

基于 IPv6 的流媒体内容分发网络中的边缘服务器设计与实现

曾进¹ 王康² 邓一贵¹ 胡海清¹ 李楠³

(重庆大学计算机学院 重庆 400044)¹ (重庆大学网络中心 重庆 400044)²

(重庆大学自动化学院 重庆 400044)³

摘要 随着网络技术的发展, IPv6 协议已经成为了世界各国构建下一代互联网的核心协议。流媒体内容分发网络(CDN)是近年来用于解决互联网上响应速度慢和提高访问服务质量的一种典型技术,在未来的 IPv6 网络上,它将在视频传输方面体现更重要的作用。边缘服务器(ESP)是 CDN 的核心部件。文中介绍了 ESP 与其他模块通信的通信协议设计以及用面向对象方法设计的 ESP 原型系统,并分析了系统设计中的一些关键问题。

关键词 流媒体内容分发网络, 边缘服务器, IPv6

The Design and Implementation of Edge Streaming Proxy in Streaming Content Delivery Network(CDN) Based on IPv6 Network

ZENG Jin¹ WANG Kang² DENG Yi-Gui¹ HU Hai-Qing¹ LI Nan³

(College of Computer Science, Chongqing University, Chongqing 400044)¹ (Center of network, Chongqing University, Chongqing 400044)²

(School of Automation, Chongqing University, Chongqing 400044)³

Abstract With the development of network technology, the IPv6 protocol has been the core protocol of constructing the Next Generation Internet of the every country in the world. Streaming Content Delivery Network(CDN) is an Internet application aiming to solve the response rate and improve the quality of service in recent years and in IPv6 network, it will show more importance in video transaction. The Edge Streaming Proxy server(ESP) is the core of the CDN. An Object-Oriented method in design ESP, the defining on protocol through which ESP server incorporate with other blocks, and the solution to some important problems, are introduced in this paper.

Keywords Streaming content delivery network(CDN), Edge streaming proxy(ESP), IPv6

1 引言

在目前 IPv4 网络上,流媒体应用日新月异,但是带宽的增长远远落后于流媒体服务的需求,很多时候用户无法很流畅地在网上观看流媒体内容;同时,流媒体站点访问量增加,会在主干网络中产生巨大的流量,加重站点服务器的负载。为了解决这一问题,CDN 技术应运而生。

CDN(Content Delivery Network)即内容分发网络,是一个建立并覆盖在互联网之上的一层特殊的网络,专门用于通过互联网高效传递丰富的多媒体内容^[1]。CDN 通常部署在网络边缘接入层,其基本思想是,依靠放置在各地的缓存或媒体服务器,通过系统中心平台的智能负载均衡、内容分发、调度等功能模块,将用户最感兴趣的那部分流媒体内容部署到最贴近用户的地方,使得原本无序、低效、不可靠的宽带 IP 网络转变成高效、可靠的智能网络,以满足用户对媒体访问质量的更高要求^[2]。

随着 IPv6 技术的不断发展和日趋成熟,以 IPv6 为基础的下一代网络受到了世界各国政府以及电信运营商的普遍关注和高度重视。美国、欧洲和日本等国家先后制定了相应的发展战略并采取具体措施来积极发展 IPv6。中国作为最需要 IPv6 的国家之一,已经于 2003 年由国家发改委、信产部、中科院等八部委牵头,正式启动了国家下一代互联网示范工程(CNGI)。如何在下一代互联网平台上平滑移植已经在 IPv4 获得巨大成功的应用、服务和开发丰富多彩的基于 IPv6 的新

应用已经成为推动 IPv6 产业化的关键所在。在这些需要平滑移动的服务中,流媒体服务是一个必须平滑移动,并且在 IPv6 网络上需要进一步发展的服务。在基于 IPv6 网络上的流媒体服务,仍然面临着和 IPv4 网络上一些相同的问题,主干带宽流量过大的问题也许可以通过组播解决一部分,但是,考虑到不同用户的爱好差异太多,仍然需要通过 CDN 系统来分发流媒体内容,以解决互联网整体带宽过剩和局部带宽不足的矛盾。

本文提出一个基于 IPv6 的流媒体内容分发网络中的边缘服务器设计方案,并对所提出的方案进行了具体实现。

2 CDN 系统的模块划分及 ESP 服务器功能

2.1 CDN 系统的模块划分

一个 CDN 系统根据功能通常可以划分成三个主要功能模块:内容路由服务器模块(Content Redirect, 简称为 CR)、内容管理服务器模块(Content Manager, 简称为 CM)和边缘流媒体代理服务器模块(Edge Streaming Proxy, 简称为 ESP)。

2.2 ESP 服务器的主要功能

边缘代理服务器 ESP 是 CDN 的核心组件^[3]。它和 CR 以及 CM 交互信息,并为用户提供流媒体代理服务,其主要功能包括:

(1) 内容获取:将远地原始流媒体服务器上的内容缓存到本地。

曾进 硕士研究生,主要研究方向:INTERNET 网络技术、信息网络安全技术;王康 硕士生导师,主要研究方向:INTERNET 网络技术、信息网络安全技术;邓一贵 博士研究生,主要研究方向:计算机网络信息安全;胡海清 硕士研究生,主要研究方向:软件工程,网络信息系统,软件开发环境。李楠 博士研究生,研究方向:电气设备在线智能化监测技术及智能化故障诊断技术、计算机网络。

(2) 代理服务:模拟原始流媒体服务器对用户提供服务。

(3) 内容更新:更新本地缓存内容。

ESP 必须要能在基于 IPv6 的网络上稳定地为用户提供服务,敏捷响应用户请求,提高用户请求在 CDN 网络内的命中率,并易于对以后的功能进行扩充。针对以上目标,设计了一个 ESP 服务器。

下面主要从两方面介绍 ESP 的设计,一是 ESP 和 CR, CM 之间通信协议的设计;二是用面向对象的方法分析和设计基于 IPv6 网络的 ESP。

3 ESP 程序协议的 BNF 表示

下面通过定义巴科斯-诺尔范式,简述 ESP 协议设计方法^[4]。

```

<通信消息> ::= <命令> <回车> <参数> <回车> <参数>
<命令> ::= <字符> { <字符> } | <数字> <数字> <数字>
<参数> ::= <空格> [ ':' <参数> <参数> ]
<空格> ::= ' ' { ' ' }
<变参> ::= <除了 NULL 以外的任何 ASCII 字符>
<字符> ::= 'a'... 'z' | 'A'... 'Z'
<数字> ::= '0'... '9'
<非空字符> ::= <除了空格,回车,换行,和 NULL 之外的所有 8 位字符>
    
```

```

<回车> ::= <CR>
<换行> ::= <LF>
    
```

比如对于 CM 发出的一条向 ESP 推节目命令来说,CM 端将生成如下的命令:

```

PULL <CR> <ESP ID1> : <ESP ID2> <CR> <节目 ID1> : <节目 ID2>
    
```

注:第一部分是命令字符串。第二部分参数表示推向的目的 ESP。第三部分参数表示推的节目。

4 ESP 系统的主要对象及其之间关系的实现

4.1 系统的主要对象

在 ESP 的实现过程中,定义了如下一些类:网络调用类 TcpApi;错误处理类 ErrorProcess;运行日志类 Runlog;数据库访问类 Cdatabase;服务类 GeneralService;用户代理服务类 UserAgent;管理代理服务类 ManageAgent;客户端连接类 ClientCon;管理者连接类 ManagerCon;用户连接类 UserCon;DNS 连接类, DNScon;流媒体服务类 SMSservice;缓存管理类 CacheManager;内容获取类 PullContent。

4.2 类层之间的关系及主要类的设计实现

类层之间的关系如图 1 所示。

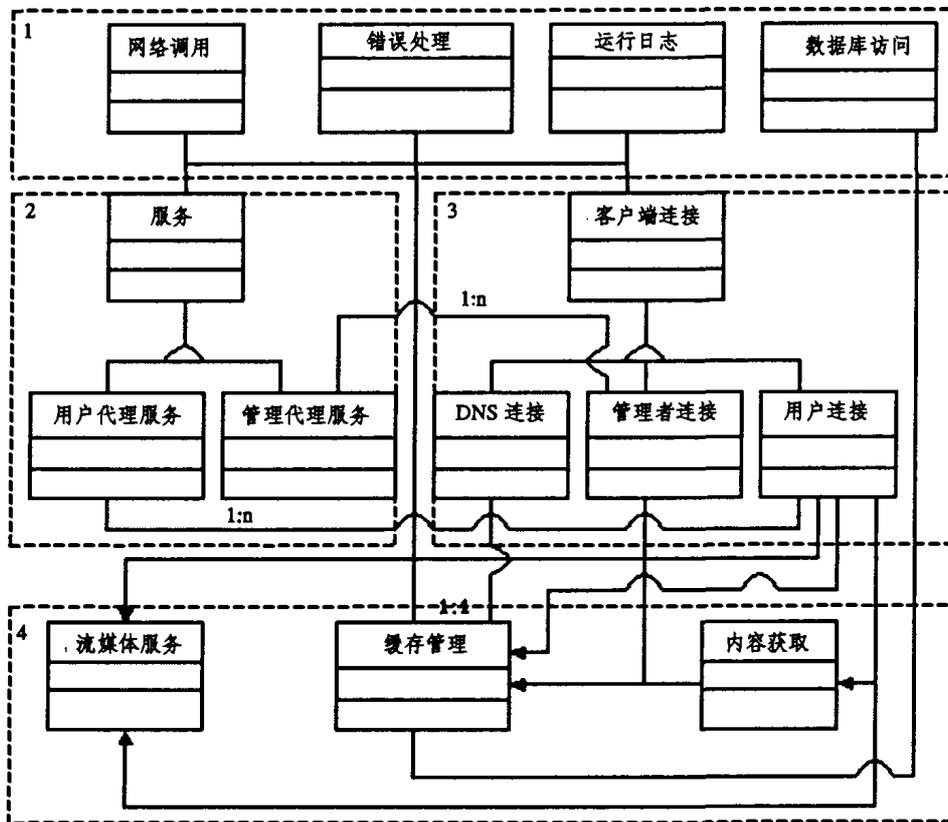


图 1 类层之间的关系图

根据类层之间的关系图可以将定义的类分为 3 类。

第一类是通用服务类,处理一些基础应用,包括网络调用类 TcpApi,错误处理类 ErrorProcess,运行日志类 Runlog,数据库访问类 Cdatabase。

其中网络调用类 TcpApi 主要封装了网络底层的一些系统调用,包括建立连接,接收数据,发送数据等。通过该类,实现网络传输协议透明化,即无论此类是采用 IPv4 协议还是 IPv6 协议,对上层调用来说都是透明的。

第二类是具体某个功能模块的封装,包括流媒体服务类 SMSservice,缓存管理类 CacheManager,内容获取类 pullContent。

其中内容获取类 pullContent 的功能是从原始内容提供商获取流媒体的内容。获取方式分为两种:一种是模拟 FTP 客户端获取原始流媒体内容;另一种是模拟流媒体客户端获取原始流媒体内容。

第三类是具体应用逻辑类,包括服务类 GeneralService,用户代理服务类 UserAgent,管理代理服务类 ManageAgent,客户端连接类 ClientCon,管理者连接类 ManagerCon,用户连接类 UserCon,DNS 连接类 DNScon。

ESP 接收的连接主要是来自客户端,CR 以及 CM。定义一个抽象类(客户端连接类 ClientCon)来描述所有连接的一些共性,比如收发包数目等。针对每一个具体连接,再定义相

应的继承该抽象类的具体的连接类,这里是管理者连接类 ManagerCon, DNS 连接类 DNScon 和用户连接类 UserCon。

ESP 的主要功能是提供服务,定义一个抽象类(通用服务类 GeneralService)来描述所有服务的一些共性,比如,连接数目等。针对每一种具体的服务,再定义相应的继承该通用服务类的具体服务类,这里是用户代理服务类 UserAgent 和管理代理服务类 ManageAgent。

其中用户代理服务类 UserAgent 的主要功能是接受客户请求,并提供流媒体代理服务。创建此对象时,产生两个线程,一个线程用于接收客户端的连接,一个线程用于处理客户端的连接。当没有客户连接时,两个线程都处于休眠状态。当某个客户到来时,接收线程创建一个客户端连接对象,然后将此对象放入到用户连接池中。处理用户连接的线程,读取用户连接池数据,处理取出的某个客户端连接,处理结束后,关闭客户端连接,将此客户端连接对象从用户连接池中删除。

5 ESP 设计中的一些技术问题

5.1 关于用户连接池的处理

用户的每个连接都存放在用户连接池中,每个连接都定义了用户可能的行为。这样,用户连接池中的用户连接随着时间和用户的增加会越来越多,所以需要用户对用户连接池进行处理。为此,用户连接池设定一阈值 N (暂时设置为 100),当用户连接请求超过该阈值 N 时,系统给用户一友好提示:对不起,访问用户量超过规定值。

5.2 关于选择缓存内容的处理

由于 ESP 服务器的空间是有限的,不可能缓存所有的流媒体内容,因此,必须有选择的缓存一部分流媒体内容;同时缓存的目的是提高用户的“命中率”,即应该缓存用户最可能访问的内容。针对这一目标,系统设计了两种方案来尽量满足这个要求。第一种方案是由系统管理者主动“推”内容给 ESP 服务器,“推”的具体内容 by 管理员根据自己的预期判断作出选择。第二种方案是由 ESP 程序透明的自动缓存内容,其采用的算法按照最近最多访问优先的原则设计。具体思路是:用 L 表示 ESP 的磁盘容量上限,用 T 表示 ESP 总的磁盘容量,用 S 表示 ESP 当前的磁盘容量,用 P 表示需要缓存的节目大小,用 D 表示统计时间。 L 设置一个规定值,比如 85%。 D 设

置一规定值,比如 5 天。算法描述如下:

- (1) if $(S+P)/T < L$ then 缓存当前大小为 P 的节目; else
- (2) 在 D 天前的节目中,找到最少被访问的节目 P_i , 删除。
- (3) if $(S+P-P_i)/T < L$ then 缓存当前大小为 P 的节目;
- (4) else 重复步骤(2)、(3)。

系统的具体实现在 $\times\times$ IPv6 域城示范网络上进行了运行测试,系统通过 ESP 智能实现流媒体内容获取,在缓存流媒体内容时对流媒体内容进行自动更新,并稳定地为用户提供流媒体代理服务,将用户最感兴趣的流媒体内容部署到了最贴近用户的地方,满足了用户对流媒体访问质量的更高要求。

结束语 基于 IPv6 的下一代互联网是去年以来中国以及世界各国的互联网发展的一个重要方向,CDN 系统是近年来应用的热点。建立一个基于 IPv6 网络的 CDN 系统具有重要的示范意义,并且随着 IPv6 网络和流媒体应用的发展,具有实际的研究价值和广阔的商业前景。ESP 服务器是 CDN 系统的核心部件。文中讨论了一种采用 BNF 定义通信协议,采用多线程技术解决系统性能,采用面向对象方法以满足对 IPv4/IPv6 协议的透明支持以及系统扩充要求的 ESP 设计方案。在实践中,基于这种思想设计出的 ESP,在一因特网内容管理和分发 CDN 技术的项目中得到了应用。

随着互联网技术的发展以及多媒体技术的成熟,内容分发网络(CDN)作为提高访问质量和减轻主干网络负载的一种技术在基于 IPv6 的下一代互联网上必将越发显示出其生命力。

参考文献

- 1 Cranor C D, Green M, Kalmanek C. Enhanced Streaming Services in a content Distribution Network [J]. IEEE Internet Computing, July/Aug. 2001. 66~75
- 2 胡海清,等. 基于软件 Agent 技术的内容分发网络研究[J]. 计算机应用, 2004, 24(6): 51~53
- 3 高勇, 李子木, 吴建平. CERNET 上 CDN 性能的研究[J]. 计算机工程, 2002, 24(增刊)
- 4 胡朝晖, 陈奇, 俞瑞利. 面向对象的网络聊天服务器系统的设计[J]. 计算机应用, 2000, 20(8)

(上接第 33 页)

至于运行时间方面,近邻法能在 1 秒内运行完毕,因此能够满足实际应用的要求。

结论 实验表明,本文所定义的相似性指标能比较好地反映时间序列的特征,因而采用本文所定义的近邻算法来进行通信量的时间序列预测能达到相当高的精度,而且算法的效率还是比较高的。通过把本文提出来的预测算法应用到现有的广东省电话网智能管理系统(GTNIMS)中,能够为路由求解提供快速、准确的预测话务量,为更精确的求解创造了条件。

实验得出的结果是令人欣喜的,但本文的算法还有值得改进的地方:一是该算法只提取了形状相似度和分布相似度两个特征,可以考虑提取更多的特征以更全面地反映时间序列的特点;二是该算法用乘法综合不同的特征,可以考虑其它的手段;三是可以结合实际的数据来优化所选取的特征和特征的综合方式;四是可以采用多种方法的综合以取长补短。

实验表明近邻法是预测通信量时间序列的有效方法,通过不断地改进,可望使对通信量时间序列的预测达到更高的精度。只要预测的精度足够高,根据预测的通信量进行路由优

化的方法就必定具有广阔的应用前景。

参考文献

- 1 李磊, 罗鹤, 李观华. 应用单纯形算法解决动态路由问题[J]. 通信学报, 2004, 25(2)
- 2 何建伟. 电话网几种动态路由策略的综合研究[D]. 邮电部邮电科学研究院, 1997
- 3 田理, 等. 经济、环境等非线性系统的预测和调控[M]. 中国统计出版社, 2001
- 4 Yiu Ming Cheung, Wai Man Leung, Lei Xu. Application of Mixture of Experts Model To Financial Time Series Forecasting [J]. In: Proc. of Intl. Conf. on Neural Network and Signal Processing (ICNNSP'1995), Nanjing, China, 1995, 1: 453~456
- 5 Kohlmorgen J, Müller K-R. Data Set A is a Pattern Matching Problem [J]. Neural Processing Letters, 1998, 7(1): 43~47
- 6 顾炜, 魏东辉, 张立明. 对复杂混沌时间序列快速预测的前馈神经网络[J]. 复旦学报(自然科学版), 1995
- 7 顾圣士, 王志谦, 程极泰. 太阳黑子数时间序列的分形研究及预测[J]. 应用数学和力学, 1999, 20(1)
- 8 徐科, 徐金梧, 班晓娟. 基于小波分解的某些非平稳时间序列预测方法[J]. 电子学报, 2001(4)
- 9 Mitchell T M. 机器学习[M]. 机械工业出版社, 2003
- 10 孙延凤, 梁艳春, 孟庆福. 改进的神经网络最近邻聚类学习算法及其应用[J]. 吉林大学学报(信息科学版), 2002, 20(1): 63~66
- 11 胡铁松, 郭元裕, 丁晶. 水文时间序列预测的径向基函数网络方法[J]. 武汉水利电力大学学报, 1996, 29(6)
- 12 Herbrster M, Warmuth M K. Tracking the Best Expert [J]. Machine Learning, 1998
- 13 边肇祺, 张学工, 等. 模式识别[M]. 清华大学出版社, 2000