

# 大规模应用层组播网络体系结构研究

姚 焯, 蔡皖东, 李宏良

(西北工业大学计算机学院, 西安 710072)

**摘要:** 阐述了 IP 组播发展所面临的问题、应用层组播发展现状和 ScatterCast 应用层组播网络, 在对 ScatterCast 扩展的基础上, 提出了一种新的支持大规模应用模式的应用层组播网络体系结构, 以解决应用层组播通信的可扩展性及与 IP 组播的兼容性问题。介绍了应用层组播网络的性能评价参数。

**关键词:** 应用层组播体系结构; 可扩展性; IP 组播兼容性; 性能评价参数

## Research on Systematical Architecture of Large Scale Application Layer Multicast Network

YAO Ye, CAI Wandong, LI Hongliang

(School of Computer, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072)

**【Abstract】** The problem of development on IP multicast, the developing status on application layer multicast, and scattercast are recommended. Based on the expansion of scattercast's systematical architecture, a new systematical architecture of large scale application layer multicast is set forth in order to solve the expansibility and compatibility with IP multicast. This paper recommends performance evaluation parameters.

**【Key words】** systematical architecture of application layer multicast; expansibility; compatibility with IP multicast; performance evaluation parameter

### 1 概述

1988年 Deering 在其博士论文中提出 IP 组播网络体系结构<sup>[1]</sup>, 但目前 Internet 的传输网络还不能在大范围内完全支持 IP 组播通信, 主要原因<sup>[2,3]</sup>如下:

(1) IP 组播要求每个路由器维护所有组播组的状态信息, 如组播地址、组成员数目等, 在实际应用中, 组播地址也很难聚集, 这些均增加了组播路由器的负载和实现的难度。

(2) 在 IP 组播中实现可靠性和拥塞控制比较困难, 虽然在这两方面已经有各种不同的方案, 比如在可靠性方面代表性的协议有 RMTP、SRM 等。组播拥塞控制在组播路由器上主要采用 IP 网络中的载荷脱落机制, 对端系统主要借鉴 TCP 协议中的滑动窗口机制。总的来说, IP 组播拥塞控制机制从驱动方式上又分为接收方驱动的拥塞控制机制, 如 RLM 等; 发送方驱动的拥塞控制机制, 如 SAMM 等; 混合驱动方式, 如 MLDA、SIM、HALM 等。但这些方案在 Internet 中真正应用的效果很难预测。

(3) 由于组播分组在 ISP 网络内部根据组播逻辑分发树进行分发, 即在各个树叉处进行复制, 因此在实际商业应用模式中, 对组播流量很难提出一个很好的计费模型。然而多媒体技术的发展又急需网络对组播功能的支持。为此, 人们提出了应用层组播的概念。应用层组播中, 每个端系统既是信源和信宿, 同时也是在应用层支持组播服务的路由器。组播数据在端系统处进行复制, 再利用端系统在应用层构成的逻辑组播覆盖网络(简称应用层组播网络)完成数据的分发。由此可见, 应用层组播网络在实际应用中, 并不需要考虑传输网络中路由器对 IP 组播的支持, 实现简单, 商业前景好。同时, 由于应用层组播可能会在同一条链路上多次发送相同的

分组, 因此传输效率低于 IP 组播。另外, 应用层组播不考虑网络本身的拓扑结构, 因此比 IP 组播延迟时间大<sup>[3]</sup>。目前国外对应用层组播的研究要超前国内研究, 但重点主要集中在如何构建应用层组播覆盖网络。

目前, Cisco、华为等网络设备提供商所提供的高端路由器均支持 IP 组播, 但仅仅部署在局部的小范围, 因此, Internet 现在就变成了由“单播海洋”和小数目的“IP 组播岛”所构成的尴尬局面。随着多媒体应用需求的驱动, 出现了应用层组播概念, 在“单播海洋”又出现了“应用层组播岛”, 如图 1 所示。

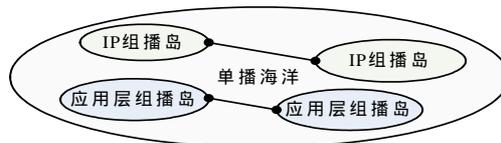


图 1 Internet 组播网络部署示意图

Scattercast<sup>[2]</sup>作为一个经典的应用层组播网络体系结构, 通过引入簇代理(scattercast cluster proxies, SCX)概念, 实现对应用层组播网络组成员的管理, 同时各 SCX 之间通过 Gossmer 协议构建和维护应用层组播网络拓扑结构(Mesh), 并在此基础上构造具有节点度约束的最小生成树作为应用层组播的数据分发树。但 Scattercast 体系结构问题在于只能应用于小规模的应用层组播环境, 无法实现和 IP 组播的兼容。为此, 本文

**基金项目:** 西北工业大学青年科技创新基金资助项目(M016211)

**作者简介:** 姚 焯(1972-), 男, 讲师, 主研方向: 计算机网络通信和网络信息安全; 蔡皖东, 教授、博士生导师; 李宏良, 工程师

**收稿日期:** 2006-07-28 **E-mail:** yaoyexa@163.com

提出一个支持大规模应用模式的应用层组播网络体系结构,以解决“应用层组播岛”之间的互连及其与“IP组播岛”的互连。

## 2 应用层组播网络体系结构

### 2.1 基本思想

在局部、小规模并且支持IP组播的网络中使用IP组播,在不支持IP组播的环境中使用应用层组播。通过引入应用层组播路由代理实现“应用层组播岛”之间的互连,以解决应用层组播的可扩展性。通过引入组播网关实现“应用层组播岛”与“IP组播岛”之间的互连,以解决应用层组播与IP组播的兼容性。

### 2.2 节点定义

在本文所提出的应用层组播网络体系结构中,引入了5个概念,每个概念代表应用层组播网络中不同节点,并具有相应的功能。

**定义1** 应用层组播成员:应用层组播网络的基本组成元素,既是应用层组播通信的信源和信宿,也是构建应用层组播网络的路由器。其主要功能包括:(1)完成应用层组播成员的动态加入和离开;(2)完成应用层组播的数据发送和接收;(3)在应用层利用协议栈结构构建应用层组播网络。

**定义2** 组播路由代理:特殊的应用层组播成员,除了定义1中所定义的功能外,还具有以下2个特殊功能:(1)对小范围的应用层组播网络进行管理;(2)与其他组播路由代理互连,构成一个大规模的应用层组播网络(简称应用层组播自治区域)。

**定义3** 区域组播路由代理:实现对应用层组播自治区域内所有组播路由代理的管理,同时通过和应用层组播区域边界路由代理相连,实现不同应用层组播自治区域之间的互连。

**定义4** 应用层组播区域边界路由代理:通过和不同组播路由代理相连,利用策略路由实现不同应用层组播自治区域之间的互连;同时完成不同应用层组播协议之间的相互转换。

**定义5** 组播网关:将组播路由代理和IP网络相连,实现应用层组播网络和IP组播网络之间的互连。主要功能为实现应用层组播网络和IP网络之间的策略路由及相互之间的协议转换。

### 2.3 体系结构

为了满足小范围的应用层组播应用模式的需求,由组成员和组播路由代理组成一个小规模的应用层组播网络,如图2所示。

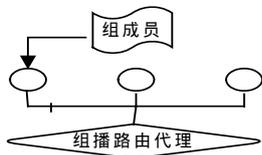


图2 应用层组播网络

组成员和组播路由代理均为端系统,通过应用层利用协议栈结构将一个端系统转变为应用层组播网络的成员节点。参加组播服务的端系统在IP协议栈的基础上,在应用层利用自组网协议构建P2P网络,在此基础上,利用应用层组播网络协议再构造一个组播覆盖网络,为上层的组播提供组播服务,协议栈结构如图3所示。组播路由代理除了具有组成员所定义的功能外,还负责对该小规模的应用层组播网络实施管理,如QoS管理、计费管理等。

组播路由代理之间通过互连,利用策略路由实现小规模

应用层组播网络之间的互连。区域组播路由代理与所有的组播路由代理相连,并实施管理功能。这样,组播路由代理和区域组播路由代理就构成一个应用层组播网络自治区域,如图4所示。在该自治区域中,所有的组播路由代理要定期向区域组播路由代理报告其所管理的应用层组播网络的状态信息,如组成员状态和网络管理信息,由区域组播路由代理对应用层组播自治区域进行管理。

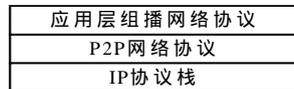


图3 应用层组播网络协议栈结构

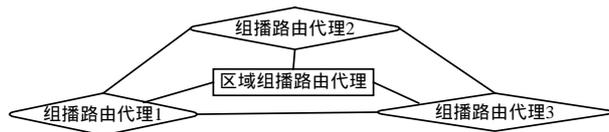


图4 应用层组播网络自治区域

应用层组播区域边界路由代理与区域组播路由代理相连,利用策略路由,实现不同应用层组播自治区域之间的互通。组播网关作为应用层组播网络与IP组播网络的互连设备,除了协议之间的相互转换,还必须具有应用层组播网络与IP组播网络之间策略路由的功能。如图5所示。

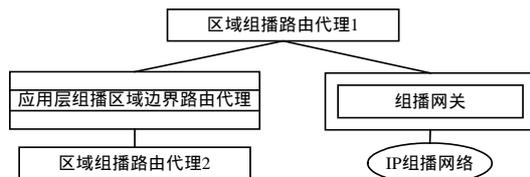


图5 大规模应用层组播网络

由此可见,应用层组播成员在应用层利用应用层组播网络协议栈结构,建立一小范围的应用层组播网络,并利用组播路由代理实现对该网络的管理;通过组播路由代理之间的互连,构建一个大规模的应用层组播网络,即应用层组播自治区域,并通过区域组播路由代理对其进行管理。不同应用层组播自治区域可以通过应用层组播区域边界路由代理提供的策略路由实现互连。同时,应用层组播自治区域通过组播网关,实现应用层组播网络和IP组播网络之间的互连。由此可见,该体系结构很好地解决了应用层组播网络的可扩展性和与IP组播网络的兼容性。

## 3 应用层组播性能评价参数

本文虽然提出一个支持大规模应用模式的应用层组播体系结构,但在实现时,要根据具体所提供的组播服务,选择相应的实现机制。在选择实现机制时,要根据应用层组播的特殊性,考虑以下网络性能评价参数<sup>[3-5]</sup>:

(1)强度(Stress):每个链路或每个路由器传输重复分组的数量。一般情况下,IP组播的强度为1,单播的强度等于目的主机的个数,而应用层组播的强度介于二者中间。

(2)伸展度(Stretch):平均每个组成员在组播覆盖网络中从源到目的应用层组播通信路径距离和对应的单播通信路径距离的比值。一般情况下,单播通信的伸展度为1,IP组播的伸展度与具体的组播路由选择算法有关,应用层组播的伸展度与组播覆盖网的组网协议有关。

(3)控制信息负载:组播覆盖网络中传输的控制信息所占带宽。

(4)网络延迟:从源端用户发送数据开始,到所有其他组成员(也是端用户)接收到数据所用时间的平均值。

(下转第137页)