

分布式远程教育资源网的设计及通信机制

白翔宇^{1,2,3}, 叶新铭^{1,2}, 蒋海^{1,3}, 李军¹

(1. 中国科学院计算技术研究所, 北京 100080; 2. 内蒙古大学计算机学院, 呼和浩特 010021; 3. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 远程教育在互联网中的重要应用, 分布式的资源组织模式与大范围的教育受众覆盖是部署实施的关键。该文通过分布式资源网以实现资源共享, 给出资源发布的通信过程和方法, 研究了提高资源同步效率的端系统组播机制, 设计了兼容 IPv4 和 IPv6 的 IPDVB 传输系统, 用来满足向卫星接收终端用户递送资源的需求。

关键词: 远程教育; 分布式资源网; 端系统组播

Distributed Resource Network Design and Communication Mechanism in Distant Education

BAI Xiang-yu^{1,2,3}, YE Xin-ming^{1,2}, JIANG Hai^{1,3}, LI Jun¹

(1. Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080; 2. College of Computer, Inner Mongolia University, Hohhot 010021; 3. Graduate College, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049)

【Abstract】 Distant education is an important and popular application for Internet. Distributed resource management and its communication mechanism for resource distribution are of great significance for wide deployment. A heterogeneous distributed resource network composed of terrestrial links and satellite channels is proposed to achieve resource management and distribution. Procedure of resource release is analyzed and a general model is given. End-system multicast method is presented to enhance the efficiency of resource synchronization. IPv4/IPv6 over DVB transmission system is designed for delivering resource to countryside users.

【Key words】 distant education; distributed resource network; end-system multicast

基于互联网的远程教育搭建了资源共享的网络平台, 向处于不同地理位置的用户提供一致的教学服务, 缩小了教育水平和教学资源的地区差异, 为改善我国教育发展不平衡的状况提供了一种非常有效的教育方式。对于远程教育的通信体系, 需要: (1) 适应于分布式资源的组织, 能够对数量庞大的教育资源进行合理的规划和管理, 并通过有效的通信机制保障资源发布、同步和递送的可靠实现。(2) 考虑网络的适用性以及能够达到的覆盖范围和覆盖密度, 这决定了远程教育受众的普及程度^[1]。目前, 国内外的远程教育平台大多关注于教育的组织方式和教学形式的多样性, 在进行资源的管理时, 一般采用集中存储的方式或在局域网络中采用分散放置的方式来实现。用户访问资源的效果受接入方式的影响较大, 不同运营商、不同地域的用户所获得的教学服务质量存在很大的差异。此外, 现有系统的基础通信协议都采用 IPv4, 还没有提供对 IPv6 的支持, 这也限制了在下一代互联网上的应用。本文阐述了中国下一代互联网示范工程(CNGI)远程教育示范项目中的分布式资源网, 提出了其层次模型, 重点研究了资源管理时的通信机制。

1 分布式远程教育资源网

1.1 系统组成

分布式资源网由地理上分散的中心服务器群、端服务器群、远程服务器群构成。中心服务器与端服务器都处于骨干网络中, 远程服务器位于卫星覆盖网络的接收端的本地服务器, 它们作为远程教育系统的资源拥有者, 共同为用户提供教育服务。分布式资源网见图 1。

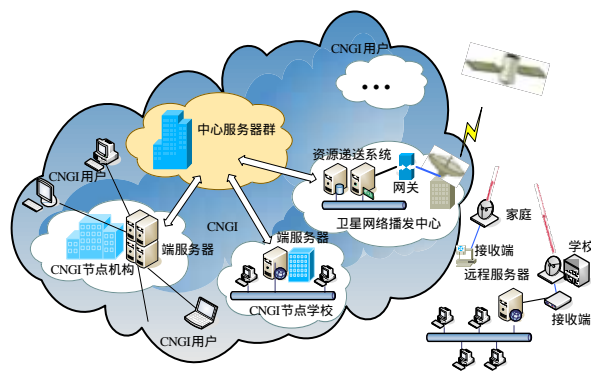


图1 分布式资源网

中心服务器群是架设在主站城市的一组服务器, 包括管理服务器、数据服务器、认证服务器等, 负责管理各种资源, 包括教育资源、用户信息等, 是整个系统实现集中式控制管理的中心。中心服务器群保存全部的成品教育资源, 根据端服务器的实际需求向其提供教育资源、用户信息等。

端服务器群由所有分散在全国各地从站的服务器构成,

基金项目: 中国下一代互联网(GNGI)示范工程基金资助项目(2005 2137)

作者简介: 白翔宇(1976-), 男, 博士研究生, 主研方向: 计算机网络, 移动与无线通信; 叶新铭, 教授、博士生导师; 蒋海, 博士研究生; 李军, 博士

收稿日期: 2007-04-15 **E-mail:** baixiangyu@ict.ac.cn

它保存本地所需的教育资源和必要的本地用户信息。端服务器提供用户请求的教育内容，并根据实际情况与中心服务器群同步信息和数据,从中心服务器获得最近新增的内容,删除不再需要的内容。这样,不但节省空间,还可实现地域性区分教育。

卫星网络播发中心连通 CNGI 核心网络与偏远地区节点,其中的资源递送系统实现将端服务器上的教育资源,根据策略向 IP over DVB 网关递交。网关将数据包转换为 TS 流,向卫星信道发送。接收端在收到信号后,经过处理后还原为 IP 数据包,提交给本地服务器,进行资源的接收和管理,以便本地局域网中的用户使用。

1.2 层次模型

分布式资源网中的通信,可抽象为图 2 所示的层次模型。

资源同步 端系统组播	资源发布、浏览、点播……	直播 …	通告 资源递送 可靠适配层
TCP		UDP	
IPv4, IPv6 (单播、组播)			
Ethernet, ATM, SONET……		ULE / MPE DVB	

图 2 层次模型

该模型可以分为 4 个层次：

(1)数据链路层,增加了在卫星 DVB 链路上进行 IPv4/IPv6 数据包传输的支持,提供了 ULE 和 MPE 两种封装方式来实现数据包与 TS 的转换。

(2)网络层,支持使用 IPv4 和 IPv6 的单播与组播。

(3)传输层,交互式的教学服务基于 TCP 协议实现,直播音视频等业务基于 UDP 协议实现。

(4)应用层,构建分布式资源网,向用户提供远程教育服务,实现不同类型的教学应用。

层次模型涵盖了整个远程教育中资源管理、信息组织与用户应用等多个方面。其中,资源管理中的通信机制是本文研究的重点。

2 分布式资源网的通信机制

2.1 资源发布的通信过程

教育资源存储总量庞大,往往以 TB 为单位来进行统计,通常需要采用分布的存储方式。资源的发布者来自不同的地理位置,具有不同的操作权限。在进行资源发布时,系统须对发布者保持透明性,屏蔽实际的存储位置,同时提供身份认证和授权以及资源传递加密的支持。针对这些需求,系统在进行资源组织时,可采用以资源包为单位来管理的方案,将资源包分散地存储在中心服务器群的多个数据服务器中,而把各资源包的标识、属性、版本、位置等信息保存在管理服务器的数据库中。这样,进行资源发布的通信过程可按照图 3 所示的方式实现。

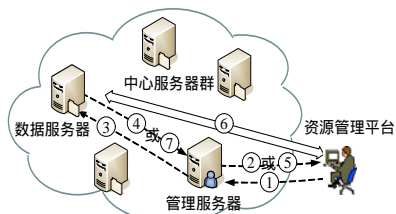


图 3 资源发布通信过程

管理服务器在收到发布者的资源发布请求时,首先要对其进行身份认证,如果身份认证失败,则返回错误信息,

终止发布过程。如果通过,则根据资源发布请求的相关信息,定位对应的数据服务器,发送命令 查询其状态并提交发布者的操作申请。数据服务器在本地执行策略分析,判断是否可以对该操作予以授权,如可以则动态赋予发布者相应的权限,将结果信息 应答给管理服务器。后者在收到信息后,如果发现发布操作被允许执行,则注册资源发布状态,并向用户返回信息,其中包含了连接数据服务器的命令字和参数。如果操作被禁止,则返回错误信息,终止发布过程。发布者在收到了授权发布的信息后,建立与数据服务器的连接,进行资源的传递。待数据服务器接收到全部的资源后,对发布者确认,并向管理服务器发送信息,确认资源正确发布。如果资源传递过程中出现错误,也应该发送消息,注销正在进行的资源发布。

在通信的安全性方面,发布者与管理服务器之间的通信过程,可以使用预先提供的签名来验证发布请求的可信与否。由于管理服务器与数据服务器之间的通信属于同一个可管理域,因此可以采用多种不同的方式来实施安全策略,如基于手工分配安全关联的 IPsec 协议。发布者与数据服务器之间的加密资源传递过程,可以由数据服务器方动态生成密钥,经过 和 两步返回给发布者的参数来予以保障。

2.2 资源同步中的端系统组播

在完成了资源发布后,可以立刻触发或定时触发资源同步过程,将中心服务器群中的资源更新到端服务器上。考虑到端服务器的数目较多、所在网络不尽相同且资源传输数据量较大,如果全部由中心服务器来维护同步工作,网络带宽和服务器负载能力会成为系统的瓶颈。为此,本文引入了端系统组播来提高同步的效率。

端系统组播的基本思想在应用层进行组播的实现,将中心服务器、端服务器节点组织成一个逻辑覆盖网络,在应用层构建和维护转发树,为数据传输提供高效、可靠服务。当使用组播进行资源同步时,首先查询组播路由表,获得孩子节点(端服务器)的单播地址,然后分别建立 TCP 连接,发送数据。当孩子节点收到数据包后,继续在本地进行路由表的查找,再向下级节点转发数据。一直重复这样的过程,直到所有的端服务器都收到资源为止。

文献[2]给出了在小规模、多数据源场景下的多转发树端系统组播方案,但仅适合于视频会议的场景中。文献[3]基于内容查找,给出了应用层组播方案,但存在报文“洪泛”的缺陷。这些方案都并不适合在资源同步时使用,分析资源同步的要素后,发现以下特点:(1)同步的对象是资源包,一般大小为几十兆字节至几百兆字节。资源包分布存储在数据服务器中。(2)端服务器以资源包为单位,进行资源的组织,各端服务器的资源包个数不同,内容各异。(3)单个资源包同步发生的频率不高,但每次同步需涉及预订该资源包的所有端服务器,短时间内通信量很大。(4)构成覆盖网络节点的中心服务器、端服务器是相对固定的,节点之间的数据传输路径和链路特征是预先可知的。根据这些特点,本文设计了基于资源包的多组播转发树方案。

每个端服务器的配置信息中包含管理员指定的上级节点以及资源包的预订情况,如图 4(1)所示。每当增加、减少端服务器,或者端服务器对资源包的预订状况发生变化时,管理服务器执行转发树生成算法。算法首先对每个端服务器的上下级关系进行分析,建立起以管理服务器为虚根的层次拓扑树,如图 4(2)所示。在该树上,进行资源分析,为各资源

包分别生成相应的转发树。假定某资源包的预订情形如图 4(3)所示,则管理服务器以该资源包所在的数据服务器替换层次拓扑树的虚根,根据资源的预订情形对树进行裁减,就可以求出图 4(4)所示的资源包转发树。

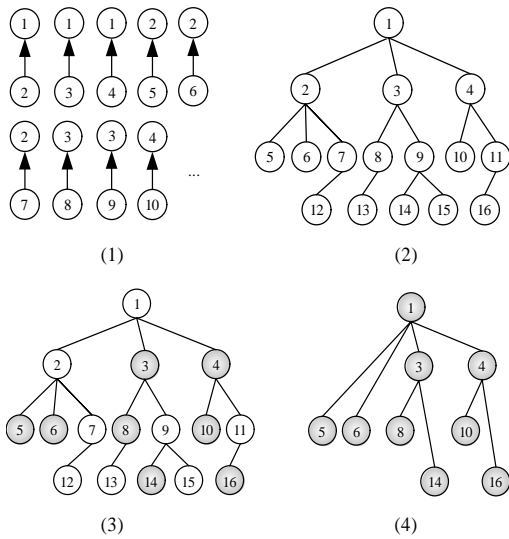


图 4 端系统组播的转发树生成过程

管理服务器将生成的多个转发树分别发给相应的数据服务器和端服务器。在资源同步时,数据服务器根据不同资源包的相应转发树,使用端系统组播进行通信,通过端服务器对资源包的并行转交,即提高了同步效率,又降低了数据服务器的负载。

2.3 基于 IP over DVB 的资源递送

在资源同步后,端服务器可以向位于互联网上的用户提供远程教学服务。为了扩大分布式资源网,向更多用户提供服务,可利用卫星的高覆盖特点来实现向偏远地区节点的资源递送。对于这种情形,现有的系统都没有提供对 IPv6 的支持,本文设计了 IP over DVB 传输系统,不仅保证了对 IP4 和 IPv6 的支持,而且具有更高的效率。DVB(Digital Video Broadcast)标准提供了一套适用于不同媒介的数字电视广播系统规范。该规范选择 MPEG-2 标准作为音视频的编码压缩方式,对信源进行统一编码,随后对 MPEG-2 码流进行打包形成 TS(Transport Stream),进行多个传输流复用,最后通过不同媒介传输方式进行传输。根据媒介的不同,区分出了卫星、有线电视及地面广播电视等不同的标准。其中,DVB-S 卫星数字电视标准被广泛地采用,我国已经由广电总局将 DVB-S 确定为行业标准。

由于低成本、易部署等特点,因此基于 DVB-S 系统的数据业务可以作为传统网络接入方式必要的补充,扩展网络的覆盖范围。在 DVB 体系中,提供的 MPE^[4](Multi-Protocol Encapsulation)可以作为封装协议,进行上层协议的封装。但由于其兼容视频服务信息的限制要求,使得对 IPv4/v6 协议进行封装时,效率低而且支持不足。为此,Unidirectional Lightweight Encapsulation(ULE)^[5]作为一种新的网络层协议封装方式被提出,与 MPE 相比,ULE 具有更高效率和对 IP 协议的直接支持^[6]。ULE 和 MPE 的协议栈及封装方式见图 5。考虑到系统的通用性,本文设计了兼容 ULE 与 MPE 的 IP over DVB 通信系统。该系统包括两个部分:发送网关和接收端。发送网关位于卫星链路上行端,实现 IPv4/v6 数据包->TS 流的转换。其数据流处理过程见图 6。

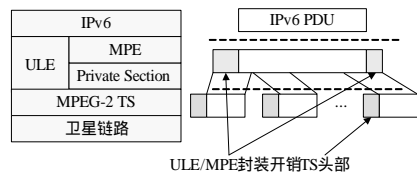


图 5 ULE/MPE 封装方式

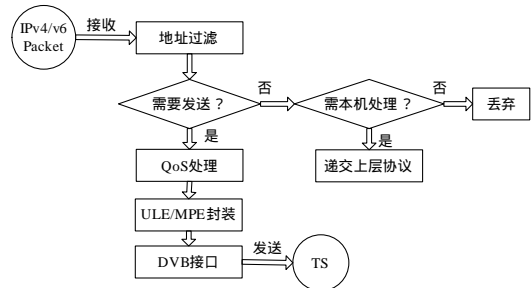


图 6 发送网关数据流程

接收端位于卫星链路下行端,其处理流程是发送网关的逆过程。接收端在接收到卫星地面站传来的高频信号后,首先经过调谐、解调、纠错等处理得到 TS,然后对应于不同的封装类型,对其进行解封装,组织成 IP 数据包。由于 IP Over DVB 传输系统所使用的卫星链路是单向的,且在特殊情况下,可能存在较高的误码率,因此卫星接收端获取资源时最大的问题是所传送数据文件的完整性。为此,在资源递送的通信机制中还增加了专门的可靠适配层,通过周期性重传的冗余算法来保证文件的正确接收,从而实现有效的资源递送功能,使远程服务器可以具有与端服务器相似的服务能力。

3 结束语

远程教育中分布式资源的组织、发布与管理是一个重要的问题,需要通信系统为其提供支持。同时,网络的覆盖范围也是决定教育实施效果的关键因素。本文设计了分布式远程教育资源网,并研究了其实现资源管理的通信机制。基于本文的方法,实现了远程教育系统在 CNGI 网络中的成功部署,取得了满意的效果。

下一步的工作将首先对端系统组播的配置和管理方法引入动态机制,实现转发树对端服务器调整的自适应更新。同时,针对高负荷下的卫星发送流量,进一步研究 QoS,对直播视频的缓存、抖动及丢包率进行分析,并提出区分服务优化算法。

参考文献

- [1] 陈德人. 现代远程教育理论与实践探索[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2003.
- [2] Chu Yanghua. A Case for End System Multicast[C]//Proc. of ACM SIGMETRICS'00. Santa Clara, CA: [s. n.], 2000.
- [3] Ratnasamy S, Francis P, Handley M. A Scalable Content-addressable Network[J]. ACM Sigcomm Computer Communication Review, 2001, 31(4): 161-172.
- [4] ETSI. EN 301 192-2004 Digital Video Broadcasting Specification for Data Broadcasting[S]. 2004.
- [5] Fairhurst G. Unidirectional Lightweight Encapsulation(ULE) for Transmission of IP Data Grams over an MPEG-2 Transport Stream(TS)[S]. RFC 4326, 2005.
- [6] Sooriyabandara M. A Lightweight Encapsulation Protocol for IP over MPEG-2 Networks: Design, Implementation and Analysis[J]. Computer Networks, 2005, 48(1): 5-19.