

一种快速组播的实现方法

唐伟¹, 朱成荣²

(1. 南京审计学院 信息科学学院, 江苏 南京 210029;

2. 中兴通讯股份有限公司, 江苏 南京 210012)

摘要:目前的组播协议在具体应用中存在实时性较低的问题,还不能较好满足网络电视、远程教育、视频会议等信息服务领域的需求,因此可以考虑一种优化协议的实现方法,它利用静态组播成员的静态特性,并根据一些组播应用中的时域组播树重叠的特性,缩短传统组播应用的延迟时间,以达到快速组播的目的。

关键词:快速组播;静态组播成员;组播共享树;组播信源树;PIM-SM;SSM

中图分类号:TP393 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-8750(2010)04-0086-06 **收稿日期:**2010-04-02

作者简介:唐伟(1973—),男,江苏阜宁人,南京审计学院信息科学学院副教授,主要研究方向为网络通信技术、软件工程与数据库技术;朱成荣(1972—),男,江苏阜宁人,中兴通讯股份有限公司高级工程师,主要研究方向为宽带移动通信系统。

一、引言

组播技术有效地解决了单点发送多点接收的问题,实现了网络中点到多点的高效数据传送,能够大量节约网络带宽,降低网络负载。作为一种与单播和广播并列的通信方式,组播的意义不仅在于此,更重要的是,它可以利用网络的组播特性方便地提供一些新的增值业务,包括在线直播、数字电视、网络电视、远程教育、远程医疗、网络电台、实时视频会议等互联网的信息服务领域。

网络中按照组播路由协议使用的范围可以分为域内组播路由协议和域间组播路由协议。其中域内组播路由协议包括 PIM-SM(稀疏模式协议无关组播)、PIM-DM(密集模式协议无关组播)、DVMRP(距离向量组播路由协议)等^[1];域间组播路由协议包括 MSDP(组播信源发现协议)、MBGP(组播边缘网关协议)等^[2]。组播协议按需产生或根据需求维护组播路由的特点从理论上可以节省网络带宽,并且使得组播协议能够在复杂的动态网络环境维持正常的运行,但在实际的一些具体应用中会存在实时性较低的问题。

以目前的 IPTV 应用为例, IPTV 的数据承载路由协议是组播协议,但 IPTV 的用户需要其收看节目的即时性不能和传统的电视有明显的差别,即终端用户在发出应用需求后要能够很快接收到所要求收看的节目,并且当用户在不同的 IPTV 节目间切换时,切换带来的延迟也应该在人的感觉所能承受的范围之内。上述需求反映在组播协议上就是要求组播协议能够保证从某一个具体的组播应用需求发起到发起者接收到组播业务数据的延迟尽量少。

在 5 跳以上路由环境中对基于 PIM-SM 组播协议的 IPTV 转发进行了测试,结果显示,其延迟在 1~7 秒,并且随着网络环境的复杂,其延迟越大。导致这个延迟的原因是组播协议本身所不能完全避免的,因为无论是采用“扩散再剪枝”组播路由形成和维护机制的 DVMRP 和 PIM-DM 组播协议,还是采用“显式的加入/剪枝”组播路由形成和维护机制的 PIM-SM 协议,从某一具体的组播需求的发起到接收到所需要的组播业务流,都会存在一个组播应用延迟时间 Delay^[3]。

在 DVMRP 和 PIM-DM 协议中,设嫁接报文

从叶子路由器到源直连路由器的传送延迟是 $Graft_Delay$, 组播数据报文从源到叶子路由器的传送时间是 $M_Traffic_Delay$, 则有: $0 < Delay \leq Graft_Delay + M_Traffic_Delay$ 。 $Graft_Delay$ 和 $M_Traffic_Delay$ 与传输的间隔(跳数)成正比。

在 PIM - SM 中, 设 Join 报文从叶子节点到 RP(Rendezvous Point, 汇合点)的传送延迟是 $Join_Delay$, 组播数据报文从 RP 到叶子节点的传送时间是 $M_Traffic_Delay$, Register 的抑制周期是 $T_Register$, 则 PIM - SM 的组播应用延迟时间 $Delay$ 满足以下关系: $0 < Delay \leq Join_Delay + T_Register + M_Traffic_Delay$ 。 $Join_Delay$ 和 $M_Traffic_Delay$ 与叶子节点到 RP 的距离(跳数)成正比, $T_Register$ 与 Register 定时器的配置有关, 默认值是 $60s^{[4]}$ 。因为存在上述问题, 现有的组播协议, 在一些有实时性要求的组播应用环境中, 难以满足需求。

二、快速组播实现方法的步骤及特点

组播应用延迟的产生是由组播应用需求在时间域上的随机性带来的。组播协议针对应用需求的这种随机性, 从节省带宽的角度考虑, 使组播的传输根据组播需求申请来触发或维持。

对于在线直播、数字电视、网络电视、网络电台等应用而言, 组播的应用方式具有自身的特点。从用户角度看, 组播的应用需求在时间域内是随机的, 但从所有用户应用需求的总体上分析, 每一种组播应用在网络的逻辑拓扑(组播生成树)越向树根, 时间域上的重叠性越强。即使这个重叠会在组播应用的时域内的某些时间段发生随机的离散现象, 但就 IPTV 此类具有弱广播特性的应用而言, 从整个时域看, 这些离散时间段所占的比例是很小的, 在组播生成树的一定层以上, 其需求的时间域离散随机性很弱。在传统的动态组播方式下, 这些比例很小的离散点却会导致一棵庞大的组播树的拆除和重建, 组播树的重建必然会带来组播延迟^[5]。重建的组播树越大, 组播延迟也就越大, 而目前网络中大规模开展的组播业务往往具有上述的特点。

根据上述分析, 在相对带宽富裕和对快速性有较高要求的应用环境中, 要解决的技术问题是, 在原组播协议的基础上, 针对一些组播业务对应用实时性的需求, 提出一种快速组播的实现方法, 有效降低组播应用延迟。

(一) 快速组播实现方法的步骤

1. 步骤 A, 在组播业务的需求发起前, 根据对时域的分析, 寻找到组播树的时域重叠子树的边缘节点;
2. 步骤 B, 在所述边缘节点上配置静态组播成员, 配置了静态组播成员的接口产生对组播业务的需求;
3. 步骤 C, 产生从所述边缘节点到组播树根节点的组播重叠子树, 使得组播业务流预先传送到所述边缘节点上;
4. 步骤 D, 组播树路径通过所述边缘节点的任一接收者发出对组播业务流的需求后, 建立从该接收者到该边缘节点的组播转发树, 组播业务流从该边缘节点传输到该接收者。

(二) 快速组播实现方法的特点

1. 所述组播树为组播共享树, 所述边缘节点上配置的是静态共享树组播成员。
2. 所述组播树为组播信源树, 所述边缘节点支持源特定组播(SSM: Source Specific Multicast)且配置的是静态信源树组播成员。
3. 所述组播树为组播信源树, 所述步骤 B 边缘节点上配置的是静态共享树组播成员, 配置了该组播成员的接口产生对组播共享树业务的需求, 且所述步骤 B 和步骤 C 之间还包括以下步骤: 由组播共享树业务的需求触发产生从所述边缘节点到组播共享树根节点的组播共享转发树, 使组播共享树业务流预先传送到所述边缘节点上, 然后由所述边缘节点发起组播共享树到组播信源树的切换, 从而在步骤 C 中形成从所述边缘节点到组播信源树的源的信源重叠子树。

同现有的组播相比较, 本方法能够为接收端提供更快捷的组播业务服务, 并且具有实现简单、与现有的组播协议兼容性强等特点。

三、快速组播的具体实施方式

快速组播实现方法的基本工作原理是在接收端发起某一具体的组播业务前, 在该组播业务的组播转发树的时域重叠部分的最下层边缘网络设备 Edge_MRrouter 上预先触发对应的组播转发树中与时间相对无关的子树生成, 并将所需要的组播业务流预先传输到 Edge_MRrouter 上。这样, 当用户发起组播应用需求时, 能够以较短的组播应用延迟获得组播业务流 $M_Traffic$, 实现快速组播

路由。

传统 PIM - SM 组播最初采用的是任意源组播 (ASM: Any Source Multicast) 的业务模型, 共享树和 RP 规程使用 (*, G) 组对来表示一个组播会话, 其中 (G) 表示一个特定的 IP 组播组, 而 (*) 表示发向组播组 G 的任何一个源。

PIM - SM 协议下也可以采用源特定组播, 只要在节点设备上增加相应功能模块就可以了。SSM 模式是一种区别于传统组播的新的业务模型, SSM 直接建立由 (S, G) 标识的一个组播最短路径树 (SPT: Shortest Path Tree), 其中 (G) 表示一个特定的 IP 组播组地址, 而 (S) 表示发向组播组 G 的特定源的 IP 地址。SSM 的一个 (S, G) 对也被称为一个频道 (Channel)^[6]。

下面分别介绍本方法在两种组播环境下的三个实施例。

(一) 第一实施例

本例是通过静态共享树组播成员 `Igmp_static_member(*, G)` 在组播共享树环境 (*, G) 中实现快速组播。

静态共享树组播成员 `Igmp_static_member(*, G)` 是指在支持组播的某一网络设备 Router 的接口上通过人为配置产生一个共享树的组播成员, 该组播成员在功能上与通过 IGMP (互联网组管理协议) 产生的共享树组播成员相同, 并且属于静态配置, 只要不通过配置清除, 就一直有效^[7]。

1. 实现步骤

步骤 A1, 在组播共享树业务的需求发起前, 根据对共享树时域的分析, 寻找到组播共享树的时域重叠子树的边缘节点;

步骤 B1, 在该节点上配置静态共享树组播成员 `Igmp_static_member(*, G)`, 由于该组播成员的作用, 配置了该组播成员的接口产生对组播共享树业务的需求;

步骤 C1, 由组播共享树业务的需求触发产生从该边缘节点到共享树组播根节点的组播共享重叠子树, 使得组播共享树业务流预先传送到该边缘节点上;

步骤 D1, 组播共享树路径通过该边缘节点的任一接收者发出对组播共享树业务流 `M_Traffic(*, G)` 的需求后, 建立从该接收者到该边缘节点的组播转发树, 组播共享树业务流从该边缘节点

传输到该接收者。

2. 应用实例

下面以一个应用实例说明 PIM - SM 协议的 (*, G) 组播共享树的快速组播实现。

对使用快速组播的运营商而言, 发起某一具体应用的用户在各个时间段分布在哪些位置, 有相当一部分是可以预先知道的。以 IPTV 应用为例, 某一具体的组播应用 (节目) 对于各汇聚网络设备来说, 其应用需求的发起时间可根据该汇聚设备下属的用户对该应用的购买时间段而预先估计^[8]。根据在对各个时间段上用户群体的需求的预分析, 运营商可以获得较为合理的组播边缘节点。对于非时间段购买应用的用户, 如果其发起的组播应用被运营商接受, 而该组播应用树的分支没有覆盖已经存在的边缘节点时, 可在该分支覆盖的汇聚层路由器上启动边缘节点^[9]。这样, 此分支下层的对该组播应用的需求就能够得到较快的满足。

图 1 为组播共享树在时域上的展开图, `Receiver(t1) ~ Receiver(tn)` 表示分别以 $t_1, t_2 \dots t_{n-1}, t_n$ 为开始时刻发起组播共享树应用请求的 n 个接收者, `Root` 是组播共享树的根节点。现在快速组播应用的需求为: 各 Receiver 希望在发出组播共享树业务流 `M_Traffic(*, G)` 请求后, 能够快速接收到组播共享树业务流。

各个时刻 (*, G) 的组播共享转发树为:

(1) t_1 时刻 (*, G) 的组播共享转发树为 $R_0 \rightarrow R_{11} \rightarrow R_{21} \rightarrow R_{31} \rightarrow R_{41}$ 。

(2) t_2 时刻 (*, G) 的组播共享转发树为 $R_0 \rightarrow R_{11} \rightarrow R_{21} \rightarrow R_{31} \rightarrow R_{42}$ 。

(3) t_{n-1} 时刻 (*, G) 的组播共享转发树为 $R_0 \rightarrow R_{11} \rightarrow R_{21} \rightarrow R_{34} \rightarrow R_{44}$ 。

(4) t_n 时刻 (*, G) 的组播共享转发树为 $R_0 \rightarrow R_{11} \rightarrow R_{21} \rightarrow R_{34} \rightarrow R_{45}$ 。

通过分析 t_1 至 t_n 时刻的组播转发树我们可以发现各转发树在 $R_0 \rightarrow R_{11} \rightarrow R_{21}$ 部分是重合的, 即 $R_0 \rightarrow R_{11} \rightarrow R_{21}$ 组播转发树部分只同第一个组播共享树业务流应用请求的发起时刻有关, 与组播共享树业务流应用的其他请求的随机性无关。当 (*, G) 的应用是一天 24 小时都存在或第一个应用请求的发起时间可预先知道的情况下 (如 IPTV), 我们可以认为组播共享转发树中的 $R_0 \rightarrow R_{11} \rightarrow R_{21}$ 部分与组播共享应用请求的发

起时间无关, R_{21} 为组播共享树中的时域重叠子树的边缘网络节点。分析边缘节点的方法有很多种, 可以根据具体的应用特点加以设计和选择, 其根本目标是可以将组播的源和 RP 推到离

用户更近的节点上。快速组播的边缘节点的设置一般以汇聚层网络设备为优选, 这样可以较好地管理和降低因为快速组播引入的带宽无效占用。

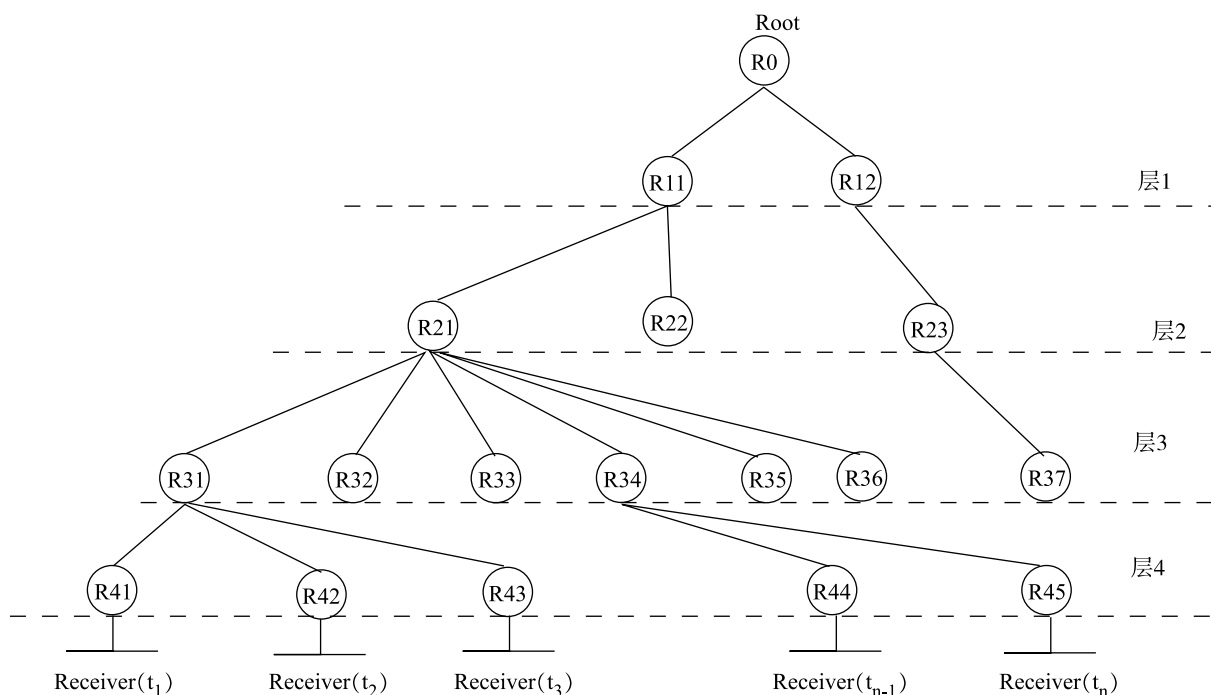


图1 组播共享树在时域上的展开图

即使在 $t_1 \sim t_n$ 的时间区间内发生过组播应用需求的停止, 但当 n 很大时 (随机用户很多), 这个停止的时间段在整个 $t_1 \sim t_n$ 时间段所占的比例很低。基于上述观点, 可以不考虑转发树的下层是否有应用请求和应用停止, 在 $R_0 \rightarrow R_{11} \rightarrow R_{21}$ 一直保持组播共享树路由表, 并且使组播共享树业务流在任何时刻都沿 $R_0 \rightarrow R_{11} \rightarrow R_{21}$ 转发至路由器 R_{21} 。

针对图1的组播共享树的快速组播的流程如图2所示, 包括 S1—S7 步骤。

可以看出, 静态共享树组播成员 `Igmp_static_member(*, G)` 的作用, 是使得配置了该组员的接口在该成员配置存在期间内维持对组播共享树业务的需求, 从而维持了已经形成的组播共享重叠子树。而组播共享重叠子树的维持, 保证了组播共享树业务流能够一直传送到组播共享重叠子树的边缘节点。当 $\text{Receiver}(t_1) \sim \text{Receiver}(t_n)$ 中任何一个接收者发起组播共享树业务流应用需求时, 组播共享转发树只需要从 R_{21} 开始向下建立, 而且组播业务流传输的距离 (跳数) 和延迟也会

减少, 从而缩短了组播应用延迟, 达到快速组播的目的。

(二) 第二实施例

本例是通过静态共享树组播成员 `Igmp_static_member(*, G)` 在组播信源树环境 (S, G) 中实现快速组播。

(S, G) 环境不一定可以使用静态 (S, G) 成员实现快速组播, 因为支持 (S, G) 静态组员的网络设备必须支持 SSM, 而并不一定所有的 (S, G) 环境都支持 SSM^[10], 此时可采用本实施例的方法。

本实施例与通过静态共享树组播成员在组播共享树环境中实现快速组播的方法相似, 区别点在于: 配置静态共享树组播成员的边缘节点需要是组播信源树的时域重叠子树的边缘节点; 如果是 PIM-SM 组播协议, 需要通过静态共享树组播成员首先触发组播共享树, 然后通过 SPT 切换将转发树从组播共享树切换到组播信源树上。

其实现步骤如下:

步骤 A2, 在组播信源树业务的需求发起前,

根据对组播信源树时域的分析,寻找到组播信源树的时域重叠子树的边缘节点;

步骤 B2,在该节点上配置静态共享树组播成员 $Igmp_static_member(*,G)$,使配置了该组播成员的接口产生对组播共享树业务的需求;

步骤 C2,由组播共享树业务的需求触发产生从该边缘节点到组播共享树根节点的组播共享转发树,使组播共享树业务流预先传送到该边缘节点上;

步骤 D2,由该边缘节点发起 RPT(共享树)→SPT 树切换,使组播树由共享树切换到信源树上,形成从源 S 到边缘节点的信源重叠子树;

步骤 E2,组播业务流沿切换后的信源重叠子树传送到边缘节点上;

步骤 F2,组播信源树路径通过该边缘节点的任一接收者发出对组播信源树业务流 $M_Traffic(S,G)$ 的需求后,建立从该接收者到该边缘节点的组播转发树,组播信源树业务流从该边缘节点传输到该接收者。

可以看出,由于静态共享树组播成员 $Igmp_static_member(*,G)$ 的作用,配置了该组播成员的接口在该成员配置存在期间内维持了对组播信源树业务的需求,从而维持了已经形成的组播信源重叠子树。而组播信源重叠子树的维持,保证了组播信源树业务流能够一直传送到信源重叠子树的边缘节点,因而也减少了组播业务流传输的距离(跳数)和延迟,达到快速组播的目的。



图2 组播共享树环境中实现快速组播的流程图

(三) 第三实施例

本例是通过静态信源树组播成员 $Igmp_static_member(S,G)$ 在组播信源树环境 (S,G) 中实现快速组播。

静态信源树组播成员 $Igmp_static_member(S,G)$ 是指在支持 IGMPv3 协议的某一网络设备 Router 的接口上通过人为配置产生一个信源树的组播成员,该组播成员在功能上与通过 IGMPv3 协议产生的信源树组播成员相同,并且属于静态配置,只要不通过配置清除,就一直有效^[11]。在支持 SSM 协议时,可以在组播信源树的时域重叠子树的边缘节点上配置静态信源树组播成员,通

过该组播成员触发产生从组播信源树的根节点到该边缘节点的组播树存在,并维持其存在,从而使组播信源树业务流能够预先传送到该边缘节点上。

其实现步骤如下:

步骤 A3,在组播信源树业务的需求发起前,根据对组播信源树时域的分析,寻找到组播信源树的时域重叠子树的边缘节点,并使得该节点支持 SSM;

步骤 B3,在该节点上配置静态信源树组播成员 $Igmp_static_member(S,G)$,使得配置了该组播成员的接口产生对组播信源树业务的需求;

步骤 C3,由组播信源树业务的需求触发产生从该边缘节点到组播信源树根节点的组播信源转发树,使组播信源树业务流预先传送到该边缘节点上;

步骤 D3,组播信源树路径通过该边缘节点的任一接收者发出对组播信源树业务流 M_Traffic (S,G)的需求后,建立从该接收者到该边缘节点的组播转发树,组播信源树业务流从该边缘节点传输到该接收者。

四、结束语

本文提出的不是组播转发时的路由转发规则,而是基于目前组播协议的基础上,提出的一种优化协议实现方法,本方法关注点也不是如何扩展静态组播成员的使用方法,而是利用静态组播成员的静态特性,并根据一些组播应用中的时域组播树重叠的特性,缩短 IPTV 等组播应用延迟,从而达到快速组播的目的。

参考文献:

- [1]李丹,吴建平,崔勇,等. PIM - SM 协议的建模与改进 [J]. 软件学报,2006(2):285 - 286.
- [2]肖秧琳,杨明军,朱培栋. 高性能路由器域间组播的实

现技术研究[J]. 计算技术与自动化,2006(1):73 - 75.

- [3]朱洪涛. 全面认知 PIM - SM [J]. 计算机系统应用,2008(3):123 - 127.
- [4]程龙,曹争,许春嵘. 依赖源汇聚点的组播协议[J]. 中兴通讯技术,2006(6):40 - 42.
- [5]董平,张宏科,杨冬. 基于共享子树的组播状态聚合新方法 [J]. 系统仿真学报,2008(15):4168 - 4169.
- [6]陈越,兰巨龙,杨永强,等. 一种基于 SSM 的多源组播路由协议[J]. 计算机工程与应用,2004(25):24 - 26.
- [7]韩旭. IGMP 组播协议与安全[J]. 才智,2010(4):35.
- [8]黄胤科,吴春辉,钟宝荣. 组播技术在 IPTV 直播业务中的应用[J]. 现代计算机,2006(3):43 - 45.
- [9]张佳杰,扈红超,刘强,等. 基于接入汇聚路由器的 IPTV 组播的实现 [J]. 计算机工程,2007(11):107 - 108.
- [10]林子松,张子蛟,汪斌强. 基于 SSM 的组播路由解决方案[J]. 计算机工程,2006(4):114 - 115.
- [11]林文,蒋泽军. 基于 IGMPv3 和 PIM - SSM 协议的源特定组播技术的研究 [J]. 科学技术与工程,2007(8):1608 - 1611.

(责任编辑:黄 燕 许成安)

An Implementation Method for Fast Multicast

TANG Wei¹, ZHU Cheng-rong²

(1. School of Information Science, Nanjing Audit University, Nanjing 210029, China;

2. ZTE Corporation, Nanjing 210012, China)

Abstract: Various existing multicast protocols have the problem of relatively low real-time in some applications, nor do they well meet the requirements of information service domain such as IPTV, distance education and video conference, so an implementation method of protocol optimization needs to be considered. Making use of static characteristic of static multicast member and according to overlap feature of time domain multicast tree in some multicast applications, the method can decrease the delay of traditional multicast applications and achieve fast multicast. .

Key words: fast multicast; static multicast member; multicast shared tree; multicast source tree; PIM-SM; SSM