

IPTV 组播源控制的设计与实现

张 鹏, 张兴明, 林 林, 张 军

(国家数字交换系统工程技术研究中心, 郑州 450002)

摘 要: IPTV 通常采用 PIM-SM 协议实现组播数据的传输, 而该协议缺乏对组播源的控制, 导致 IPTV 业务无法正常进行, 针对以上问题, 提出一种在边缘路由器上的 IPTV 组播源控制机制, 并通过仿真实验验证其对 IPTV 组播源的控制功能。

关键词: IPTV 组播源; 边缘路由器; 组播源控制表

Design and Implementation of IPTV Multicast Source Control

ZHANG Peng, ZHANG Xing-ming, LIN Lin, ZHANG Jun

(National Digital Switching System Engineering & Technological R&D Center, Zhengzhou 450002)

【Abstract】 PIM-SM protocol is usually used to implement the data transmission of IPTV multicast, but this protocol can not control the multicast source, which makes IPTV service not process in gear. To solve this problem, this paper presents a scheme of IPTV multicast source control on edge router. Simulation results indicate this scheme can fulfill the function of IPTV multicast source control.

【Key words】 IPTV multicast source; edge router; Multicast Source Control List(MSCL)

1 概述

IPTV 是种多个用户访问相同的节目内容的业务, 而组播正是提供一对多业务模式的有效手段, 因此, 在 IPTV 的业务承载网上部署组播是减轻 IP 承载网容量压力的最佳选择。根据目前国内外运营商的经验, 在核心和汇聚的 3 层设备上均采用 PIM-SM 协议, 这是因为 PIM-SM 协议在组播建树过程中, 反向路径检测(Rreverse Path Forwarding, RPF)不需要定义特定的单播协议, 且 PIM-SM 协议是根据用户的需要来分发组播数据包的, 在没有用户加入组播组时, 组播报文不会占用带宽, 能够最大限度地提高带宽使用率, 降低网络的负载, 但 PIM-SM 协议采用任意源组播(ASM)模型, 任何主机都可以创建组播组, 接收及发送组播数据, 导致在 IPTV 业务的开展过程中, 非法组播源可以通过各种方式加入组播域, 如一些反动、黄色的组播源, 如果不加以控制, 将会造成不可估量的损失。因此, 需要对 IPTV 组播源进行控制, 目前业界采用的 IPTV 组播源控制方式有以下 2 种: (1)过滤组播源的注册信息, 即在 PIM-SM 网络中, 使用对组播源控制的机制, 在 RP(Rendezvous Point)上控制哪些组播源可以成功地注册到 RP 上, 或控制哪些组播源向哪些组发送报文; (2)过滤 SA(Security Association)消息, 既可以过滤发出的 SA 消息, 也可以过滤收到的 SA 消息, 既可以过滤转发的 SA 消息, 也可以过滤自己生成的 SA 消息, 这 4 种方式可以任意组合, 以成功地控制 SA 出现的范围, 从而实现对组播源发送的组播报文的范围进行控制, 这项策略都是在 RP 上实施的, 直接控制源在 RP 上的注册。以上 2 种方法都需要通过 RP 对 IPTV 组播源的控制, 流程复杂, 硬件难以实现。

本文分析业界组播源的控制方法, 提出一种在边缘路由器上的 IPTV 组播源控制机制, 其基本思想是: 通过对 IPTV 组播源的静态授权, 在边缘路由器的转发模块中建立 IPTV 组播源控制表(Multicast Source Control List, MSCL), 在 IPTV

组播报文转发初期对其控制, 以控制 IPTV 组播源。

2 ACR 中 PIM-SM 协议的组播转发处理流程

2.1 ACR 综述

根据总体方案^[1], 大规模接入汇聚路由器 ACR 由 ACR 交换主机(ACR-S)、ACR 设备管理服务器(ACR-DMS)、ACR-Portal-server(ACR-Portal)、ACR DHCP-server(ACR-DHCP)和远端模块(RM)组成, 其中, 远端模块包括扩展用分复用单元(EMD)和远端接口单元(RIU)。

ACR-S 具有常规大容量 IPv4/v6 双栈高性能核心路由器的宽带组网能力, 且具有大规模用户接入汇聚功能。由于 ACR 路由器面向 3Tnet 设计, 在支持多媒体业务尤其是 IPTV 方面具有强制要求, 因此 ACR 路由器具备组播支持能力。

2.2 PIM-SM 协议的组播转发处理流程

根据文献^[2]可知, ACR 系统中 PIM-SM 组播转发实现的基本原则是: PIM-SM 协议控制平面与数据平面(转发)尽量独立, 交互的信息量和频度尽量小; 尽可能全部用硬件实现组播报文的转发, 查表次数尽量少; 功能符合协议规范, 组播路由树状态信息与转发表状态应尽可能保持同步。PIM-SM 组播转发总体实现结构框图如图 1 所示。实现方案遵循 ACR-S 的主控与转发分离的体系结构, PIM-SM 的控制平面全部由软件实现, 工作于 ACR-S 的主控板之上。它和路由表管理系统、网络服务模块、网管系统、消息处理模块都有接口。路由表管理系统负责路由表的下发, 网络服务模块提供 RPF 接口和下一条路由等信息, 网管系统负责 PIM-SM 的配置和管理维护。消息收发模块负责从协议栈接收协议报文和

基金项目: 国家“863”计划基金资助项目“大规模接入汇聚路由器系统性能及关键技术研究”(2004A103130)

作者简介: 张 鹏(1981-), 男, 硕士研究生, 主研方向: IP 宽带网络; 张兴明, 教授; 林 林、张 军, 硕士研究生

收稿日期: 2008-09-05 E-mail: zhangpeng19810916@gmail.com

数据驱动报文，并交付处理模块进行处理。

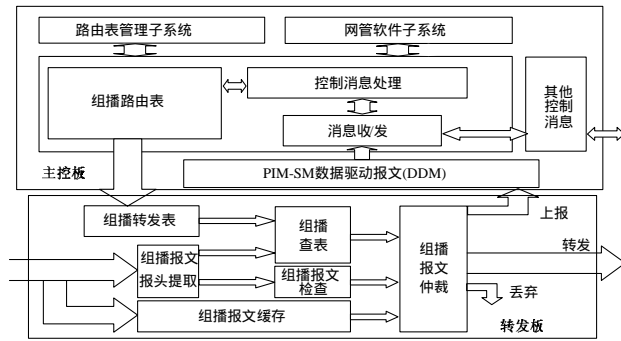


图1 PIM-SM 组播转发总体实现结构

PIM-SM 的数据平面工作于 ACR-S 的转发板上，组播报文进入 ACR-S 后，经端口处理到达转发板，先对组播报文进行报头提取，将组播查表及组播报文检查所需的组播信息送入这 2 个模块进行并行处理，同时缓存组播报文，最后由组播报文仲裁模块根据组播查表及组播报文检查的结果对组播报文进行处理，处理结果分别为：上报，转发或丢弃。其中，组播报文检查包括以下几 4 个方面的检查：(1)报文的有效性检查：有效性检查主要包括报文的版本域检查、IPv6 报文的 IP 地址 Scope 域的检查^[3]、TTL 超时检查、报文长度检查、IPv4 报文的校验和检查等，有效性检查通过后才允许对该 IP 包进行转发处理，检查未通过的报文进行丢弃，并产生相应的 ICMP(Internet Control Message Protocol)消息。(2)安全检查：检查 IP 报文的合法性，对不合法的 IP 报文进行过滤。(3)直连检查：即检查组播包的进入接口是否与组播源节点直连，如果是组播直连报文，要产生组播直连 ICMP 消息。(4)RPF(Reverse Path Forwarding)检查：路由器在单播路由表中查找组播源或 RP 对应的 RPF 接口，某个地址对应的 RPF 接口指从路由器向该地址发送报文时的出接口，RPF 检查通过后才允许对该组播报文进行转发，若 RPF 检查不成功，则产生 RPF 检查失败 ICMP 消息。

从 PIM-SM 对组播处理流程中可以知道：组播转发虽然对组播报文进行了几个方面的检查，但只是简单的判断检查，并无法对组播源进行有效的控制，因此，在采用 PIM-SM 协议开展 IPTV 业务时无法达到对 IPTV 组播源的控制，使非法组播源向 IPTV 用户发送非法视频，造成不可估量的损失。针对此问题，需要采用一种简单有效的机制对 IPTV 组播源进行控制，本文根据 IPTV 组播源的授权方式，设计一种边缘路由器上的 IPTV 组播源控制机制。

3 IPTV 组播源的授权

在 IPTV 业务创建前，IPTV 组播源需要向网络运营商进行组播业务申请，包括申请组播源地址、组播地址、带宽、优先级和组播路由。在 IPTV 业务终止后，IPTV 组播源必须向网络运营商申请回收组播源地址、组播地址、带宽、优先级和组播路由。IPTV 业务的创建包括 IPTV 业务的发布和 IPTV 组播源的授权，IPTV 组播源准备组播信息流发送端和接收端软件，并将接收端软件公布给 IPTV 用户。IPTV 组播源的授权必须保证只有已申请并被授权的 IPTV 组播源才能够发送 IPTV 组播报文进入网络。根据 IPTV 组播源授权方式的不同，分为静态授权和动态授权^[3]。

3.1 静态授权

网络管理员为 IPTV 组播源分配源地址、组播地址、带

宽、优先级和组播路由之后，通过网管服务器在与 IPTV 组播源直接相连的边缘路由器上配置 IPTV 组播的授权信息，完成长期性 IPTV 授权，直到 IPTV 组播源申请终止 IPTV 业务时才删除授权。边缘路由器监测 IPTV 组播源发送的 IPTV 组播报文，只在本地(路由器中)进行认证，如图 2(a)所示。

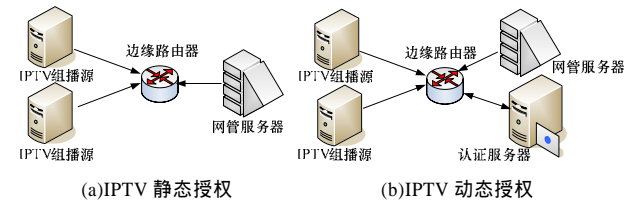


图2 IPTV 组播源授权

3.2 动态授权

网管服务器为 IPTV 组播源分配源地址、组播地址、带宽、优先级和组播路由之后，将这些参数作为 IPTV 组播源权限列表配置在认证服务器(或组播管理服务器)上。边缘路由器通过监测 IPTV 组播源发送的 IPTV 组播报文，将 IPTV 组播源地址和 IPTV 组播地址发送给认证服务器(或组播管理服务器)进行远程认证。认证服务器(或组播管理服务器)进行认证后将 IPTV 组播源的授权结果返回给边缘路由器。边缘路由器根据授权结果在本地上配置 IPTV 组播授权信息，当检测到 IPTV 组播源停止发送组播报文时删除授权结果。边缘路由器与认证服务器(或组播管理服务器)之间的授权信息交互可以采用 RADIUS 或类似功能的协议，如图 2(b)所示。

从管理角度来看，对于 IPTV 组播源的数量有限且相对固定，静态授权方式较为简单稳定。但无论是静态授权还是动态授权，都需要在边缘路由器上配置 IPTV 组播授权信息，这种配置较为复杂，需要软/硬件的多次交互，且会影响其他组播报文的正常转发速度，因此，笔者根据前一节的组播转发流程并结合 IPTV 的静态授权方式，设计 IPTV 组播源控制表(MSCL)，在不影响组播正常转发的前提下，达到对 IPTV 组播源的控制。

4 IPTV 组播源控制表的设计

在 IPTV 业务开展前，IPTV 组播源采用静态授权方式，网管服务器根据经授权的 IPTV 组播源授权信息形成 IPTV 组播源控制表 MSCL，并将此表配置到边缘路由器中，当用户使用 IPTV 业务时，边缘路由器中的主控将 MSCL 下发到转发板的组播查表模块中，在组播转发的同时对 IPTV 组播源进行控制。

由于基于硬件的查表项保存在一定结构的存储器中，由特定的硬件逻辑控制完成查表过程，实现成本和开发难度都相对较低，且查表性能较高，因此边缘路由器中的组播转发查表大都采用硬件查表完成，而硬件查表中对存储器的选择方面，基于 TCAM(Ternary Content Addressable Memory)的查表已成为解决高速查表的最佳解决方案。为不影响组播转发查表的速度，MSCL 的结构如图 3 所示。

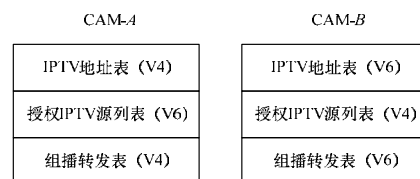


图3 MSCL 结构

将 IPv6/V4 的 MSCL 分别存放在 2 片 CAM 中,当边缘路由器接收到任何组播源的组播报文后,提取组播报文的源地址和目的地址,分别送入 CAM-A 和 CAM-B 中进行并行查表,根据查表结果对组播报文丢弃或转发,从而达到对 IPTV 组播源的控制,丢弃未经授权的组播源向 IPTV 用户发送的非法组播报文,具体流程如图 4 所示。

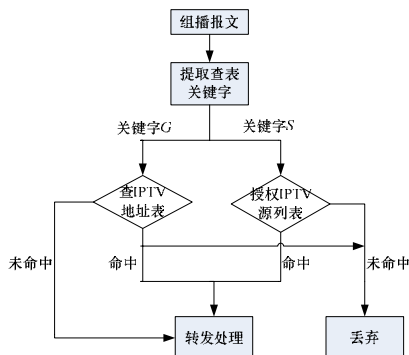


图 4 IPTV 组播源控制流程

5 边缘路由器上的 IPTV 组播源控制的仿真

因为 ACR-S 具备常规组网的能力,所以其可作为边缘路由器。根据边缘路由器上的 IPTV 组播源控制的设计,构造如图 5 所示的仿真环境,其中,FPGA 采用 Xilinx Virtex 4 Pro 系列的 XC4VLX160-1513 芯片,编写 IPTV 组播源控制查表的 VHDL 程序,配置 CAM-A 和 CAM-B 中的 MSCL,在 Xilinx 开发工具 ISE9.1i 中使用 IPcore 产生组播源 ROM,用来仿真进入边缘路由器中的组播报文,并在 FPGA 与 CAM 之间插入 ChipScope 核。

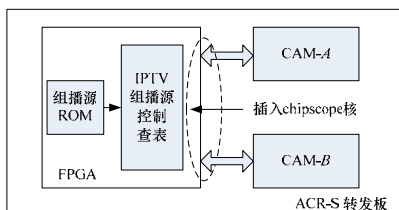


图 5 IPTV 组播源控制仿真环境

图 6 为采样的仿真波形图。由于 IPv4 组播的仿真和 IPv6 组播类似,此图仅给出 IPv6 组播的仿真波形,从图中可以

看出,当 ACR-S 转发板中的 FPGA 收到一个未经授权的 IPTV 组播源发送的组播报文时,提取此组播报文的源地址和源地址分别作为 CAM-A 的查表关键字 cam-a-key 和 CAM-B 的查表关键字 cam-b-key,查相应的 IPTV 地址表和授权 IPTV 源列表,在约 10 个时钟周期后,根据 cam-a-match-d1 和 cam-b-match-d1 的结果,判断出此报文是由非法的 IPTV 组播源发送的,对其丢弃。仿真结果符合 IPTV 组播源控制的设计的流程,达到对 IPTV 组播源控制的功能。

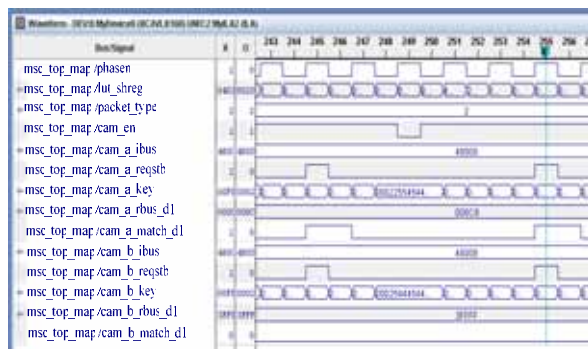


图 6 仿真波形

6 结束语

在开展 IPTV 业务中,IP 网络中广泛采用的 PIM-SM (Protocol Independent Multicast-Sparse Mode)协议缺乏对 IPTV 组播源的控制,导致非法组播源可以向 IPTV 用户发送非法视频内容,造成不可估量的损失。本文所提出的机制可以在不影响其他组播报文正常转发的情况下对 IPTV 组播源进行有效控制。

参考文献

- [1] 张兴明. 大规模接入汇聚路由器(ACR)技术[Z]. (2005-03-15). http://www.redlib.cn/html/DianShiJiShu_13181/ZhiChiIP25921156.htm.
- [2] 杨 昆. 可控组播技术[Z]. (2004-02-27). <http://www.huawei.com/cn/products/datacomm/pdf/view.do?f=254>.
- [3] Gupta P. Routing Lookups in Hardware at Memory Access Speeds[C]//Proc. of the 17th Annual Joint Conf. of Computer and Communications Societies. San Francisco, USA: [s. n.], 1998.

编辑 陈文

(上接第 87 页)

参考文献

- [1] Ferragina P, Manzini G. On Compressing and Indexing Data[R]. Dipartimento di Informatica, Università di Pisa, Technical Rept.: TR-02-01, 2002-01.
- [2] Ferragina P, Manzini G. Opportunistic Data Structures with Applications[C]//Proc. of the 41st IEEE Symposium on Foundations of Computer Science. [S. l.]: IEEE Press, 2000: 390-398.
- [3] Ferragina P, Manzini G. An Experimental Study of an Opportunistic Index[C]//Proc. of the 12th Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms. [S. l.]: ACM Press, 2001: 269-278.
- [4] Ferragina P, Manzini G, Makinen V, et al. Compressed

Representation of Sequences and Fulltext Indexes[Z]. Technische Fakultät, Universität Bielefeld, 2004-05.

- [5] Ferragina P, Manzini G, Makinen V, et al. An Alphabet-friendly FM-index[C]//Proc. of the 11th International Symposium on String Processing and Information Retrieval. [S. l.]: Springer-Verlag, 2004: 150-160.
- [6] Zhang Di, Zhang Yunquan, Chen Jing. Efficient Construction of FM-index Using Overlapping Block Processing for Large Scale Texts[C]//Proc. of the 29th European Conference on Information Retrieval. Rome, Italy: [s. n.], 2007.

编辑 张正兴