

基于区分服务的源特定组播技术研究

兰 艳 刘朝辉 夏 利

(东北大学信息科学与工程学院 沈阳 110004)

摘 要 保证组播的服务质量(QoS)是日益增长的多媒体应用的迫切要求。本文在研究区分服务和源特定组播技术的基础上,提出在区分服务中实现源特定组播的机制,重点阐述了 QoS 频道的定购和取消,以及组播数据的转发,解决区分服务和组播结合时普遍存在的矛盾,在一定程度上改善组播的服务质量。

关键词 区分服务,源特定组播,QoS,DSSM

1 引言

随着全球互联网和各种增值业务的迅猛发展,新生的多媒体业务不但有着数据量大、时延敏感性强、持续时间长等特点并且都需要将一份数据同时发送给多个用户。传统的单播和广播已很难满足新业务的要求,而组播是将数据发送到用户组的传输形式,具有带宽利用率高、减轻主机/路由器负担的优点。因此可以在最少时间最小空间里传输和解决视音频业务,即采用有 QoS 服务保障机制的组播^[1]是有深远现实意义的。

目前,IP 组播主要分为任意源组播(Any Source Multicast, ASM)和源特定组播(Source Specific Multicast, SSM)两种模型。SSM 是一种区别于传统组播的新业务模型,它针对组播业务的特点进行了设计,提供了更优化的网络性能。研究发现,在不久的将来,比如网络视频点播、网络电视等点到多点的业务将会在 Internet 组播应用中占较大份额,采用 SSM 技术特别适用于这些点到多点的组播服务,因此本文研究的组播采用 SSM 模型^[2]。

IETF 工作组于 1998 年开发了基于区分服务(DiffServ)的 QoS 体系结构。由于 DiffServ 扩展性好,容易实现,因此,被各大网络设备商所支持,是 IP 骨干网服务质量的主要解决方案,并被确立为下一代网络所必需的技术之一。所以本文采用 DiffServ 来作为保证组播 QoS 的基本架构^[3]。

2 相关工作

2.1 区分服务

DiffServ 体系使运营商能够提供给每个用户不同等级的服务。它的实现原理是:在网络边界将数据流按 QoS 要求进行简单分类,不同的类在内部节

点的每次转发中实现不同的转发特性。用户主机或网络边界节点通过设置每个数据包的 DS(Differentiated Services)字段,即 IPv4 首部中的 DSCP(Differentiated Services Code Point)字段或 IPv6 首部中的流量类(Traffic Class)字段的值来要求特定的服务等级^[4]。在每个支持 DiffServ 的网络核心节点,这个 DS 值将数据包映射到 PHB(Per Hop Behavior)中去,从而在转发时区别对待。

2.2 源特定组播

IPv4 中,源特定组播的组地址限定在 232.0.0.0~232.255.255.255 范围内。IPv6 中,源特定组播的组播地址在 FF3x::4000:0000-FF3x::7FFF:FFFF 范围内,均由 IANA 定义。

源特定组播用组播源地址(S 表示)和组播组地址(G 表示)的二元组(S, G)来标识一个会话,也称为一个信道。为了实现源特定组播,对传统 PIM-SM 协议做简单的修改即可支持 SSM,修改后的 PIM 被描述为 PIM-SSM。事实上,支持 SSM 的路由机制只是支持 ASM 的一个子集。例如, PIM-SM 协议里的最短路径树(SPT)可以用在 SSM 协议中。在接收者和边缘路由器上,需要运行 IGMPv3 协议(IPv6 中是 MLDv2 协议),以完成对组成员的管理^[5]。在路由器上,需要运行 PIM-SSM 协议,进行组播转发树的构建与管理。

一般情况下,在一个 SSM 网络中,一个接收主机用户使用 IGMPv3 登记一个 SSM 信道,并通告它所期望加入的组播组 G 和组播信源 S。源特定组播仍是采用传统的主机显式加入模式,但跳过了共享树和 RP 规程,直接建立到达源的最短路径树。利用 SPT 树把组播数据转发给终端用户。在源特定组播中,避免了两个不同的源使用同一个组播地址带来的地址冲突问题,组播域内源的出现不再有

*)辽宁省自然科学基金项目(20042012)和辽宁省自然科学基金项目(20052027)资助。兰 艳 刘朝辉 硕士研究生,主要研究方向:计算机网络服务质量。夏 利 博士,副教授,主要研究方向:计算机网络。

困难,正是由于它的简单性和可扩展性,SSM 被认为在将来的网络应用中有着广阔的发展前景。

DiffServ 能够保证网络的服务质量,SSM 以其简单和可靠性成为一对多应用中较为理想的选择,将两种技术结合起来势必会有如下好处^[3,6]:

(1)DiffServ 提供了一个在 Internet 上有差别的服务,而 SSM 提供了一个节省网络带宽的方法,二者的结合既节省了带宽又提供了有区分的服务。

(2)许多多媒体应用都是有 QoS 请求并且是面向组成员的,这样会消耗大量的网络带宽,DiffServ 中实施 SSM 能有效的利用有限的资源。

(3)DiffServ 可能被应用在下一代网络中,因此从战略角度看,DiffServ 域中实施 SSM 是有实用价值的。

组播试图节省网络带宽,区分服务则用适当的方法给用户不同的带宽要求,组播和区分服务看似是互相补充的技术,但将组播(包括 SSM)和区分服务结合仍会产生一些冲突。

2.3 区分服务和组播之间的冲突

两者结合的主要矛盾是在基本结构的差异上。现将区分服务和组播结合到一起的问题总结如下^[7~9]。

(1)缩放问题:传统 IP 组播中,所有组播树的路由器(不管是边界的还是核心的)都要存储和管理该组播树上的所有状态信息,这对高速网络的核心路由器来说是不可想象的。而区分服务为保持良好的扩展性,所有核心路由器均不保持任何状态信息,且各核心路由器之间状态无关,其任务只是按照 PHB(由分组首部的 DSCP 来决定)进行简单转发。因此,任何一种区分服务组播解决方案都需要考虑组播状态信息的保存问题。

(2)驱动:组播是接收者驱动,而区分服务是发送者驱动。在区分服务区域内,发送者在特定的入口路由器处采用单播消息,根据服务等级约定(SLA)来确定进入网络的通信量,给每一个数据包标记一个特定的 DSCP 值,决定它的 QoS 服务等级。而在组播中,这是由接收者驱动的,当接收者发送加入请求要加入到组播组中时,会申请一个特定的 QoS 服务等级。总之,DiffServ 是发送者驱动的基本框架,而组播固有的特点是面向接收者的。

(3)资源管理:在组播传输中,一个数据包可以在节点处被复制多次,生成一个组播树。而在区分服务区域中的组播,入口处的路由器在不知道整个组播树的情况下不能预测整个网络连接中的资源消耗。当一个新的接收者加入组播组时,就在当前组播树的基础上添加一个新的连接发送者和接收者的分支。因此,这个分支上的资源分配就没有考虑任何节省资源的措施,这就对先前的那些在基于节省

带宽的策略下建立的流不利。这就是著名的 NRS (Neglected Reservation Sub-tree)问题。

(4)异类的 QoS:在区分服务域中,发送端给每个数据包加上 DSCP 值,决定了它所提供的服务等级,而没有考虑接收者的接收能力。但是,接收者往往有不同的服务等级要求。因此,发送端对树上分支的不同的服务要求应是可预见的。

3 区分服务下 SSM 的实现

本文提出将改进的 PIM-SSM 组播路由协议应用于 DiffServ 模型中,针对端用户的不同请求提供有区分的源特定组播(DSSM)。目的是最大限度的解决二者之间的冲突,保证多播的服务质量。

从 ISP 角度看,他给用户提供有限的服务类别,当接收者发出加入请求时,与传统加入方式不同的是要将服务等级要求一并发送,即面向源端将传统的(S,G)加入请求消息转变为(S,G,DSCP),这需要在组播路由表(MRT)中加入额外的 DSCP 值^[10],用来在接收后面的加入请求或转发组播数据包时做相应的处理。

一旦组播树建立起来,转发组播数据时只需按照 DSCP 值来转发,在非分支节点路由器对组播数据的处理与单播的相同,在分支节点组播数据被复制,复制时要根据组播路由表中的 DSCP 值来判断^[11],是否要将该数据包中的 DSCP 值进行相应的替换,然后再转发所复制的组播数据。

3.1 QoS 信道的定购

接收者发送有 QoS 请求的加入消息前,首先要和带宽管理(BB)协商,带宽管理知道整个网络的拓扑和资源状态信息,能计算出区分服务域中每条链路可用带宽和数据流流经的链路以及每个服务等级应该享用的带宽^[12]。如果带宽管理发现不能满足接收者的请求,BB 会通知用户选择一个服务等级低一些的请求并且重新协商。

如果协商成功,接收者发送 IGMPv3 (S,G,DSCP)组成员加入请求消息给区分服务域边界上的指定路由器(DR)。DR 收到组成员加入请求后,将面向源 S 发送基于 SSM 的 PIM-SM 加入请求(S,G_i,DSCP),这个加入请求或者到达源 S,或者被有相同(S,G_i)状态的路由器所截获。

当路由器中的某个接口收到(S,G_i,DSCP)加入请求时,若该路由器已经存在源 S,组地址 G_i 的状态,则根据 DSCP 值进行相应的操作。当所提出加入请求的服务等级等同或低于表中存在的服务等级时,则加入过程被终止,并且收到该请求信息的接口直接被加入到多播路由表的出接口列表中并保存状态(S,G_i,DSCP)。这样,一个新的树分支被从当前同级或更高级的 QoS 通道上建立起来。如图 1

所示,假定 $DSCP_3$ 的服务等级大于 $DSCP_2$ 的服务等级, $DSCP_2$ 的服务等级大于 $DSCP_1$ 的服务等级。当 R1 希望获得 $DSCP_1$ 的服务等级加入 G_1 , 发加入请求到路由器 1, 路由器 1 当前已经转发 (S, G_1) 信道上的数据但提供服务的等级是 $DSCP_2$, 已知 $DSCP_2$ 的服务等级大于 $DSCP_1$, 那么直接将此接口及 $(S, G_1, DSCP_1)$ 状态加入到路由器 1 的组播路由表中即可。这就类似传统的 SSM 加入过程, 只是多添加一个 DSCP 字段。

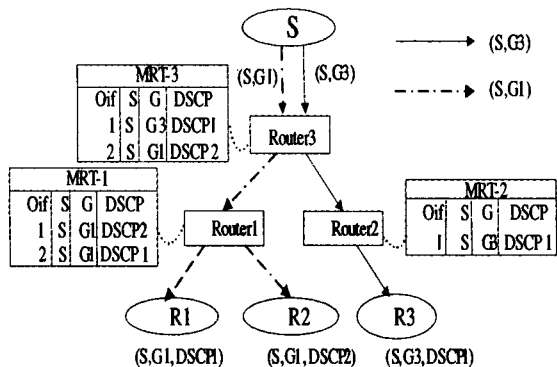


图 1 有服务等级的组播树及多播路由表状态

当 $(S, G_1, DSCP)$ 的加入请求到达路由器的某接口时, 如果该路由器保留有 (S, G_1) 的状态, 但 (S, G_1) 信道上组播数据的服务级别低于当前到达的加入请求的服务级别, 则该加入请求会继续探求到达源 S 的最短路径。一旦该信道被建立, 那么分支节点的上游链路中都将由等级高的信道来转发组播数据。如图 1, 现在假设已有接收者 R1, 若 R2 发送加入请求 $(S, G_1, DSCP_2)$ 到路由器 1, 经过对比, 发现 $DSCP_2$ 级别高于 $DSCP_1$, 则该请求需要继续寻找到达源端的最短路径, 然后在所经过的路由器中记录 $(S, G_2, DSCP_2)$ 的状态信息。源端在 (S, G_1) 信道上将以 $DSCP_2$ 的服务等级转发组播数据, 这样可以保证在非支节点的链路上以较高的服务级别传送数据包。

如果 DR 收到加入请求 $(S, G_1, DSCP)$, 且在 DR 中没有记录该源或该组的状态信息, 则需要在该路由器中记录该请求的状态并继续面向源端发送该加入信息, 直到遇到有该信道的信息或到达源端, 具体过程见图 2。

3.2 QoS 信道的取消

假定当前路由器在 QoS 信道上收到来自源 S 的组播数据, 当它检测到没有 $(S, G_1, DSCP_1)$ 加入消息或收到 $(S, G_1, DSCP_1)$ 剪枝消息时, 路由器将针对下面几种情况之一采取措施。

(1) 若当前路由器转发信道 (S, G_1) 上的数据, 且转发数据的服务级别大于剪枝消息中的服务等级, 那么路由器会停止转发分支节点出口列表中 $(S, G_1, DSCP_1)$ 信道上的数据并直接删除多播路由

表中对应的出口口和 $(S, G_1, DSCP_1)$ 的状态。

(2) 如果在多播路由表中 $DSCP_1$ 的服务级别最高, 那么路由器会检查所有和 (S, G_1) 相关的 QoS 信道, 在出口列表中选择除 $DSCP_1$ 以外服务级别最高 (假设为 $DSCP_m$) 的状态 $(S, G_1, DSCP_m)$, 并且会面向源发送内部的 $(S, G_1, DSCP_m)$ 加入请求并重新建立转发路径, 这个路由器将收到来自 (S, G_1) 信道而服务级别降低的组播数据, 然后移去出口列表中的出口口及 $(S, G_1, DSCP_1)$ 的状态。

(3) 如果这是来自源 S, 组 G_1 的最后一个定购者, 路由器将停止发送 $(S, G_1, DSCP_1)$ 加入请求给源, 因此和这个树断开。

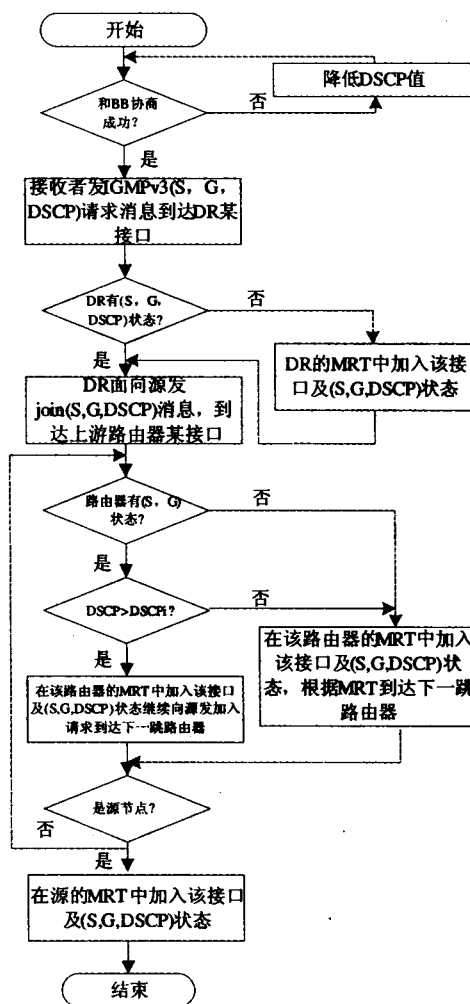


图 2 QoS 信道定购流程图

3.3 数据转发机制

当路由器从入接口收到组播数据时, 它会采用下面的方法来转发数据包。

(1) 如果是非分支节点, 组播分组的转发方式同单播分组的转发方式相同。

(2) 对于所有的分支节点, 需要按照出口列表中的状态复制此数据包。在每个出口口上如果检查到

(下转第 14 页)

的节点增多时,搜索范围扩大,因而算法的费用增加较快。图 5 表明在网络规模固定而目的节点数变化时,算法 1 的运行时间几乎没太大的变化。

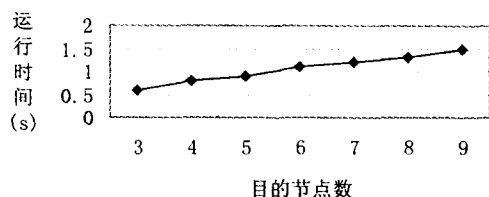


图 5 目的组节点数目变化时运行时间

结束语 本文在现有计算机网络路由问题研究的基础上,针对单一源节点选播路由问题,提出了一种基于遗传算法的选播路由算法。由于引入了遗传算法,大大提高了算法的搜索效率,使路由算法跳出

(上接第 7 页)

有源 S,且组地址 G 和 DSCP 值与到达的数据包的状态相同时,则进行简单的复制,然后转发复制的数据包。如果检查到源和组地址与到来的数据包的状态相同而服务等级比到达的数据包服务等级低时,则需将已复制的数据包中的 DSCP 变成出接口中相应的 DSCP 值,然后再进行转发。这一步很重要,因为这将决定在下一跳路由器组播数据如何被对待。这种情况是下一个链路的服务级别将要降低,所以要将代表优先级高的 DSCP 转换成优先级低的值来节省网络资源,并满足用户的要求。

(3) 基于组播数据包中的 DSCP 值在出接口上把数据分配给相对应的 QoS 队列。

当前的路由器实施服务区分采用的是优先权或加权的排队技术比如基于类的排队(CBQ)和加权公平队列(WFQ)。在区分服务网络中,数据包被不同的 DSCP 值所标记,在队列中采用不同的优先权来调度,从核心路由器角度看,携带相同 DSCP 值的数据包会以统一的方式来转发。类似地,对待组播数据时也是依赖包头中的 DSCP 值,DSSM 中核心网络的带宽分配给每个 QoS 通道,来自不同通道的数据包按照相应的优先级队列来调度。另外,对于有相同 DSCP 值的数据包在相应的队列中被统一对待。

结束语 本文在研究区分服务和源特定组播的基础上,提出了将两者结合的解决方案,讨论带 QoS 请求的组成员加入、离开过程和数据包的转发机制,文[10]提出在区分服务网络的路由器中保存数据包的源地址,组地址以及 DSCP 值,本文同样采用此结构保证区分服务下组播的实现。该方案能够支持具有不同 QoS 等级要求的组播服务并且能满

局部最优解,尽量能达到全局最优;另一方面,我们的路由算法使网络负载充分平衡,从而大大提高网络的利用率。网络模拟实验表明,该算法具有良好的服务性能,并能有效平衡网络负载。我们的研究只是初步的,下一步我们将开展选播路由中的出错网络、非独立信包、多组系统等方面的研究。

参考文献

- 1 Hinden R, Deering S. IP version 6 addressing architecture[R]. RFC 1884, IETF, 1995
- 2 Basturk E, Engel R, Heas R, et al. Using network layer anycast for load distribution in the Internet[R]; [IBM Research Report, RC20938]. 1997
- 3 Xuan D, Jia Weijia, Zhao W. Routing Protocols for Anycast Messages. IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 2000, 11(6): 571~588

足同组内组成员间不同的 QoS 请求,加入请求是由接收者发出的并且该消息中捎带了 DSCP 值,因此, QoS 的驱动和多样化问题得以解决。而 BB 的引入,提供了接纳控制,有效的解决了 NRS 问题。来自相同 QoS 类的不同源的组播数据在网络中可以得到汇聚。本方案需要修改组播路由协议和区分服务结构,能建立带有服务等级的组播树并且数据包能在区分服务域内被复制,实现组播应用。

参考文献

- 1 Striegel A, Manimaran G. A Survey of QoS Multicasting Issues. IEEE Communications Magazine, 2002, 40(6): 82~87
- 2 Bhattacharyya S. An Overview of Source-Specific Multicast (SSM). IETF RFC 3569, Jul. 2003
- 3 Bless R, Wehrle K. IP Multicast in Differentiated Services (DS) Networks. IETF RFC 3754, Apr. 2004
- 4 Blake S, Black D, Carlson M, et al. An Architecture for Differentiated Services. IETF RFC 2475, Dec. 1998
- 5 Holbrook H, Cain B. Source-Specific Multicast for IP. IETF Internet Draft, draft-ietf-holbrook-ssm-arch-07.txt. 4 Oct. 2005
- 6 Li Z, Mohapatra P. QoS-aware Multicasting in DiffServ Domains. In: Proceedings of IEEE Global Internet Symposium, Nov. 2002
- 7 Striegel A, Manimaran G. DSMCast: a scalable approach for DiffServ multicasting. Computer Networks, 2004, 44(6): 713~735
- 8 Vrontis S, Sykas E. Extending Differentiated Services Architecture for Multicasting Provisioning. Computer Network, 2004
- 9 Striegel A, Bouabdallah A, Bettahar H, et al. EBM: A New Approach for Scalable DiffServ Multicasting. In: Proceedings of International Workshop on Networked Group Communication (NGC), September. 2003
- 10 Bianchi G, Belfari-Melazzi N, Bonafede G, et al. QUASIMODO: Quality of Service-aware Multicasting over DiffServ and Overlay Networks. IEEE Network, 2003, 17(1): 38~45
- 11 Striegel A, Manimaran G. Dynamic DSCPs for Heterogeneous QoS in DiffServ Multicasting. In: Proceedings of IEEE GLOBE-COM, 2002
- 12 Yang B, Mohapatra P. Multicasting in Differentiated Service Domains. In: IEEE Globecom'02, Nov. 2002