

基于资源共享的 MPLS 组播网络中的路径恢复

邵书超, 张 晖, 张思东

(北京交通大学电子信息工程学院, 北京 100044)

摘 要: MPLS 组播网络能快速有效地传输数据, 其中的路径恢复机制确保提供持续的网络服务。该文提出了一种基于资源共享的 MPLS 组播网络中的路径恢复方案, 该方案在每条链路的入口处保存一个链路资源使用数据库, 使用基于共享资源且提供带宽保证的备份路径计算方法来预先建立备份路径, 能优化网络资源的利用并减少切换时延。

关键词: 组播; MPLS; 路径恢复; 资源共享

Path Recovery Solution with Shared Resources in MPLS Multicast Networks

SHAO Shu-chao, ZHANG Hui, ZHANG Si-dong

(School of Electronics and Information Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044)

【Abstract】 MPLS multicast networks can forward the data packets fast and efficiently, and the mechanism of path recovery in MPLS multicast networks ensures the persistence of network services. This paper proposes a path recovery solution with shared resources in MPLS multicast networks. The solution maintains a database in the entry of every entry that records the utilization of link resources, and pre-establishes the backup path with bandwidth guaranteed and shared resources. This solution can optimize the utilization of network resources and lessen the switching duration.

【Key words】 multicast; MPLS; path recovery; shared resources

1 概述

随着各种新的网络服务的出现和发展, 网络中的路径恢复成为网络的一个重要需求。网络中任何部分的任何故障都有可能引起服务瘫痪, 从而给用户带来不可接受的后果, 并可能会给服务提供商带来巨大的经济损失。因此, 防止通信中断和减少丢包是一个重要的问题。通常网络中的故障可分为两种类型: 链路故障和结点故障。基于“尽力而为”的 IP 网络的路径恢复通常有比较长的恢复时延和丢包率。

基于 MPLS 的恢复机制^[1]通过减少故障通知时间和备份路径计算时间可以明显地提高恢复速度。存在两种基于 MPLS 的路径恢复模型: 保护交换和重路由。保护交换依赖于在恢复之前根据路由策略和流量工程等预先建立的备份路径, 其优点是恢复速度快, 但必须预先建立备份路径, 从而增加了网络的资源消耗; 而重路由则是在故障发生后根据故障状况按需建立备份路径的, 其优点是不会浪费网络资源, 但路径恢复的速度比保护交换慢。

一些组播技术如视频会议、VoD 点播和网络游戏需要对网络服务的持续性提供保证, 因此, 必须尽量减少路径恢复的时延。组播通信的一个重要的特点是某处的链路或结点故障会影响到组播组中的多个组成员。在组播通信环境中使用重路由将会消耗大量的网络资源, 可通过共享备份资源来优化资源配置。

MPLS 组播能快速有效地传输数据, RFC3353^[2]给出了实现 MPLS 组播的总体框架。IETF 最近分别提出了基于信令协议 RSVP-TE 和 LDP 的扩展来建立 P2MP LSP 的解决方案, 这种方案不需要三层组播路由协议的支持, 可扩展性强。在此方案的基础上, 建立一个用于恢复路径的链路资源使用数据库,

使用 OSPF-TE 协议在整个网络区域传输这些信息, 可以在路径建立之前计算好基于共享的最佳备份路径。在故障发生期间, 利用 MPLS 重路由机制将数据流从工作路径重定向到备份路径, 从而可以实现在考虑链路使用的情况下在 MPLS 组播网络中的路径恢复。

2 现有解决方案

通常在大型 MPLS 骨干网络中, 依靠全局恢复模式来从链路/结点故障中恢复网络效率低下, 尤其是在对 QoS 有特殊要求的场合。文献[3]中的方案将一个组播树划分为多个域, 每个域代表原树的一个子树。然后在每个域的根结点和边界路由器之间建立备份路径。此方案只适用于网络中只存在单处故障(结点或链路)的情形, 其优点是非常适合于大型的网络, 且与全局恢复模式相比, 减少了故障通告时间和将数据流切换到备份路径上的时间; 缺点是子树划分过程复杂; 备份路径之间没有提供资源共享机制, 容易造成资源浪费。

聚合组播^[4]是一种基于 MPLS 的域内组播方案, 其主要思想是使几个不同的组播组使用一个相同的组播树来传输数据, 这样网络中的 LSR 为每个树只需保存一个状态。边缘路由器对要传输的数据包进行复用和解复用, 聚合组播可以减少 MPLS 网络中的组播转发状态。文献[5]中的方案使用聚合组播的模型进行路径恢复。一个组播组根据和某个树的匹配程度而把它映射到一个树上, 对于每一个组播树, 建立一个

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60402035); 华为技术有限公司基金资助项目(YJCP2005054RE)

作者简介: 邵书超(1981-), 男, 硕士研究生, 主研方向: 计算机网络技术; 张 晖, 博士研究生; 张思东, 教授、博士生导师

收稿日期: 2006-09-26 **E-mail:** ssc806@21cn.com

备份树用以恢复网络故障。如果主树故障，则所有的数据切换到备份树上。引入了一个树管理器来负责树和组播组的映射，并且管理聚合树和它的备份树。其优点是不需为每个组播组建立备份树，所需建立的备份树较少；缺点是树管理器负担过重，如果其发生故障，网络容易瘫痪。

3 解决方案

本方案在每条链路的入口处保存一个链路资源使用数据库，使用基于共享资源且提供带宽保证的备份路径计算方法来预先建立备份路径。假设网络中任何时刻只有单处故障(结点或链路)，故障发生时，在路径切换 LSR(PSL)处将组播数据流从工作路径上重定向到备份路径上并将其传送到目的地，然后在路径聚合 LSR(PML)处将数据流与工作路径聚合，从而保证网络服务的连续性。

3.1 网络模型

使用基于 RSVP-TE 的扩展来建立组播树^[6]，由源发现各接收者并计算出与之之间的 P2P 路径之后，分别建立与各接收者之间的 P2P LSP，在分支结点处实行标签聚合，从而建立完整的 P2MP LSP。

当检测到有链路或结点故障时，必须通知 PSL 以使其能重定向数据流。假设网络中的任何时刻只存在单处故障(链路或结点)，故障通知的机制见文献[7]。

通过在每条链路的入口处保存一个链路资源使用数据库记录已使用的带宽和剩下的带宽，可以计算出提供带宽保证且可以进行资源共享的备份路径。在 MPLS 组播网络中，备份路径在重路由执行之前计算并被信令通知，在故障发生之前计算并信令通知备份路径，故障发生时，在 PSL 处将组播数据流从工作路径上重定向到备份路径上。重定向完成后，组播数据在新的组播 LSP 上传播，从而达到路径恢复的目的。这样恢复延迟只包含在 LSR 间传送错误通告信令(FIS)的时间，从而网络恢复时延可显著减少。

3.2 基于资源共享的备份路径计算方法

在每条链路的入口处保存一个链路资源使用数据库，用于记录本链路已被哪些链路用作备份链路以及预留的带宽和剩下的带宽。可通过扩展的 OSPF-TE 协议在整个网络上将这些信息泛洪。

PSL 为工作路径根据链路资源使用数据库计算备份路径。在每个链路的入接口处，将工作路径上的所有链路和可能的备份路径上的每个链路的入接口数据库进行比较。根据比较的结果计算出可以共享的带宽：如果工作路径上有链路和已有被保护的链路相同，则计算不相同部分中预留带宽的最大值，此即为可共享的带宽；如果没有相同链路，则可完全共享全部的预留带宽。

然后按如下规则计算该备份路径：(1)选择能够共享的带宽数量多的链路作为备份链路；(2)如果需要的预留带宽单元大于可供使用的共享带宽单元，则剩下的部分需额外提供；如果本链路剩下的带宽不足，则选择可以保证预留带宽数量的链路作为备份路径；(3)如果有两条或多条备份路径可选，则可选择其中任意一条作为备份路径；(4)如果没有链路能保证预留带宽数量，则备份路径选择失败，并返回故障消息以进行其他处理。

下面举例说明备份路径的计算过程：

图 1 为一个网络拓扑的一部分，假设每条链路的带宽单元都为 15，链路 L1 和 L2 都使用 6 单元的带宽，有 2 条可能作为备份路径的路由，即“L3, L6”和“L3, L5, L7”。在

每条链路的入口处保存的链路资源使用数据库见表 1 所示。

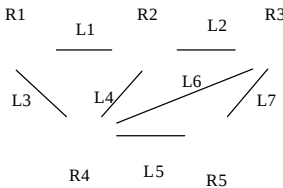


图 1 备份路径的计算

表 1 链路资源使用数据库

	被保护的链路以及为其预留的带宽	剩余带宽
L3	L1,L8,(6);L10(7)	8
L4	L1,L8,(6);L9(7)	8
L5	L11(7)	8
L6	L2(6);L9,L11(7)	8
L7	L11,(7)L12(8)	7

L8-L10 在图 1 中并未标出，它们也有可能会使用 L3-L7 作为备份链路。每条链路的数据库信息通过扩展的 OSPF-TE 在网络中交互，从而使每个路由器知道整个网络的链路资源使用情况。

当 R1 为工作路径“L1, L2”计算备份路径时，它检查两条可能的备份路径上的每条链路的资源使用数据库。根据上述的规则进行如下比较：(1)L3 保存的数据库中已有被保护的链路 L1，所以 L3 需要为 L1 另外提供 6 单元的带宽保证已作为备份链路；(2)同上，L6 保存的数据库中已有被保护的链路 L2，所以 L6 需要为 L2 另外提供 6 单元的带宽；(3)而 L5 和 L7 中被保护的链路没有 L1 和 L2，所以可共享全部的预留带宽，不需要另外提供带宽。

根据上述的比较结果，由于路径“L3, L5, L7”能够使用更多的共享带宽，且剩余带宽足够，因此该路径被选为备份路径。而如果不使用此方案，由于路径“L3, L6”的跳数更少，会被选为备份路径，因此使用本计算方法能提高带宽资源的共享率，优化网络资源的利用。

3.3 路径恢复过程

备份路径计算方法和重路由机制之间是透明的，下面将详细论述 MPLS 网络中的网络恢复机制。组播通信中的一个重要特点是一个结点或链路的故障将会影响到多个接收者。假设网络中只存在单处故障，对应网络中的故障情形，可以将网络保护分为 3 种：链路保护，非分支结点保护和分支结点保护。其中链路保护与非分支结点的保护机制相似。

3.3.1 链路保护与非分支结点保护

网络发生故障后使用 MPLS 的标签堆栈机制来恢复网络，在 PSL 处其下一跳为数据包分配两层标签，外层用于在备份路径上传输数据，里层用于在工作路径上传输数据。当受保护的链路发生故障时，PSL 检测到有故障发生后立即将数据流重定向到备份路径，并使用外层标签传输数据。在 PML 处将数据流与工作路径汇聚，剥离外层标签后使用里层标签继续传输数据。一条备份路径可以保护多条工作路径。

3.3.2 分支结点保护

由于分支结点发生故障将会影响到与此分支结点相连的多条链路，因此如果按上述的链路保护方法为这些链路分别建立一条备份链路，可能会使用过多的标签数量。为了节省使用的标签数量，可以将 PSL 固定在分支结点的上一跳，在建立备份路径的过程中，也使用与上述链路保护或非分支结点保护类似的标签堆栈机制。但为备份路径分发标签时，使

(下转第 142 页)