一系列流媒体性能指标的异常，比如：当流媒体点播端到端的丢包率超过了一定限度或者流媒体服务器负载过大时，将会发生马塞克现象；当网络拥塞，网络带宽或网络 QoS 质量在一定的时间内不能很好的保证，导致画面停格和跳帧现象，有时只能听到比较流畅的声音，有时连声音也停住；网络丢包率达到了 10%或时延超过 500ms，流媒体点播的网络 QoS 质量在一定的时间内不能保证，导致播放器一直处于与服务器连接的缓冲状态。客户端点播软件可以利用所获得的采样数据分析出流媒体点播当前是否处于异常状态，假如是的话，可以参照一系列的异常现象与性能指标变化之间的对应关系，分析出是什么样的异常并记录下来。这一点与人眼所观察到的画面很相近，但是要比人的眼精确许多。

在移动流媒体测试系统中，客户端运行测试程序，逼真地模拟用户点播流媒体的流程，完成测试数据的采样。然后将测试结果数据通过网络上传到测试服务器。管理员通过网络访问测试服务器，查询、分析测试结果，对服务质量做出正确评价。

### 3.4 测试系统逻辑结构

在移动流媒体测试系统中，系统的逻辑结构包含了客户端的流媒体播放模块、流媒体测试模块和测试数据发送模块，以及服务器端的系统管理模块、测试数据收集模块、测试数据管理模块和测试数据分析模块。测试系统的逻辑结构图如下：

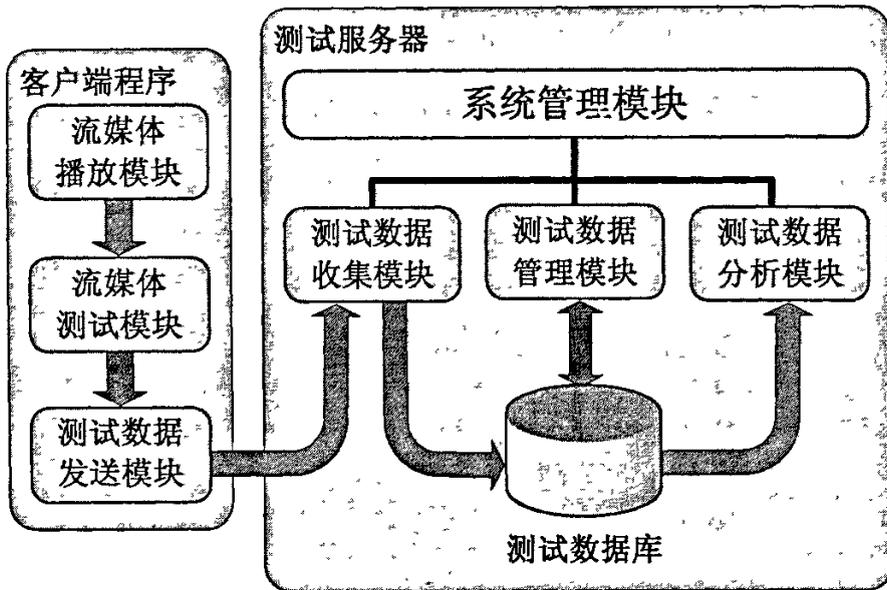


图 3.3 移动流媒体测试系统逻辑图

在系统的开发过程中，还需要思考的就是服务器与客户端程序数据交换格式的问题。从服务器端到客户端程序需要下发影片的播放配置记录，包含影片 URL、最早播放时间、采样周期等信息；单部流媒体播放测试完成后需要从客户端程序向服务器上传测试结果，包含异常信息、影片 URL、播放时间、片长、流媒体服务器 IP、采样周期、最大比特率等信息。以上双向交互的信息量是非常大的，而且在上传测试结果的数据中还有树状的数据结构。普通的文本文档格式无法描述非线性的数据，而 XML 使用元素和属性来描述数据，在数据传送过程中，XML 始终保留了诸如父/子关系这样的数据结构，并且现在已经有许多非常成熟的解析器比如 SAX, DOM 可供选择，不必使用传统的字符串解析或拆解过程。所以在本系统中采用了 XML 作为数据交换的中介，满足 XML 文档形式合理限制的最低要求即可。这会给本系统的带来极大的灵活性、健壮性和扩展性。

### 3.5 流媒体测试客户端

位于流媒体测试终端的客户端程序拥有流媒体测试的功能，在流媒体播放过程中调用该模块，当流媒体点播完毕（包括中途停止）的时候，将测试结果数据提交给位于测试服务器的测试数据收集模块。其内部流程如

下图：

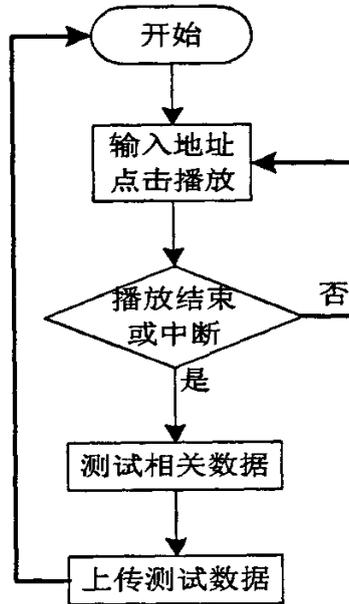


图 3.4 测试客户端流程

### 3.5.1 流媒体测试客户端关键技术

目前在流媒体市场上主要有微软、RealNetworks 和苹果电脑三家公司产品，分别是：Windows Media，Real System 和 Quicktime，由于开发时间的限制，目前在本系统中只实现了 Windows Media 格式的流媒体测试。Microsoft Windows Media Player 为数字音频和视频提供了出色的播放效果，但在本文的流媒体测试系统中，在播放流媒体的同时需要采集更多的相关信息，并且需要修改视频和音频内容的播放方式。使用 Windows Media Player 软件开发工具包（SDK）<sup>[18]</sup>，扩展独立的 Player 功能，将播放功能嵌入到自己的应用程序中。

安装了 Windows Media Player 后，一个 Windows Media Player ActiveX 控件也同时被安装到系统并完成注册。该控件提供了 Windows Media Player 具备的绝大部分功能，开发人员能够通过该控件可以比较轻松的实现对 Windows Media Player 的二次开发。客户端程序在点播过程中需要采集相关信息用于对异常现象的检测，所以需要利用 Windows Media Player 软件开发工具包（SDK）扩展独立 Player 的功能，并将播放功能嵌入到自

己定制的应用软件中。

Windows Media Player SDK 中,通过对 CWMPPIayer4, CWMPControls 和 CWMPNetwork 等几个类的使用可以实现 Windows Media Player 的大部分常规功能。而其中的 CWMPPIayer4 是流媒体测试系统客户端程序的核心,它负责播放影片,采集统计数据。

播放影片所需的接口如下:

- `setUrl()`: 设定片源
- `getControls().play()`: 播放;
- `getControls().stop()`: 停止;
- `getplaystate()`和 `getstatus()`: 获得播放器的当前状态,包括停止、正在播放、缓冲、准备连接服务器等,共有 10 种不同的状态。`getplaystate()`返回一个 long 整型,而 `getstatus()`返回一个 CString 变量;
- `onplaystatechange()`: 这是一个中断函数,在播放器的状态发生变化时被调用,并可获得播放器的当前状态;

获得网络统计数据所需接口:

- `getNetwork()`: 获得 CWMPNetwork,即播放器的网络对象;
- `getNetwork().getMaxBitRate()`: 获得最大比特率;
- `getNetwork().getBitRate()`: 获得当前比特率;
- `getNetwork().getFramesSkipped()`: 获得跳过的帧数;
- `getNetwork().getFrameRate()`: 获得帧速率;
- `getNetwork().getEncodedFrameRate()`: 获得编码帧速率;
- `getNetwork().getMaxBandWidth()`: 获得最大带宽;
- `getNetwork().getBandWidth()`: 获得正在使用的带宽;
- `getNetwork().getSourceProtocol()`: 获得协议;
- `getNetwork().getReceivedPackets()`: 获得接收到的数据包数;
- `getNetwork().getRecoveredPackets()`: 获得恢复的数据包数;
- `getNetwork().getLostPackets()`: 获得丢失的数据包数;
- `getNetwork().getReceptionQuality()`: 获得接收质量;

以上函数所返回的正是服务器端应用程序保存、统计的数据。

客户端的界面如下图:

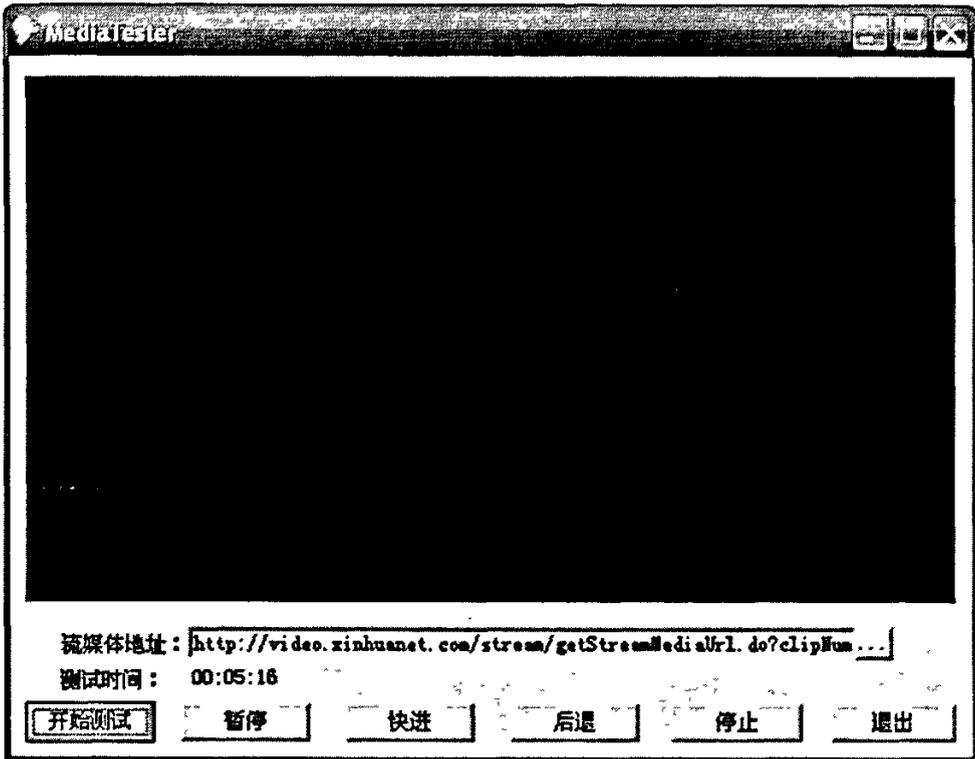


图 3.5 测试客户端界面

### 3.5.2 流媒体测试客户端测试分析

在当前流媒体点播完毕以及流媒体中断的情况下，分析采样周期中获得的数据，根据如下面的异常判断依据将异常信息写入测试结果文件。

- 影片结束(中断)的分类：

WMPPlayState 定义了如下可能操作状态的类型：

- wmppsUndefined = 0,
- wmppsStopped = 1,
- wmppsPaused = 2,
- wmppsPlaying = 3,
- wmppsScanForward = 4,
- wmppsScanReverse = 5,
- wmppsBuffering = 6,
- wmppsWaiting = 7,
- wmppsMediaEnded = 8,

```
wmppsTransitioning = 9,  
wmppsReady         = 10,  
wmppsReconnecting = 11,  
wmppsLast          = 12
```

调用 `get_playState` 方法，假如返回值 `WMPPlayState` 为 1，则为人为停止；假如返回值 `WMPPlayState` 为 6，则为缓冲异常；假如返回值 `WMPPlayState` 为 8，则为正常结束。

- 播放过程中数据分析：

调用 `WMPNetwork` 对象的 `get_ReceptionQuality` 方法，得到最近 30 秒内接收到的数据包的百分比，也就是接收质量。

调用 `get_MaxBitRate` 方法获得流媒体最大比特率，`get_BitRate` 方法获得当前比特率，假如所选比特率小于最大比特率，则为降速。

调用 `get_ReceivedPackets` 方法获得接收到的数据包数，假如在若干个采样周期中接收到的数据包数量不变，则为接收数据包异常。

调用 `get_FrameRate` 方法，获得当前流媒体帧速率，假如帧速小于某设定数值，下降 0.02 帧，或上升 1 帧，则帧速率突变异常。

- 影片播放失败

调用 `WMPNetwork` 对象的 `get_bandWidth` 方法，得到当前流媒体带宽。调用 `WMPNetwork` 对象的 `get_downloadProgress` 方法得到下载完成的百分比。假如检测到下载完成的百分比一直为 0 或长时间保持一定数值，表明也就是影片播放失败。

根据前面的错误异常判断依据，调用相应的函数从事件信息和采样数据信息中分析出异常信息，最后将与采样数据信息、事件信息合并成 XML 格式的测试结果数据上传到服务器。当然，也可以将上传测试结果也在本地保存测试结果文件，这样从很大程度上保证了数据的安全备份，即使测试服务器崩溃的情况下，原始的测试结果数据在测试终端上仍然有测试结果数据的备份。

### 3.6 流媒体测试服务器端

流媒体测试服务器端是以各种由流媒体测试终端测试并上传的数据为基础，结合流媒体工作流程，提供的一套准确、及时、灵活的测试分析软件，以弥补数据分析及数据统计工作中无法客观评价的缺陷。它将提升流媒体服务运行数据的分析能力，通过直观、准确的数据分析模型，从根

本上提升对流媒体服务评价的认知水平。它将在移动流媒体的经营活动以及运行维护管理中发挥重要作用。

测试服务器端系统功能结构如下：

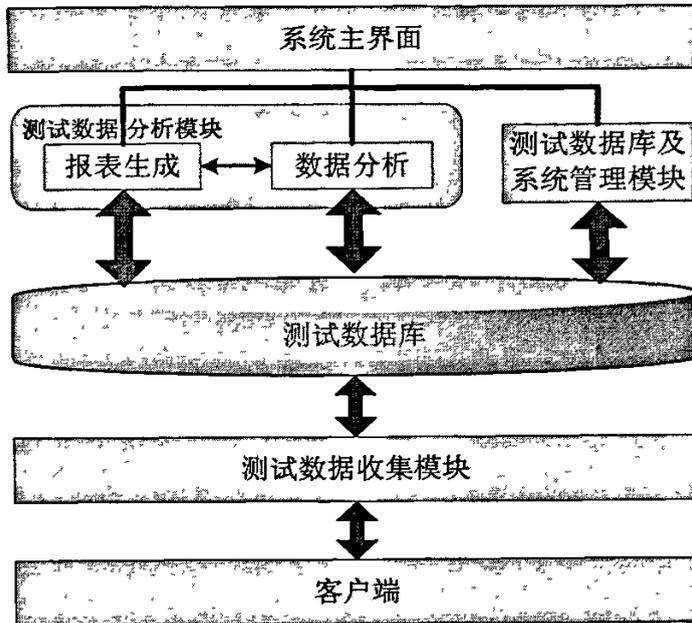


图 3.6 测试服务器系统功能结构

### 3.6.1 测试数据收集模块

测试数据收集模块作为系统的底层模块之一，是服务器端与测试客户端的接口，它负责接收由流媒体测试终端发送的测试数据包，通过 XML<sup>[19]</sup> 解析得到测试原始数据，并将测试的原始数据按照一定的归类保存到测试数据库中，方便用户进行进一步加工和处理。

### 3.6.2 测试数据管理模块

测试数据管理模块可以对测试数据库中的数据进行操作管理。本功能模块是对已建立的原始测试数据库中所要提取的数据类型的规定，实质是为测试数据收集模块定义配置信息。可以选择所需要的数据类型，同时在测试数据库中添加同样命名的数据类型，用户还可以选择是否添加对于该类数据的说明。

通过此功能模块用户也可以对中间级数据库进行查询，直观地获得历史时期的测试原始数据。

### 3.6.3 测试数据分析模块

本功能模块为用户提供对某一报表的生成模版定制，其包括一个或多个数据筛选模版以及对应的报表样式（包括表格样式和图形样式），同样通过向导的方式引导用户有步骤的完成一份报表模版的定制。

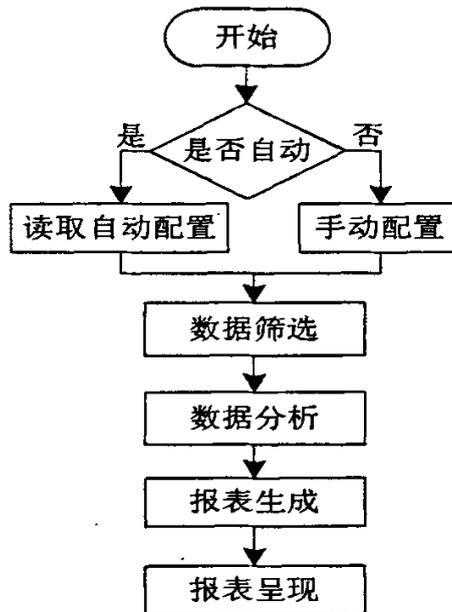


图 3.7 测试数据分析流程

用户在定制好某一报表样式后，可以在以后的工作中直接选定该模版生成报表。本功能模块提供报表生成模版定制的向导化操作界面，引导用户完成对报表的定制工作。用户可以选择已存在的一个或多个数据筛选配置模版作为报表数据的加工来源，也可以选择新建一个数据筛选模版作为报表生成模版的子部分，在确定数据筛选模版后，用户可以定义报表的样式，通过与数据筛选模版得到的数据进行匹配，定义报表中的相应的数据项值。

报表样式的规划可以在系统内完成也可以由用户选定文件，报表样式统一定为 Excel 文件样式，方便用户的操作，并且贴近用户的使用习惯。

在完成对于报表样式的规划后，用户可以定义报表生成的方式，系统

提供了自动定时生成模式和手动生成模式，自动定时生成模式将会在用户定义时间自动生成报表，并保存在某一用户定义路径下。手动模式则是由用户触发生成报表，用户可以在报表生成过程中监视每个环节的数据情况。自动定时生成模式如果遇到异常情况则会自动转为手动模式，减少操作误差。

测试数据分析模块可以结合移动性管理和 DT 测试数据，包括移动信号强度、切换、使用基站等数据，以特定的方式对测试的结果手动或自动分析，并可生成报表形式将结果展示。

### 3.6.4 系统管理模块

系统管理模块则是系统管理员对系统操作的人机接口，管理员通过系统管理模块对测试系统配置操作。

本功能模块提供给用户管理系统全局配置信息管理、各种模版管理以及测试数据库管理的功能。用户可以修改全局的系统属性和管理已经存在报表生成模版和数据筛选模版，包括手动收集数据文件路径设定、其他配置信息管理以及模版管理等。用户还可通过此模块对测试数据库进行定义，获得接入其他数据库的能力。

## 3.7 小结

现今，对流媒体的测试手段并不多，大致可以分为人工测试和专门的设备测试两类。人工测试费时费力，测试人员必须一直仔细地盯着画面，而且统计工作也非常繁琐；专门的设备测试偏重于对流媒体服务器进行压力测试，无法真实模拟用户的使用场景，当然也无法检测到停顿、马赛克等现象。本系统将当前较为成熟的技术同采用流媒体厂商提供的 SDK 自行开发的客户端点播程序结合起来，优势在于不需购置特殊设备，开发成本低廉，且统计方便，结果准确，管理员可以及时发现并处理问题，提高了效率，能够完全取代人工测试，具有较好的应用前景。

## 第四章 流媒体测试内容及用例设计

### 4.1 移动流媒体 QoS 问题分析

流媒体的播放有严格的实时性要求，要求在特定的时间间隔内将特定的数据单元解码显示。而目前 3G 流媒体业务开展中存住一些问题，如媒体文件播放中的停顿、马赛克等现象，大量用户突发访问一个热门内容（如电视直播）时服务器处理困难等等，这些问题都涉及到流媒体的 QoS 保证。流媒体网络 QoS 的评价指标主要包括：可用性、吞吐量、时延、时延变化（包括抖动和漂移）、丢包率和终端能力等几个方面<sup>[20][21]</sup>。

- 可用性：是当用户需要时网络即能工作的时间百分比。可用性主要是设备可靠性和网络存活性相结合的结果。
- 吞吐量：是在一定时间段内对网上流量(或带宽)的度量。对 IP 网而言可以从帧中继网借用一些概念。根据应用和服务类型，服务水平协议(SLA) 可以规定承诺信息速率(CIR)、突发信息速率(BIR)和最大突发信号长度。承诺信息速率是应该予以严格保证的，对突发信息速率可以有所限定，以在容纳预定长度突发信号的同时容纳从话音到视像以及一般数据的各种服务。一般讲，吞吐量越大越好。
- 时延：指一项服务从网络入口到出口的平均经过时间。许多服务，特别是话音和视像等实时服务都是高度不能容忍时延的。当时延超过 200 - 250 毫秒时，交互式会话是非常麻烦的。为了提供高质量话音和会议电视，网络设备必须能保证低的时延。
- 时延变化：是指同一业务流中不同分组所呈现的时延不同，比如在流媒体中就可能表现于声音和图像不同步。高频率的时延变化称作抖动，而低频率的时延变化称作漂移。所有传送系统都有抖动，只要抖动落在规定容差之内就不会影响服务质量。利用缓存可以克服过量的抖动，但这将增加时延，造成其他问题。
- 漂移：这是任何同步传输系统都有的一个问题。在 SDH 系统中是通过严格的全网分级定时来克服漂移的。在异步系统中，漂移一般不是问题。漂移会造成基群失帧，使服务质量的要求不能满足。

- 丢包率：不管是比特丢失还是分组丢失，对分组数据业务的影响比对实时业务的影响都大。事实上，一种叫做随机早丢(RED)的拥塞控制机制在故意丢失分组，其目的是在流量达到设定门限时抑制TCP传输速率，减少拥塞，同时还使TCP流失去同步，以防止因速率窗口的闭合引起吞吐量摆动。但分组丢失多了，会影响传输质量。
- 终端能力：终端侧的影响因素包括缓冲区的设置、接入带宽和编解码的处理能力等。缓冲设置得不合适则可能导致溢出和丢包，从而影响用户观看质量；接入带宽应大于媒体流的码率，否则会出现停顿、跳帧现象；解码处理能力则与CPU、内存、显卡、显示驱动程序的关系密切。另外，流媒体系统应提供终端类型识别和终端设备能力适配等功能。

## 4.2 流媒体测试内容

根据移动流媒体在实际应用情况下，为了体现服务质量，需要一些特定的指标来正确衡量，所以在测试过程中，应该包含以下测试内容<sup>[22][23]</sup>：

### 4.2.1 流媒体终端测试

**业务功能测试：**流媒体终端的流媒体播放基本业务功能的测试，包括流媒体实时播放和下载业务功能测试，播放过程中的暂停、停止等调整功能测试，流媒体业务使用过程中正常接听普通电话能力测试等。

**终端性能测试：**包括流媒体终端处理能力和性能测试，流媒体视频、音频质量测试，动态速率适配功能测试等。

### 4.2.2 流媒体服务器测试

**业务功能测试：**流媒体服务器所提供的业务功能测试。包括流媒体实时播放功能测试，流媒体下载业务功能测试，计费功能测试，数字鉴权功能测试等。

**系统功能测试：**包括流媒体服务器流媒体发布功能测试，流媒体实时转播功能测试，自适应终端策略测试，流媒体相关协议测试等。

**设备性能测试：**包括流媒体服务器忙时处理能力测试，最大提供服务

用户数测试，流媒体最大播放速率测试，并发处理能力测试等。

操作维护测试：流媒体服务器设备操作维护功能和能力测试。包括基本管理功能测试，统计分析及查询功能测试，系统维护调整功能测试等。

### 4.3 测试用例设计

在测试过程中，没有用例作为依据进行测试，难免会漏测，具有很大盲目性，因此对应与上文提出的测试系统，我们设计了部分典型的测试用例<sup>[24][25]</sup>。这些典型的测试用例可以指导 3G 流媒体测试过程的顺利实施。

其中基本测试环境包括：

- 3G 环境：WCDMA R99
- 测试终端：Nokia 7600+笔记本电脑
- 配置：笔记本电脑通过 Nokia7600 无线上网。

#### 4.3.1 基本业务测试

表 4.1 流媒体实时播放测试：

项目	基本业务功能测试	分项目	流媒体实时播放测试
参考协议	3GPP TS 22.233; 3GPP TS 26.233; 3GPP TS 26.234		
测试目的：移动终端可以在流媒体门户点击并播放流媒体内容			
预置条件： <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 3G 网络工作正常；</li> <li>2. 测试用户允许使用流媒体业务并工作正常；</li> <li>3. 测试终端正确配置：               <ul style="list-style-type: none"> <li>流媒体服务器 IP 地址、流媒体门户 IP 地址等；</li> </ul> </li> <li>4. 流媒体服务器拥有相关流媒体内容。</li> </ol>			
测试过程： <p>步骤1. 终端启动浏览器，建立数据连接，登录到流媒体业务门户网站；</p> <p>步骤2. 浏览流媒体服务页面；</p> <p>步骤3. 点击某一流媒体内容。</p>			
预期结果： <p>对应步骤 1. 终端显示流媒体业务门户内容；</p> <p>对应步骤 2. 终端显示流媒体内容链接；</p>			

对应步骤 3. 流媒体测试终端自动启动，实时、正确、流畅的播放该流媒体内容。播放过程中，流媒体测试终端记录相关数据，并上传至测试服务器。测试服务器分析报告表明流媒体服务正常。

表 4.2 流媒体播放操作测试

项目	基本业务功能测试	分项目	流媒体播放操作测试
参考协议	3GPP TS 22.233; 3GPP TS 26.233; 3GPP TS 26.234		
测试目的:	测试终端在播放流媒体过程能够正确执行操作，操作时用户界面的状态显示正确，播放过程中正确提示已播放的时间。		
预置条件:	<ol style="list-style-type: none"> <li>3G 网络工作正常;</li> <li>测试用户允许使用流媒体业务并工作正常;</li> <li>测试终端正确配置: 流媒体服务器 IP 地址、流媒体门户 IP 地址等;</li> <li>流媒体服务器准备相应视频内容。</li> </ol>		
测试过程:	<p>步骤1. 终端启动浏览器，建立数据连接，登录到流媒体业务门户站点;</p> <p>步骤2. 浏览流媒体服务页面;</p> <p>步骤3. 选择视频内容播放;</p> <p>步骤4. 正确操作播放，暂停，继续，缓冲，检查手机是否有相应指示;</p> <p>步骤5. 查看流媒体播放详细信息。</p>		
预期结果:	<p>对应步骤 1. 测试终端显示流媒体业务门户内容;</p> <p>对应步骤 2. 测试终端显示流媒体内容链接;</p> <p>对应步骤 3. 流媒体播放器自动启动，实时、正确、流畅的播放该流媒体内容;</p> <p>对应步骤 4. 相应操作信息和状态显示正确。播放过程中，流媒体测试终端记录相关数据，并上传至测试服务器。测试服务器分析报告表明在测试终端相应操作情况下流媒体服务正常。</p>		

表 4.3 流媒体速率选择测试

项目	基本业务功能测试	分项目	流媒体速率选择测试
参考协议	3GPP TS 22.233; 3GPP TS 26.233; 3GPP TS 26.234		
测试目的: 基于 3G 的流媒体业务可以根据网络带宽选择不同速率的内容			
<p>预置条件:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3G 网络工作正常;</li> <li>测试用户允许使用流媒体业务并工作正常;</li> <li>测试终端正确配置: 流媒体服务器 IP 地址、流媒体门户 IP 地址等;</li> <li>流媒体服务器具有不同速率的流媒体内容: <ul style="list-style-type: none"> <li>● 16kbps 视频</li> <li>● 32kbps 视频</li> <li>● 64Kbps 视频</li> </ul> </li> <li>网络分配给测试终端的带宽可以调节。</li> </ol>			
<p>测试过程:</p> <p>步骤1. 终端启动浏览器, 建立数据连接, 登录到流媒体业务门户网站;</p> <p>步骤2. 浏览流媒体服务页面;</p> <p>步骤3. 设置网络分配给测试终端的带宽在 32Kbps 和 64Kbps 之间;</p> <p>步骤4. 选择流媒体内容;</p> <p>步骤5. 查看流媒体播放详细信息。</p>			
<p>预期结果:</p> <p>对应步骤 1. 测试终端显示流媒体业务门户内容;</p> <p>对应步骤 2. 测试终端显示流媒体内容链接;</p> <p>对应步骤 4. 流媒体测试终端自动启动, 实时、正确、流畅的播放该流媒体内容;</p> <p>对应步骤 5. 播放速率为当前承载网络允许的最大速率门槛下的最大编码速率。播放过程中, 流媒体测试终端记录相关数据, 并上传至测试服务器。测试服务器分析报告表明在特定带宽下流媒体服务正常。</p>			

表 4.4 流媒体自适应速率播放测试

项目	基本业务功能测试	分项目	流媒体自适应速率播放测试
参考协议	3GPP TS 22.233; 3GPP TS 26.233; 3GPP TS 26.234		

测试目的：基于 3G 的流媒体业务可以动态调节流媒体速率以适应网络带宽变化
<p>预置条件：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 3G 网络工作正常；</li> <li>2. 测试用户允许使用流媒体业务并工作正常；</li> <li>3. 测试终端正确配置： 流媒体服务器 IP 地址、流媒体门户 IP 地址等；</li> <li>4. 流媒体服务器准备自适应速率编码的视频内容；</li> <li>5. 网络与测试终端的实际数据速率可动态调整。</li> </ol>
<p>测试过程：</p> <p>步骤1. 终端启动浏览器，建立数据连接，登录到流媒体业务门户网站；</p> <p>步骤2. 浏览流媒体服务页面；</p> <p>步骤3. 点击自适应速率编码的流媒体内容；</p> <p>步骤4. 选择流媒体内容；</p> <p>步骤5. 改变接口数据速率，查看流媒体播放详细信息。</p>
<p>预期结果：</p> <p>对应步骤 1. 测试终端显示流媒体业务门户内容；</p> <p>对应步骤 2. 测试终端显示流媒体内容链接；</p> <p>对应步骤 3. 流媒体播放器自动启动，实时、正确、流畅的播放该流媒体内容；</p> <p>对应步骤 4. 播放速率为当前承载网络允许的最大速率门槛下的最大编码速率，并且随着承载网络最大速率动态变化。播放过程中，流媒体测试终端记录相关数据，并上传至测试服务器。测试服务器分析报告表明在自适应速率播放情况下流媒体服务正常。</p>

#### 4.3.2 流媒体协议测试

表 4.5 RTSP 协议消息测试

项目	流媒体协议测试	分项目	RTSP协议消息测试
参考协议	RFC2326; 3GPP TS 22.233; 3GPP TS 26.233; 3GPP TS 26.234;		
测试目的：终端必须支持的 RTSP 消息：Describe / Setup / Play / Pause			

/ Teardown.
<p><b>预置条件:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 3G 网络工作正常;</li> <li>2. 测试用户允许使用流媒体业务并工作正常;</li> <li>3. 测试终端正确配置: 流媒体服务器 IP 地址、流媒体门户 IP 地址等;</li> <li>4. 流媒体服务器准备相应视频内容。</li> </ol>
<p><b>测试过程:</b></p> <p>步骤1. 终端启动浏览器, 建立数据连接, 登录到流媒体业务门户站点;</p> <p>步骤2. 浏览流媒体服务页面;</p> <p>步骤3. 选择视频内容播放, 正常播放后退出。</p>
<p><b>预期结果:</b></p> <p>对应步骤 1. 测试终端显示流媒体业务门户内容;</p> <p>对应步骤 2. 测试终端显示流媒体内容链接;</p> <p>对应步骤 3. 流媒体播放器自动启动, 实时、正确、流畅的播放该流媒体内容;</p> <p>对应步骤 3. 播放过程中, 流媒体测试终端记录 RTSP 协议相关消息, 并上传至测试服务器。测试服务器分析报告测试终端的 RTSP Describe / Setup / Play / Pause / Teardown 消息等相关信息, RTSP 相关消息正常。</p>

表 4.6 SDP 参数测试

项目	流媒体协议测试	分项目	SDP参数测试
参考协议	RFC2327; 3GPP TS 22.233; 3GPP TS 26.233; 3GPP TS 26.234;		
测试目的: 终端必须支持的 SDP 报头。			
<p><b>预置条件:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 3G 网络工作正常;</li> <li>2. 测试用户允许使用流媒体业务并工作正常;</li> <li>3. 测试终端正确配置: 流媒体服务器 IP 地址、流媒体门户 IP 地址等;</li> <li>4. 流媒体服务器准备相应视频内容。</li> </ol>			
<b>测试过程:</b>			

<p>步骤1. 终端启动浏览器，建立数据连接，登录到流媒体业务门户网站；</p> <p>步骤2. 浏览流媒体服务页面；</p> <p>步骤3. 选择视频内容播放，正常播放后退出。</p>
<p>预期结果：</p> <p>对应步骤 1. 测试终端显示流媒体业务门户内容；</p> <p>对应步骤 2. 测试终端显示流媒体内容链接；</p> <p>对应步骤 3. 流媒体播放器自动启动，实时、正确、流畅的播放该流媒体内容；</p> <p>对应步骤 3. 播放过程中，流媒体测试终端记录 SDP 协议相关消息，并上传至测试服务器。测试服务器分析报告测试终端的 SDP 信元中 V、O、S、I 等相关参数，SDP 相关参数正常。</p>

### 4.3.3 流媒体业务计费功能测试

表 4.7 流媒体业务计费测试

项目	流媒体业务计费测试	分项目	流媒体业务计费测试
参考协议	3GPP TS 22.233; 3GPP TS 26.233; 3GPP TS 26.234		
测试目的：是否实现 3G 流媒体业务计费功能。			
<p>预置条件：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3G 网络工作正常；</li> <li>测试用户允许使用流媒体业务并工作正常；</li> <li>测试终端正确配置： 流媒体服务器 IP 地址、流媒体门户 IP 地址等；</li> <li>流媒体服务器准备相应视频内容；</li> <li>流媒体网络及服务器具具备计费功能。</li> </ol>			
<p>测试过程：</p> <p>步骤1. 终端启动浏览器，建立数据连接，登录到流媒体业务门户网站；</p> <p>步骤2. 浏览流媒体服务页面；</p> <p>步骤3. 选择视频内容播放。</p>			
<p>预期结果：</p> <p>对应步骤 1. 测试终端显示流媒体业务门户内容；</p> <p>对应步骤 2. 测试终端显示流媒体内容链接；</p>			

对应步骤 3. 流媒体播放器自动启动，实时、正确、流畅的播放该流媒体内容；

对应步骤 3. 流媒体服务器生成计费记录。播放过程中，流媒体测试终端记录播放时间和流量等相关数据，并上传至测试服务器。测试服务器分析报告测试终端的播放时间和流量等相关信息，对比流媒体服务器中的计费信息，相关操作情况下流媒体服务计费正常。

#### 4.4 小结

本章阐述了流媒体测试的主要内容，并设计了流媒体业务的部分测试用例，主要测试移动终端在浏览流媒体门户、实时播放流媒体内容的业务流程，以及终端在操作和功能方面需要满足的测试要求，适用于支持流媒体的 2G 终端和 3G 终端，及 2G 和 3G 网络环境。

## 第五章 结束语

目前,随着国内 3G 系统即将商用,移动流媒体业务将对 3G 的推广起到重要作用,流媒体服务器测试方法将是 3G 系统商用过程中的重要组成部分。

### 5.1 本文主要工作

随着网络宽带化的发展趋势,人们不再满足于信息高速公路中仅有文本、图像或声音这一类简单的信息,而越来越希望更直观、更丰富的新一代信息的表现形式。作为多媒体和网络领域的交叉学科,流媒体技术的应用和研究得到了迅速发展。面对多样的无线环境,为了更高效、更稳定地为用户提供移动流媒体服务,准确测试和评价移动流媒体的服务质量,成为了目前很多专家和学者考虑的重要问题。

本文具体实现过程中,阅读了大量目前移动流媒体相关的文章和资料,包括 3GPP PSS 相关协议和流媒体传输协议等,细致描述本测试系统的总体框架设计、界面的设计等等。在开发过程中主要完成各相关模块的具体编程工作。其中涉及到流媒体编程技术、Windows 编程技术、和有关报表定制系统的关键技术。通过本文设计的测试系统具体实现,不仅使我掌握了许多相关知识而且使我对移动流媒体系统和评价过程有了清楚的认识。

本系统与本研究中心的其他同学研究的内容,包括流媒体监控系统、图像评价系统,流媒体 QoE 评价等课题形成一个相互紧密联系的整体。在整个研究过程中,我们积极讨论,相互建议,使我深深体会到团队精神和协作精神的重要性。

现将本文工作和主要贡献归纳如下:

- 本文对目前的流媒体业务的背景以及相关的协议标准进行了归纳和阐述,包括对 3GPP 中 PSS 流媒体服务规范目前的研究现状总结。
- 针对目前标准情况和实际应用中的一些问题,本文提出了通过自动手段,模拟人工测试流媒体的方法,希望能够为运营商和设备制造商对移动流媒体服务器进行测试时提供更多的选择。并对流媒体测试系统的框架结构和逻辑结构进行了详细的设计和阐述。

- 对应与本文提出的测试系统，设计了部分典型的测试用例，包括基本业务测试、流媒体协议测试和计费功能测试。这些典型的测试用例可以指导测试过程的顺利实施。

## 5.2 进一步的研究

社会的进步和发展对移动通信技术提出更高的要求，用户数和各种业务的业务量都在急剧增长，因此相应的流媒体测试手段和方法需要更准确、灵活和便捷。随着技术的提升，用户对流媒体的质量也会有更高的要求。

本系统目前侧重于流媒体播放过程的数据采集和统计方面的功能。但是流媒体本身数据压缩的问题也会导致用户体验质量不佳，所以在以后的系统中还可以考虑增加对流媒体片源进行视、音频编码分析的功能，以检测播放源的编码质量。

目前，本系统只考虑对微软格式的流媒体测试。进一步，可以在获得其他流媒体厂商的 SDK 后，扩展客户端程序的功能，使它能够自适应支持对各种主流流媒体格式的点播测试。此外，目前的客户端是应用在 PC 机上的软件，以后考虑将客户端程序移植到 WinCE、嵌入式 Linux 等嵌入式操作系统上，实现对手机终端的流媒体进行点播测试。

此外，以后可以考虑将流媒体测试内容与无线网络规划和优化的 CQT、DT 测试结合起来，可以进一步对 2G 和 3G 无线网络下的流媒体测试提供更准确和全面的评价测试。

## 致 谢

在攻读硕士研究生期间，我得到了很多老师、同学和朋友的大力支持和帮助，在重庆邮电大学度过了一段难忘的美好时光。

感谢我的导师陈前斌教授在这三年的学习和工作中给予我的指导、帮助和支持。本论文及其相应的研究工作是在陈老师的悉心指导下完成的，从论文的选题到撰写，一直都得到陈老师的关心与教诲。陈老师以其广博的学识，严谨的治学态度，无私的奉献精神，使我不仅在学业上有所进步，而且在做人方面也受益匪浅。在此我表示衷心的感谢。

感谢唐伦老师，在我学习和撰写论文期间给了我很多实质性的指导和建议。

感谢光互联网及无线信息网络研究中心的所有老师和同学，共同为我缔造了一个舒适、学术氛围浓厚的学习环境。

感谢我的家人，感谢你们为我的学业付出的巨大心血。

陈亦鲜

2007年4月

## 参考文献

- [1] Steve Mack. 流媒体宝典. 北京. 电子工业出版社. 2002
- [2] 柳晓雯, 赵婧博. 移动流媒体技术及其应用. 信息技术与标准化. 2005(10): P31-34
- [3] 孙燕, 徐重阳, 杨灿. 基于因特网的流式媒体技术. 电视技术. 2002(241): P43-46
- [4] 流媒体网. 浅谈流媒体的起源和发展. Available from: <http://tech.lmtw.com/technical/200503/5834.html>. 2005.3.6
- [5] 钟玉琢, 向哲, 沈洪. 流媒体和视频服务器. 清华大学出版社. 2003-6
- [6] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, and V. Jacobson. RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications. RFC3550. July 2003.
- [7] H. Schulzrinne, and S. Casner. RTP Profile for Audio and Video Conferences with Minimal Control. RFC3551. July 2003.
- [8] H. Schulzrinne, A. Rao, and R. Lanphier. Real Time Streaming Protocol (RTSP). RFC2326. April 1998.
- [9] M. Handley and V. Jacobson. SDP: Session Description Protocol. RFC2327. April 1998.
- [10] R. Braden, L. Zhang, S. Berson, S. Herzog, and S. Jamin. Resource ReSerVation Protocol (RSVP) . RFC2205. September 1997.
- [11] S. Herzog. RSVP Extensions for Policy Control. RFC2750. Jan.2000
- [12] 3GPP TS 22.233. Transparent end-to-end packet-switched streaming service (PSS); Stage 1. Available from: <http://www.3gpp.org/ftp/specs/lastest/> [Accessed Jul. 26, 2006] (Release 8)
- [13] 3GPP TS 26.233. Transparent end-to-end packet switched streaming service (PSS); General description. Available from: <http://www.3gpp.org/ftp/specs/lastest/> [Accessed Jul. 26, 2006] (Release 6)
- [14] 3GPP TS 26.234. Transparent end-to-end packet switched streaming service (PSS); Protocols and codecs. Available from:

- <http://www.3gpp.org/ftp/specs/lastest/> [Accessed Jul. 26, 2006] (Release 6)
- [15] 3GPP TS 26.244. Transparent end-to-end packet switched streaming service (PSS); 3GPP file format (3GP). Available from: <http://www.3gpp.org/ftp/specs/lastest/> [Accessed Jul. 26, 2006] (Release 6)
- [16] 流媒体网. 3GPP 移动流媒体服务技术规范概述. Available from: <http://3g.lmtw.com/TQ/200505/7641.html>. 2005.5
- [17] 徐步伟, 彭云峰, 陆昉等. 链路管理协议的一致性测试. 电讯技术. Vol.45 No.4. 2005: P38-43
- [18] Microsoft Corporation. Windows Media Player 10 SDK. 2004
- [19] Charles F. Goldfarb. XML 手册. 电子工业出版社. 2003.4
- [20] 蒲在毅, 钟乐海. 流媒体传输控制的性能评价及其优化. 长春师范学院学报(自然科学版). Vol.25 No.1. 2006.2: P65-67
- [21] 王春光, 张明杰. 3G 流媒体业务的 QoS 及解决之道. 现代通信. 2006(3): P22-25
- [22] 严砥. 移动流媒体服务器测试方法简介. 电信网技术. 2005.11(11): P61-62
- [23] 张艳霞, 张琳姝, 刘文超, 于清. 流媒体性能参数测试与分析. 中国多媒体视讯. 2003(9): P60-63
- [24] 中国移动通信集团公司. 3G 业务实验室测试用例—流媒体分册(征求意见稿). 2004.3
- [25] 中国移动通信有限公司. 流媒体与音视频下载业务终端测试规范. 2006.5.31
- [26] Sumit Roy, Michele Covell, John Ankcorn, and Susie Wee. A System Architecture for Managing Mobile Streaming Media Services. Proceedings of the 23rd International Conference on Distributed Computing Systems Workshops (ICDCSW'03). IEEE 2003
- [27] Susie Wee, John Apostolopoulos, Wai-tian Tan, Sumit Roy. RESEARCH AND DESIGN OF A MOBILE STREAMING MEDIA CONTENT DELIVERY NETWORK. ICME 2003. IEEE
- [28] S. Roy, M. Covell, J. Ankcorn, S. Wee. M. Etoh and T. Yoshimura. A System Architecture for Mobile Streaming Media Services. IEEE Mobile

- Distributed Computing Workshop. May 2003.
- [29] David Austerberry. The Technology of Video and Audio Streaming. Second Edition
- [30] 李相周. 移动流媒体技术及其在 3G 移动通信中的应用. 通信世界. 2006(5): P46-47
- [31] 王志强等. 多媒体技术与应用. 第一版. 北京. 清华大学出版社. 2004.4
- [32] 金海, 邵艳明, 韩宗芬. 基于实时流协议的流媒体客户端. 计算机工程. 2004(30-11): P192-194
- [33] 余同军, 刘继兴, 王晓斌. 移动流媒体服务器系统关键技术分析. 电信快报. 2004.12
- [34] 李华, 曾珂, 戴琼海. 流媒体技术浅议. 电视广播与传输. 2002(7): P47-48
- [35] 杨学良等. 多媒体计算机技术及其应用. 修订版. 北京. 电子工业出版社. 2004.9: P276-186
- [36] 刁兆坤. 移动流媒体技术与典型应用. 中国多媒体视讯. 2005.10: P55-56

## 附 录

### 攻读硕士学位期间从事的科研工作及发表的论文

#### 1、从事的主要科研工作

- ① 2004年3月~2004年8月, 重庆联通 OMMI 运维管理信息系统
- ② 2004年9月~2005年1月, 重庆联通 DCA 报表定制系统

#### 2、发表的论文

- ① 第一作者. 3G 流媒体测试方法研究. 中国有线电视. 2006(19): P1916-1919
- ② 第二作者. 发送超大附件邮件系统的设计与实现. 湖南文理学院学报. 2006(19.1): P1-3