

# 基于 Linux 的 P2P 视频点播系统的设计与实现

张焯飞, 张云华, 卢 娟, 朱 光, 高彦芬, 徐海斌

(浙江理工大学信息电子学院, 杭州 310018)

**摘 要:** 设计了一个基于 Ubuntu Linux 平台的 P2P 视频点播系统。主要介绍了系统的物理模型、各服务器的功能、系统结构及类关系图,并对客户端的实现方式和各模块作了介绍。该系统的设计为后期移植到 Linux 机顶盒提供参考。

**关键词:** Linux; P2P; 视频点播; 系统模型

**中图分类号:** TP311.52      **文献标识码:** A

## 0 引 言

P2P 应用已经成为互联网的主要应用之一,其模式也成为许多新型业务的首选模式。P2P 技术被广泛应用于文件共享、网络视频、网络电话等领域,以分布式资源共享和并行传输的特点,为用户提供了更多的资源、更高的可用带宽以及更好的服务质量<sup>[1]</sup>。将 P2P 技术应用到视频点播(VOD)中,每个普通节点既从服务器以外的其他节点下载资源,又给其他节点上传资源,从而有效地利用了普通节点的闲散资源(带宽、CPU 以及存储资源等),减轻了服务器的负载。本文设计和搭建了一种服务器和客户端都是基于 Linux 系统的视频点播系统。从而具有更好的稳定性和安全性。

## 1 系统设计

### 1.1 系统物理模型

整个视频点播系统由客户端、前端应用服务器和后端支撑服务器构成。前端应用服务器包括 Tracker 服务器、超级节点服务器、HTTP 服务器和发布服务器;后端支撑服务器包括视频源服务器和数据库服务器。网络中的原数据都来自视频源服务器;超级节点服务器、发布服务器和客户端共同组成了数据分发系统的核心;HTTP 服务器(注册认证服务器)构成了系统业务提供部分,负责内容的分发,内容的控制管理、分类和收集处理。Tracker 服务器用于记录节点信息、节点管理,这些部分共同构成了视频点播系统环境,系统模型如图 1 所示。

**数据库服务器:** 保存节目信息、频道信息及用户信息。

**HTTP 服务器:** 接受用户登录请求,当验证通过后,将频道信息及节目列表返回给请求节点。

**视频服务器:** 存放原始视频文件。

**发布服务器:** 发布视频到 P2P 网络中的超级节点,并将片源信息保存到数据库。

**超级节点:** 保存分块视频文件,作为超级节点提供资源下载。

**Tracker 服务器:** 接受普通节点及超级节点加入 P2P 网络请求。

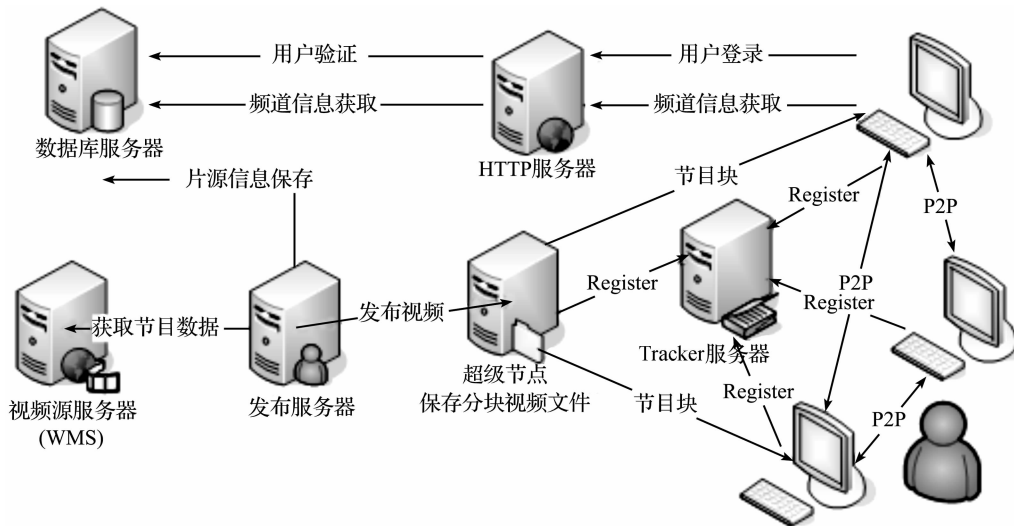


图 1 系统模型

## 2 系统实现

### 2.1 HTTP 服务器

HTTP 服务器系统为 Ubuntu Linux 操作系统,采用 FreeTDS<sup>[2]</sup> 访问数据服务器 SQL Server2005,整体架构采用 MVC(model-view-controller)的设计模式,使系统耦合性降低,每张表对应一个模型,访问数据库的操作在控制层进行。系统流程图如图 2 所示。

### 2.2 超级节点

SuperPeer(以下简称 SP)是服务器端的一个重要组成部分,它的功能是从数据库读取本地超级节点所存有的节目信息,然后通知 Tracker 服务器,并向普通节点(normal peer,以下简称 NP)提供视频数据的下载。

#### 2.2.1 系统结构

SP 在启动时需要向 Tracker 服务器注册,并且与 Tracker 服务器交互信息,该部分的功能由 TrackerUDPCClient 类完成。

SP 接收发布服务器视频的发布,该部分的功能由 CSTCPServer 类完成。

SP 与 NP、SP 的交互分为两部分。一部分是 SP 接受 NP、SP 的接受请求,该部分的功能由 P2PTCPServer 类完成,其协议定义在 enumSPandSP 中;另一部分是 SP 作为一个中间缓冲节点,在接收到 NP 的请求后,向目标 SP 发送请求连接,该部分的功能由 P2PTCPCClient 类实现。

SP 对节目频道的管理功能由 ChannelMgr 类实现,它提供了大量的方法实现 SP 对节目频道数据的添加、获取、查询等操作。

#### 2.2.2 类关系图

SP 服务器的 UML 静态结构如图 3 所示。

### 2.3 Tracker 服务器

Tracker Server(以下简称 TS)也是服务器端的一个重要组成部分,它的功能是接收 SP 提供注册的节目频道信息,接受 NP 的注册信息,以及提供 NP 相关的信息查询。TS 动态地维护了 SP、NP 的状态和注册信息。

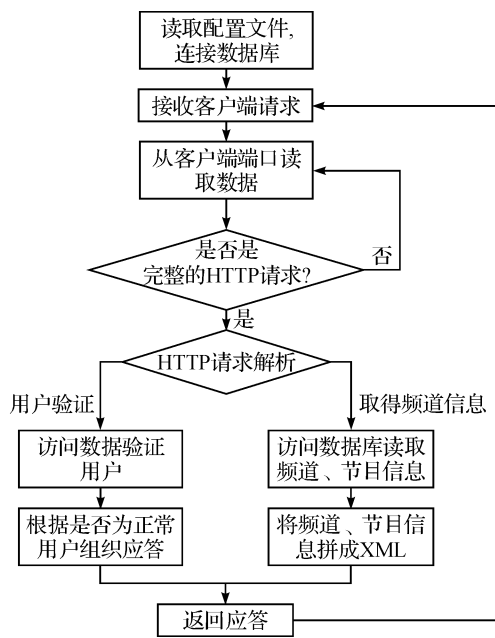


图 2 HTTP 服务器流程

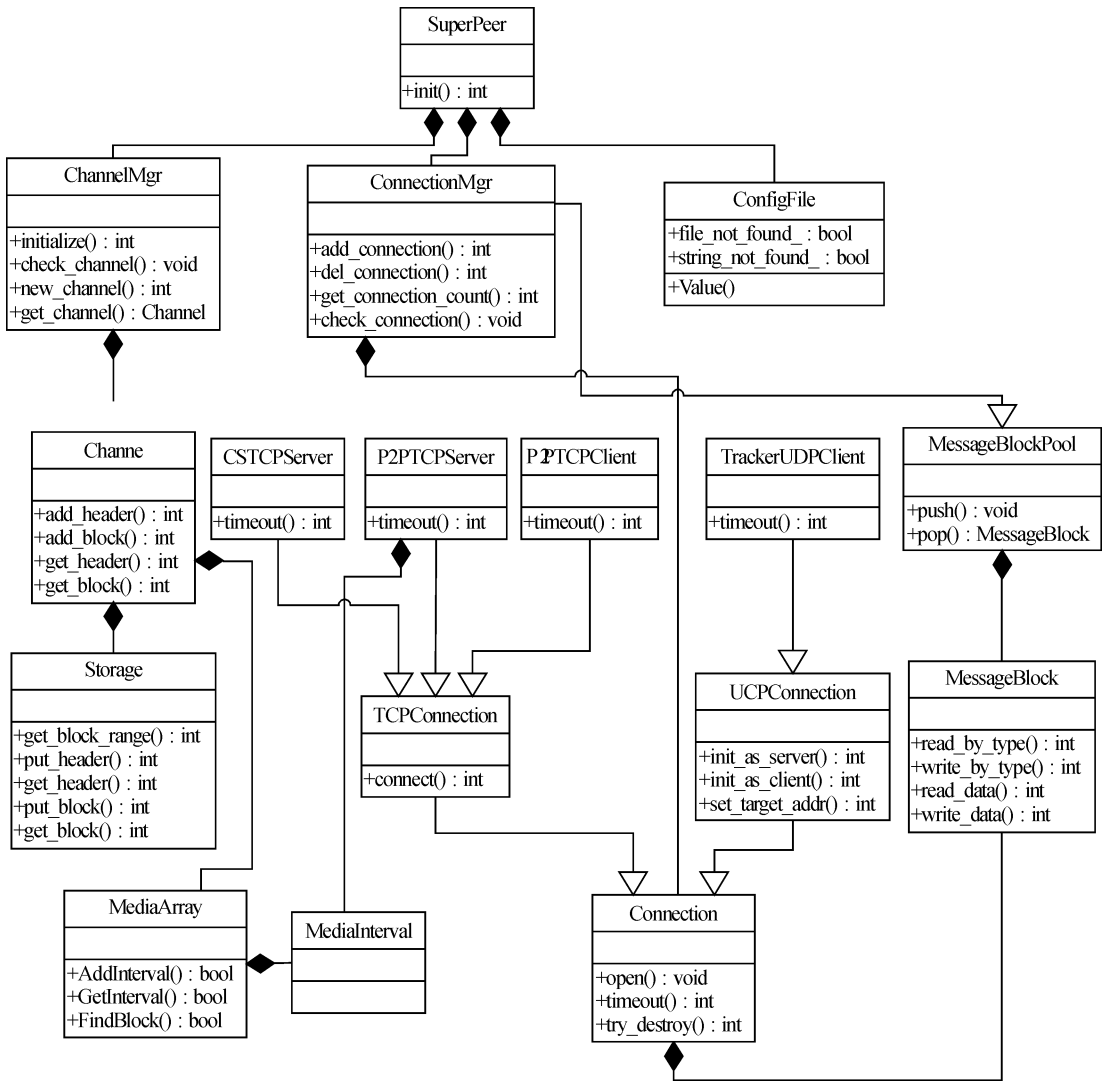


图3 超级节点 UML 结构图

### 2.3.1 系统结构

TS 需要处理 SP 与 TS、NP 与 TS 间的通信。TS 的设计就是围绕处理这两类通信而进行的。

由于 TS 需要与两个不同的实体进行通信,因此它的设计就是为两个实体提供不同的通信链路。由于需要大规模的并发链接,从而选择 UDP 协议进行网络通信,以减轻系统的负载。

TS 作为服务端,提供被动的服务,分别处理由 SP、NP 主动提交的信息,不需要主动向这些实体发送数据。为了方便地进行处理,TS 设计了两个模块分别处理不同实体提交的协议数据,包括接收、发送以及协议处理,每个模块都有自己的处理线程,保证处理的及时性和并发性。此外,TS 还维护了两个全局表,分别是 SP 信息对应的 chnl\_map\_ 和 NP 信息对应的 NPNode\_map\_。TS 两个模块的处理过程分别如下。

a) SP 处理模块接收到 SP 发来的协议数据,将相应信息创建成 channelNode,并把 ChannelNode 插入、更新到 chnl\_map\_ 中。

b) NP 处理模块接收到 NP 发来的协议数据,将相应信息插入、更新到 NPNode\_map\_ 中,对于 NP 的请求信息,NP 处理模块根据请求在两个全局表中查询相应的信息。

### 2.3.2 类关系图

TS 子系统的 UML 静态结构如图 4 所示。

### 2.4 客户端

客户端由 GUI 界面和 Layer.dll 组成。GUI 界面采用跨平台的 wxWidgets 库编写,主要包括数据播放和播放器控制部分。Layer.dll 由两部分组成:a)网络处理部分,负责处理 P2P 网络控制,数据调度;b)本地

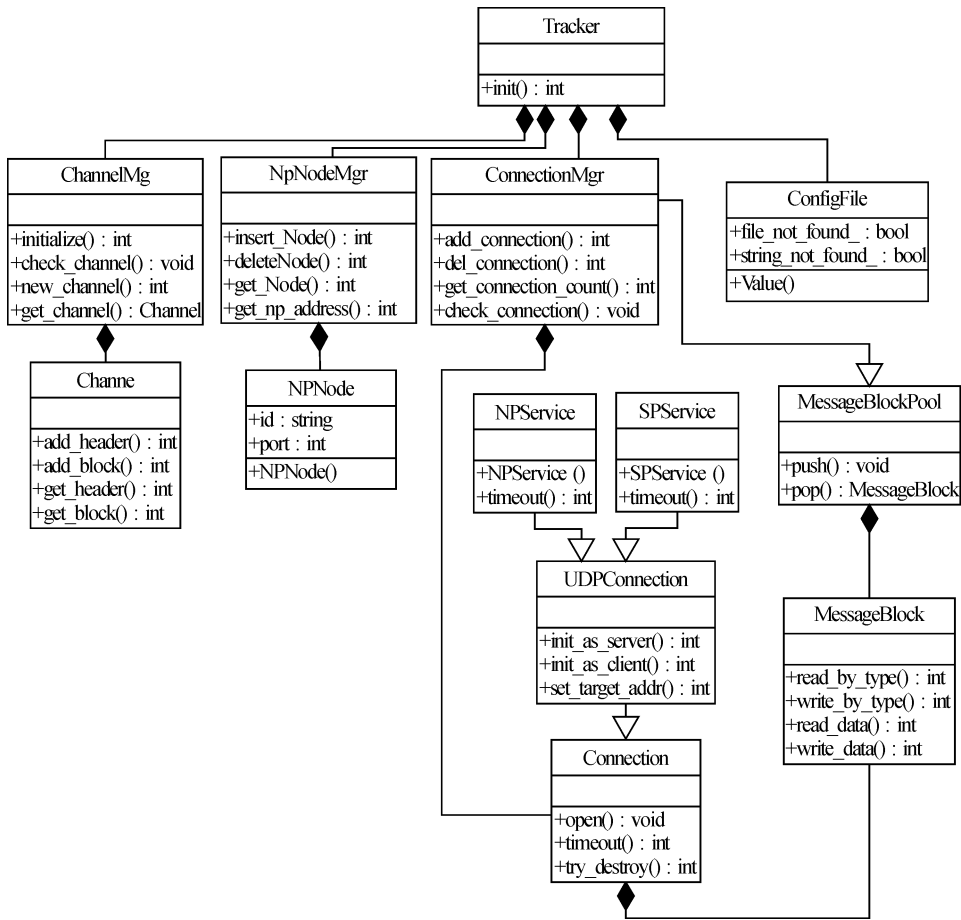


图 4 Tracker 服务器 UML 结构

httpserver:负责向 GUI 发送播放数据。基本结构图如图 5 所示。

Layer.dll 在系统中承担的作用是:a)向上与 GUI 界面交互,从 GUI 获取指令,为 GUI 提供播放的数据;b)向下与 Tracker 交互,登记和报告自己的状态,得到初始的 Peers 列表;c)与 Peers 交互,搜索资源节点,与 Peers 交换媒体数据。本地节点同时向 P2P 网络中的不同邻居节点发送不同数据块请求,当某个请求超时后,再定位到其他的节点。

### 2.4.1 类模块划分

a)Layer.dll 主要类功能描述如下(功能模块关系图如图 6 所示)。

Layer:对外的接口,可以看成是对 Communicator 的线程安全包装。Layer 运行在调用者所在的线程,通过 Communicator::resEvent, Communicator::resAckEvent,Communicator::needControl 三个变量实现与主线程的同步。

Communicator:控制类,LiveResource、CSCClient、TryClient、P2PMgr 的容器。提供启动、停止服务的接口。对其它所有对象的访问都通过这个类。

CSCClient:负责与 Tracker 服务器通信。

P2PClient:主要负责与 Peer 通信,为了抵御污染攻击<sup>[3]</sup>,就是一个污染视频块,通过 P2P 共享上传,很快地传播到网络中去。在与 Peer 通信,收发数据块消息中,加入了块认证,污染块在块认证时将被检出,并被丢弃。

TryClient:负责发起与 Peer 的连接。

LiveResource(继承自 BaseResource):存放流媒体数据的 pool。保存流媒体的 metadata。

P2PMgr:主线程所在的类。负责 P2P 节点的管理。

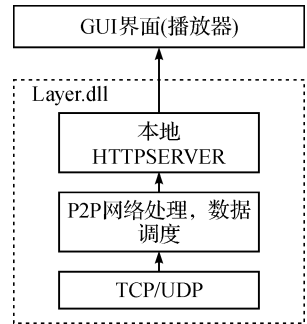


图 5 客户端结构

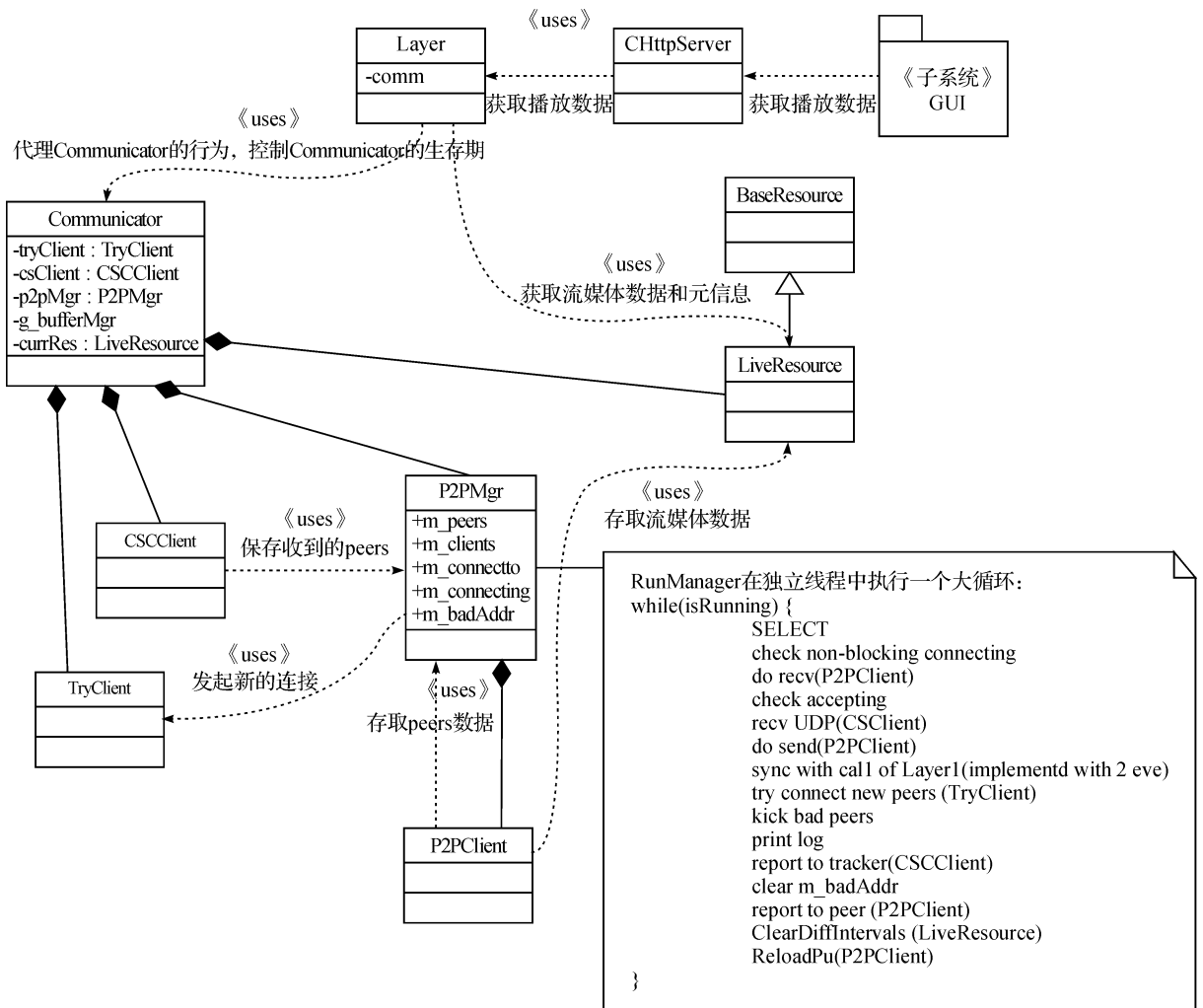


图6 Layer.dll 功能模块关系

CHTTPServer(继承自 CGenericServer):负责将从网络获取的数据发送给 GUI 界面,并进行播放。

b)Layer.dll 辅助类功能描述如下。

BufferMgr:负责缓存管理,给客户端节点分配了 1 G 左右的硬盘缓冲区,只要缓存空间有剩余,就允许缓存多部视频,从而使本地节点具有更多可供上传的视频块,更能满足实时性的需求。对于缓存区中旧文件的替换,采用了文献[4-5]中所提到的基于权重因子的视频文件块替换算法。

BlockInterval/IntervalArray:用区间来描述一组 blockID 的序列,可以视作一种简单压缩。

NormalAddress/P2PAddress:节点地址的描述。

CorePeerInfo/PeerInfoWithAddr:peer 信息的描述。

TransferCalculator:用于辅助统计传输状态。

TransferInfo:传输信息的描述。

PushList:待上传/下载的 block id 列表。

LogMgr:日志系统。

### 3 结 语

随着 3G 时代的到来,网络视频点播的市场需求越来越大,IPTV<sup>[6]</sup>也是未来的发展方向,如何在有限的网络带宽下,提供安全可靠的视频点播服务将成为人们研究的重点,本文提出的基于 Linux 的 P2P 视频点播系统是一种很好的解决方案,具有很好的应用前景。

**参考文献:**

- [1] 徐 恪, 叶明江, 胡 懋. P2P 技术现状及未来发展[J]. 中兴通讯技术, 2007, 13(6): 6-7.
- [2] FreeTDS[EB/OL]. [2010-07-10]. <http://www.freetds.org>.
- [3] Dhungel P, Hei X, Ross K W, et al. The pollution attack in p2p live video streaming: measurement results and defenses [C]//Proceedings of Peer-to-Peer Streaming and IP-TV workshop(P2P-TV'07), Kyoto, Japan, 2007: 236-237.
- [4] Huang Y, Fu T Z J, Chiu D M, et al. Challenges, design and analysis of a large-scale p2p-vod system[C]//Proceedings of ACM SIGCOMM, 2008: 375-376.
- [5] Le Chang. Video-on-demand streaming on Peer-to-Peer networks[J]. Parallel and Distributed Systems, IEEE Transactions, 2009, 20(1): 59-61.
- [6] 陈斯华. IPTV 产业价值链研究[M]. 北京: 中国传媒大学出版社, 2008: 3-7.

## Design and Implementation of a P2P Video on Demand System Based on Linux Platform

ZHANG Ye-fei, ZHANG Yun-hua, LU Juan, ZHU Guang, GAO Ye-fen, XU Hai-bin

(School of Informatics and Electronics, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** In this paper, a p2p VOD(video-on-demand) system based on ubuntu linux is designed and implemented. The physical model of the system, each servers' functions, each servers' system structure and the class diagram; and the client implementations, and each module of client are mainly introduced. The design of the system for later ported to Linux set-top boxes provide some reference value.

**Key words:** linux; P2P; video on demand; system model

(责任编辑: 陈和榜)