

SL-SOAP: 一个大型分层视频组播代理自组织协议

王 晖 沙基昌 姜志宏 陶 钧 孙 晓

(国防科技大学信息系统与管理学院系统工程系 长沙 410073)

摘 要 针对大型分层视频组播层次化自适应体系 HALVM 中层次化代理的位置和功能如何动态配置和管理的核心问题,本文在研究和分析了层次化代理的逻辑构成和视频组播原始拓扑结构特点的基础上,利用共享丢失模型,提出了一个代理动态自组织协议 SL-SOAP。该协议首次将多视频组播会话自组织代理从逻辑上分成多个进程,提出了多个视频组播会话自组织代理中多个进程的优化定位方法,并通过应用证实了该协议的有效性。

关键词 大型分层视频组播,自组织代理,共享丢失

SL-SOAP: a Self-organized Agent Protocol for Large-scale Layered Video Multicast

WANG Hui SHA Ji-Chang JIANG Zhi-Hong TAO Jun SUN Xiao

(College of Information System and Management, National University of Defense Technology, Changsha 410073)

Abstract The central topic of HALVM, a Hierarchical Adaptive Architecture for Large-scale Layered Video Multicast, is how to configure and manage hierarchical agents dynamically. Through analyzing the logical components of hierarchical agents and the original topology of video multicast tree, this paper proposes a novel agent protocol (SL-SOAP) which based on the shared loss Model. In SL-SOAP, we first decompose a self-organized agent into several logical processes, and propose an optimal method to deposit the processes of multiple adaptive video multicast sessions in multicast network nodes. SL-SOAP has been applied to two video multicast applications and proved to be an effective scheme.

Keywords Large-scale layered video multicast, Self-organized agent, Shared loss

1 引言

由于端点自适应方法和基于静态配置代理的应用自适应方法无法满足大型分层视频组播系统扩展性、动态性和复杂性要求,人们提出了多种基于动态代理的分层视频组播自适应体系与方法。比较有代表性的是 ASI^[1]、LVMR^[2]、HSRM^[3]和 SOT^[6]。ASI 是一种基于代理的主动服务框架,它引入了 RTP 媒体网关的概念,利用转换编码技术实现了多种视频源编码算法在大型异构组播网络中的速率自适应控制问题。ASI 从分布系统服务的角度研究了媒体网关的定位和发现问题,但对媒体网关如何优化选择与定位缺乏具体的理论分析与评价。LVMR 是一种层次化的视频组播速率控制方法,它结合了基于代理的集中控制方法与端点分布控制方法的优点以解决大型视频组播网络拥塞和异构的自适应问题,但 LVMR 没有就代理的拓扑位置优化选择问题进行研究。HSRM 针对分布会议发言控制对可靠组播通信的应用需求,提出一个基于节点丢失报文特性的层次化可扩展可靠组播通信协议。HSRM 将组播树分成托管组播组 MG(Managed Group)和主干组播组 TG(Trunk Group)两个层次。每个托管组播组中有一个节点同时属于主干组播组,称为托管节点 Manager。它从发送者那里可靠地接收报文,并对本组的报文修复负最终责任。HSRM 是针对可靠组播设计的协议,对快速响应和时间收敛性不是重点考虑因素,控制协议比

较复杂。SOT 是针对视音频等连续媒体流的组播应用提出的自组织转换编码器自适应方法,它综合了同播(Simulcasting)、本地修复和转换编码等技术以解决连续媒体流组播的异构性和扩展性问题。但 SOT 只考虑了单一视频组播会话环境下的转换编码器自组织问题,没有考虑在多个视频组播会话环境下的代理自组织维护问题。

针对以上动态代理自组织协议存在的问题,本文作者在文[3]中提出了一个基于自组织代理的大型分层视频组播自适应体系 HALVM,由发送端、接收端以及动态层次化代理协同完成自适应控制功能。针对大 HALVM 中层次化代理的位置和功能如何动态配置和管理的核心问题,本文提出了一个基于共享丢失模型的代理自组织协议 SL-SOAP(Shared Loss based Self-organized Agent Protocol),其协议的核心是如何动态产生、维护和消除动态代理以适应大型分层视频组播系统成员和拓扑规模的动态变化,使得系统的整体效能达到最优。

2 HALVM 自适应体系

2.1 HALVM 概述

根据大型视频组播网络的包丢失相关性和速率分布相关性,文[3]分析和研究了大型分层视频组播系统整体效能层次化模型,提出了大型分层视频组播系统整体效能分布优化求解算法 OptUtility 算法,并将该算法分解为以下两个基本求

王 晖 博士,教授,主要研究方向为信息系统工程,多媒体信息网络技术。沙基昌 教授,博士生导师,主要研究方向为国防系统分析。姜志宏 博士生,讲师,主要研究方向为信息系统工程,多媒体信息网络技术。陶 钧 博士生,主要研究方向为多媒体信息网络技术。孙 晓 博士生,主要研究方向为多媒体信息网络技术。

解问题:即第0层整体最大效能的求解问题,用 OptUtility-1 算法来实现;针对其他各个层次整体效能之和最大值的求解问题,考虑到相邻两个层次与同一视频组播会话相关的瓶颈链路带宽之间的约束性,提出一个基于层次化代理的分布优化求解方法,用 OptUtility-2 算法来实现。依据大型分层视频组播系统整体效能层次化模型与分布优化求解方法,文[3]提出了基于自组织代理的大型视频组播层次化自适应体系 HALVM。HALVM 综合了各类视频组播应用自适应方法的优点,在视频组播会话发送端、动态层次化代理和接收端都嵌入了自适应机制,并通过动态代理自组织协议构成了完整的可扩展层次化自适应体系。在 HALVM 的层次化代理中,可以将接收的多个层次视频组播流进行混合,再根据要求快速生成新的分层视频组播流,这就要求能够对接收的增强层数据,根据其下流接收者的接收性能,按照率失真优化的方式进行截断,以保证其下流接收者接收到较佳的视频质量,且视频播放较平滑。根据这一要求,文[4]研究并提出了率失真优化的 MC-EZBC 转换编码算法 OpTrans 的码率控制优化要求和联合率失真目标函数,提出了 OpTrans 的联合率失真求解方法。

2.2 层次化代理的逻辑构成

在 HALVM 中,层次化代理是由几个能够协同完成自适应任务的算法进程组成的。其中,运行 OptUtility-2 算法的 OU-2 进程根据多个视频组播会话反馈的接收者接收性能以及瓶颈链路带宽测算算法计算出的瓶颈链路带宽,计算出通过该瓶颈链路的各个视频组播会话的最大化带宽分配方案,并按照给定的视频组播会话分层数量,计算出各个视频组播会话各个层次的最优发送速率。对应每个视频组播会话的代理 OT 进程运行 OpTrans 算法,从 OU-2 进程获得该会话的分层数量以及各个层次最优发送速率,将上流来的视频组播会话各个层次数据流通过 RTP 混合器形成的混合速率为 R 的接收视频流,按照率失真最优进行层次速率分配,并按照分配给各个层次的组播地址将各个层次数据流发送出去。

层次化代理自适应机制的运行是以一个瓶颈链路的代理自组织过程为周期。自组织代理逻辑上主要由通过某瓶颈链路的各个视频组播会话的代理 OT 进程和一个负责瓶颈链路带宽分配的 OU-2 进程组成。自组织代理协议的实质就是如何自适应组织各个瓶颈链路代理的各个逻辑组成单元,主要是一个 OU-2 进程和多个代理 OT 进程。

3 共享丢失模型

3.1 共享丢失的概念

视频组播会话的数据包沿视频发送源为根的组播分发树传输,其接收者构成组播树的叶子节点,路由机构成组播树的内部节点,链路构成组播树的边。若一个数据包在组播树中的某个链路被丢弃,则在共享该链路的所有子树中的所有下流接收者都将收不到被丢弃的数据包。因此,所有属于该链路上流的接收者的丢包信息存在相关性,以此相关性可以推算出组播树的逻辑拓扑结构。

所谓组播树的逻辑结构是指由原始组播树的所有叶子节点和原始组播树中离所有下流节点最近的公共祖先节点组成的组播树结构。在原始的组播树中,逻辑树的任何一个分支都可能是由一组链路组成的。

逻辑组播树根据接收者的丢包信息采用自底向上的方法进行推算,其原理是:假设两个接收者具有真正的共享丢失,

则可以将它们聚合形成一个上级节点,再将聚合的节点当作普通的接收者进一步与别的接收者进行聚合,直到所有的接收者进入此树。

3.2 真共享丢失的计算模型

逻辑组播树形成的关键就是找到具有真正的共享丢失的接收者集合。仅从两个接收者的丢包信息来推断共享丢失的包可能会出现伪共享丢失情况,针对这一问题,文[7]中提出了利用丢失概率来分辨真假共享丢失的方法,由此引出了以下真共享丢失的计算模型。

1)假设在某个时间间隔内,组播树有 N 个接收者,从 N 个接收者中任意挑选两个接收者 I 和 J ,它们分别具有丢失数据包历史 L_i 和 L_j ,发送者共发送数据包 M 个; I 和 J 共享从发送者到它们最近共同祖先的路径, p_{ij} 为它们共同丢失包的概率,即真实丢失包的概率, p_i 为从最近共同祖先到 I 丢失包的概率, p_j 为从最近共同祖先到 J 丢失包的概率,以上假设如图 1 所示。

2)基于以上假设,可以推算以下公式:

(1)设接收者 I 和 J 的共享丢失概率(不管真假)为 p_{ij} , 则

$$p_{ij} = p_{ij} + (1 - p_{ij}) p_i p_j \quad (1)$$

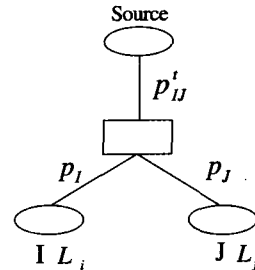


图 1 共享丢失计算模型示意图

(2)设接收者 I 检测的丢失而在 J 检测中未丢失概率(不管真假)为 p_{ij} , 则

$$p_{ij} = (1 - p_{ij}) p_i (1 - p_j) \quad (2)$$

(3)设接收者 J 检测的丢失而在 I 检测中未丢失概率(不管真假)为 p_{ji} , 则

$$p_{ji} = (1 - p_{ij}) p_j (1 - p_i) \quad (3)$$

(4)由以上三个等式,可以推算以下公式:

$$p_{ij} = \frac{p_{ij} p_{ji} + p_{ij} p_{ij} + p_{ji} p_{ji} + p_{ij}^2 - p_{ij}}{p_{ij} + p_{ji} + p_{ij} - 1} \quad (4)$$

$$p_i = \frac{p_{ij}}{1 - (p_{ji} + p_{ij})} \quad (5)$$

$$p_j = \frac{p_{ji}}{1 - (p_{ij} + p_{ij})} \quad (6)$$

让 $L_{ij} = L_i \cap L_j$, 则 $|L_{ij}|$ 表示接收者 I 和 J 检测的共同丢失包的数目;同样, $|L_{ij}|$ 表示接收者 I 检测丢失而 J 检测未丢失包的数目; $|L_{ji}|$ 表示接收者 J 检测丢失而 I 检测未丢失包的数目;则有

$$p_{ij} = |L_{ij}| / M, p_{ji} = |L_{ji}| / M, p_{ij} = |L_{ji}| / M \quad (7)$$

4 代理自组织协议 SL-SOAP 的设计

基于以上共享丢失模型,本文设计了一个大型分层视频组播的代理自组织协议 LS-SOAP。

4.1 SL-SOAP 协议模型

在描述 SL-SOAP 协议之前,先介绍一下 SL-SOAP 协议的模型。

1) SL-SOAP 协议为每个视频组播会话设置一个运行 OpTrans 算法的代理 OT 进程;为每个瓶颈链路设置一个运行 OptUtility-2 算法的 OU 进程,并假设这两个算法程序可以从周知的视频组播会话管理服务器 SMS 下载并自动运行。

2) 假设 cg 是一个众所周知的组播地址,视频组播系统中的代理进程之间以及代理进程与接收者之间可以利用该地址交换控制报文。每个代理进程和接收者都监听该地址。

3) 假设视频组播系统的所有参与者,包括发送者、接收者和路由器都支持网络时间协议 NTP。

4) 假设一个接收者同时只能加入一个视频组播会话。

5) 假设一旦瓶颈链路发生拥塞,其下流的所有接收者可同时检测到丢包现象,并假设从接收者检测到包丢失现象开始,SL-SOAP 协议开始启动,到该瓶颈链路下流的所有接收者的包丢失在容忍度以内。

6) 因 OptUtility-2 算法和 OpTrans 算法的计算复杂度不是很高,假设所有的接收者都有同时完成一个 OptUtility-2 算法和一个 OpTrans 算法的处理能力。

7) 假设视频组播会话管理服务器 SMS 具有组播树拓扑发现功能,当出现瓶颈链路时,SMS 可以直接从路由器获得通过某个瓶颈链路的视频组播会话及其数量状况。

4.2 SL-SOAP 协议描述

在一个 SL-SOAP 协议运行周期内,SL-SOAP 协议主要完成三个阶段的工作。

第一阶段:各个视频组播会话通过某个瓶颈链路时,丢失组代表选择与丢失组形成阶段。该阶段各个视频组播会话主要从丢失的接收者中选择出一个代表,由它与同一视频组播会话其他检测到包丢失的接收者通过共享丢失模型确定属于同一瓶颈链路下的丢失组。

第二阶段:OU-2 进程位置选择阶段。该阶段由通过某个瓶颈链路的各视频组播会话丢失组代表利用视频组播会话管理服务器,在瓶颈链路上流共同选择一个能够运行 OU-2 进程且离丢失组代表最近的接收者作为 OU-2 进程位置,各视频组播会话的丢失组代表将所代表组的接收者信息发送给 OU-2 进程,由 OU-2 进程进行整体效能最大化计算,得出各个新的视频组播会话的最优带宽分配方案,并发送给各个丢失组代表。

第三阶段:通过某个瓶颈链路的各视频组播会话代理 OT 最优位置选择与同步切换阶段。该阶段由各视频组播会话的丢失组代表根据 OU-2 进程的计算结果,分别选择一个能够运行代理 OT 进程、输出带宽满足要求且离丢失组代表最近的接收者作为代理 OT 进程的位置,各个视频组播会话的接收者完成向新的视频组播会话的同步切换,直至接收者不再检测到超过容忍度的丢包现象。

4.2.1 丢失组代表选择与组形成

1. 丢失组代表选择

假设在某个视频组播会话的 N 个接收者中有 M 个接收者检测到有超过其容忍程度的丢包,其丢失记录集合为 $K = \{LP_i, i \in \{1, 2, \dots, N\}, |K| = M\}$,并假设在该时刻,视频组播会话组播树中存在 J 个瓶颈链路。 M 个接收者的 SL-SOAP 实体都启动一个 OU-2 进程申请报文(OU-2 request message)的发送定时器,定时时间长度与各个接收者到发送源的距离成正比关系。这样,最早超时并发送 OU-2 进程申请报文的接收者是最靠近某个瓶颈链路的接收者,且数据包丢失最少,它就是该视频组播会话在某个瓶颈链路下流的最理想

丢失组代表,也是 OU-2 进程申请报文的发起者。组丢失记录等于该丢失组代表的丢失记录。假设通过该视频组播会话第 j 个瓶颈链路的组代表为 $R_j^i, 1 \leq j \leq J$,该组代表发送的 OU-2 进程申请报文包含该组代表的丢失记录、视频组播会话地址、组代表 IP 地址和该报文的发送时间戳。一旦超时,OU-2 进程申请报文就被组播到 cg 控制信道上。

2. 丢失组形成

假设在以上视频组播会话的 M 个接收者中, $\forall R_i \in (K - \{R_1^i, R_2^i, \dots, R_J^i\})$, R_i 接收到第 j 个组代表发送的 OU-2 进程申请报文后,按照真实共享丢失计算公式(4),计算 R_i 与 R_j^i 的真实共享丢失概率 p_{R_i, R_j^i} ,直到所有 J 个真实共享丢失计算完毕后,可同时通过比较获得最大的一个,记为 $p_{R_i, R_j^i} = \max(p_{R_i, R_1^i}, p_{R_i, R_2^i}, \dots, p_{R_i, R_J^i}), 1 \leq j' \leq J$,则 R_i 与 R_j^i 属于同一丢失组,共享同一个瓶颈链路, R_i 记录下 R_j^i 的 IP 地址,同时,取消其 OU-2 进程申请报文的发送定时器;否则, R_i 与 R_j^i 不属于同一丢失组,其定时器继续工作。SMS 收到各个丢失组代表发送过来的 OU-2 进程申请报文,将自动记录下该组代表 IP 地址以及它所代表的视频组播会话地址,并自动分配一个新的视频组播会话地址和端口号,形成一个新会话地址分配报文(New session address message),在 cg 控制信道上进行通告,该报文将包括丢失组代表 IP 地址以及新的视频组播会话地址和端口号,对应的组代表和组成员通过匹配报文中的组代表 IP 地址,获得新的视频组播会话地址与端口号。

3. 各组接收者性能报告

各个丢失组的接收者在获得新的视频组播会话地址和端口号后,将自动侦听该组播地址和端口号,而丢失组代表在获得新的视频组播会话地址和端口号后,将以 RTP/RTCP 会话方式在新的组播地址上发送一个组内接收者性能查询报文(Group receiver capability querying message),组内接收者收到该查询报文后,将自己的接收性能形成性能报告报文(Group receiver capability response message)通过 RTCP RR 发送给组代表,若该接收者同时又是代理 OT 进程的执行者,则它同时将代理的会话接收者分组后的性能信息发送给组代表。组代表收到该组接收者的性能报告报文,形成组内所有接收者接收性能信息。

4. 示例

(1) 组形成拓扑结构示例

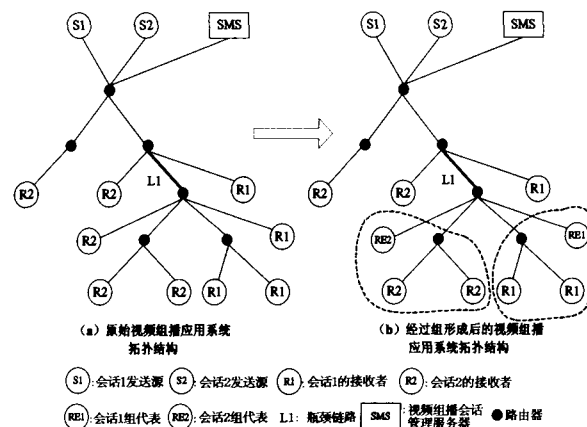


图 2 SL-SOAP 协议组形成拓扑结构示例

为了形象地说明丢失组代表的选择和丢失组形成,可以用图 2 所示的拓扑结构进行示例。图中视频组播应用系统由

两个视频组播会话组成,出现瓶颈链路后,通过该瓶颈链路的两个视频组播会话各自选择一个丢失组代表,并形成各自的丢失组(用虚线表示)。

(2)组形成阶段协议报文交换流程示例

为了更好地理解 SL-SOAP 协议,第一阶段 SL-SOAP 协议报文的交换流程如图 3 所示。

4.2.2 OU-2 进程位置选择

1. 同一瓶颈链路下各组代表选择 OU-2 进程位置

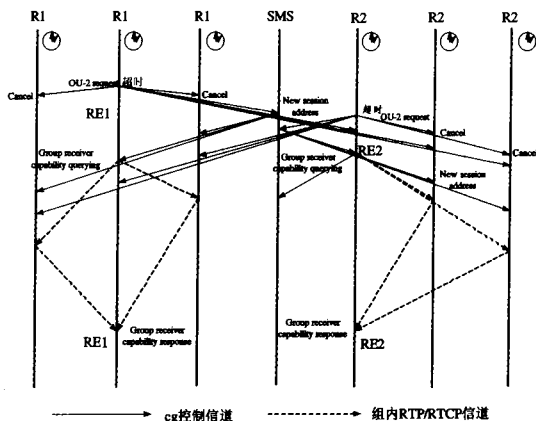


图 3 组形成阶段报文交换流程示例

OU-2 进程的理想位置应是其代理的瓶颈链路上流具有较高带宽且离瓶颈链路最近的接收者。可以利用 SMS 的拓扑发现服务来确定 OU-2 进程的位置。

因由通过某个瓶颈链路的某个视频组播会话的组代表发送的 OU-2 进程申请报文组播到 cg 控制信道,在丢失组代表所属瓶颈链路上流必然能够找到一个或多个数据包丢失率在正常容忍度范围内的接收者,这些接收者的 SL-SOAP 实体将启动一个发送 OU-2 进程响应报文(OU-2 response message)的定时器,定时时间长度与该接收者到丢失组代表的距离成正比关系,OU-2 进程响应报文将携带发送该报文的接收者 IP 地址、代理的视频组播会话地址和发起 OU-2 进程申请报文的组代表 IP 地址,其中,视频组播会话地址和发起 OU-2 进程申请报文的组代表 IP 地址从 OU-2 进程申请报文中获得。当距离最短的接收者超时后,发送 OU-2 进程响应报文,其他启动了 OU-2 进程响应报文发送定时器的接收者收到该响应报文,将自己的视频组播会话地址和组代表地址与 OU-2 进程响应报文包含的视频组播会话地址和组代表地址进行对比。若相同,则取消定时器,否则,继续定时。

2. SMS 选择 OU-2 进程位置

发送 OU-2 进程申请报文的组代表收到对应的 OU-2 进程响应报文后,将利用 TCP 协议向 SMS 发送 OU-2 进程位置选择申请报文(OU-2 position request message),该报文将携带视频组播会话地址、该组代表地址和该组选择的 OU-2 进程地址。SMS 收到该报文,将根据视频组播树拓扑发现信息获知处于同一瓶颈链路下流的组代表以及视频组播会话信息,并从各组选择的 OU-2 进程位置中确定一个作为该瓶颈链路的 OU-2 进程位置,然后利用 TCP 协议向同一瓶颈链路下的所有组代表和选择的 OU-2 位置发送 OU-2 进程位置选择响应报文(OU-2 position response message),该报文中将通告选择的 OU-2 进程位置 IP 地址和代理的所有视频组播会话地址。

3. OptUtility-2 算法程序下载与 OU-2 进程运行

处于同一瓶颈链路下的组代表收到 OU-2 进程位置选择响应报文后,将立即利用 TCP 协议向 OU-2 进程位置发送组所有接收者性能信息报文(Group receivers info message),同时,选择的 OU-2 进程将从周知的视频组播会话管理服务器 SMS 下载 OptUtility-2 算法程序。这时,OU-2 进程运行 OptUtility-2 算法程序,得到各个视频组播会话的最优带宽分配以及各个会话最优的分层发送速率,并利用 TCP 协议向各个组代表发送最优分配响应报文(OU-2 optimal allocation message)。

4. 示例

(1)OU-2 进程位置选择拓扑结构示例

OU-2 进程位置选择拓扑结构如图 4 所示。

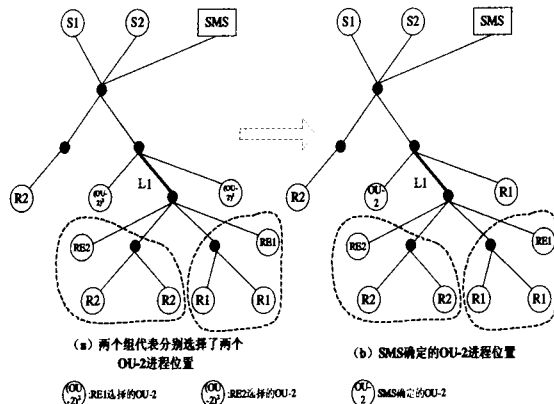


图 4 OU-2 进程位置选择拓扑结构示例

(2)OU-2 进程位置选择阶段协议报文交换流程示例

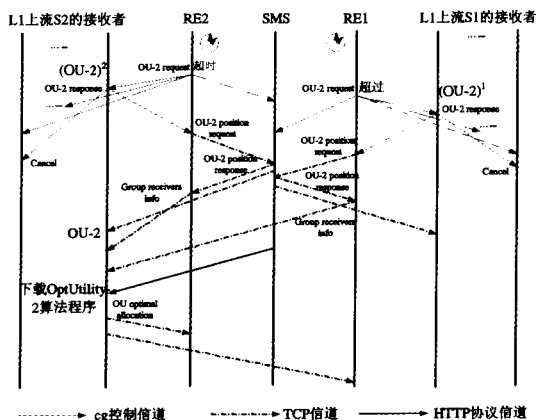


图 5 OU-2 进程位置选择阶段报文交换流程示例

4.2.3 代理 OT 进程最优位置选择与同步切换

1. 代理 OT 进程最优位置选择

通过某个瓶颈链路的各个视频组播会话组代表收到最优分配响应报文,立即将代理 OT 进程申请报文(OT request message)组播到 cg 控制信道上,并同时从 SMS 上下载 OpTrans 算法程序。代理 OT 进程申请报文携带新的视频组播会话地址和端口号、组内所有接收者数量、分层数量以及各层最优的发送速率等信息。在丢失组代表所属瓶颈链路上流将至少有一个接收者进行应答,丢失组代表根据应答者情况,按照最优代理 OT 进程定位策略找到一个最优的代理 OT 进程位置。在有多个接收者选择的情况下,确定最优的代理 OT 进程位置的方法就是各个最优候选者启动代理 OT 进程响应报文发送定时器,定时时间长度与该接收者离丢失组代

表的距离和接收性能之和成反比,则丢失组代表距离较近且接收性能较大的接收者定时器最先超时,并从代理 OT 进程申请报文中获得新的视频组播会话地址和端口号、组内所有接收者数量、分层数量以及各层最优的发送速率等信息,然后利用 cg 控制信道组播发送代理 OT 进程响应报文,该报文携带原始的视频组播会话地址、新的视频组播会话地址和端口号、代理 OT 进程所在接收者 IP 地址、分层数量以及各层最优的发送速率等信息。其他最优候选者收到该报文,比较原始的视频组播会话地址,若相同,则取消定时器,否则,继续定时。

2. 新视频组播会话同步切换

各个丢失组内接收者(包括丢失组代表)收到代理 OT 进程响应报文后,获得新的视频组播会话地址和端口号、代理 OT 进程所在接收者 IP 地址、分层数量以及各层最优的发送速率等信息,则主动退出加入的原始视频组播会话,并利用 TCP 协议向代理 OT 进程发送会话切换准备就绪报文(Session switching ready message)。代理 OT 进程将依次收到组内各个接收者发送的组播会话切换准备就绪报文,等待组内全部接收者的准备就绪报文收到后,将根据最优分配方案,开始向新的视频组播组发送经 OpTrans 算法程序控制的数据包,并同时组播代理组播会话切换命令报文(Session switching command message),组内每个接收者接收到该命令报文开始加入新的组播组。

各个丢失组的所有接收者都完成视频组播会话的切换后,经过一个延迟 T_{ds} 后,该瓶颈链路的拥塞现象将被消除,经过该瓶颈链路的视频组播会话将处于稳定状态。

3. 示例

(1)代理 OT 进程最优位置选择拓扑结构示例

代理 OT 进程最优位置选择拓扑结构如图 6 所示。

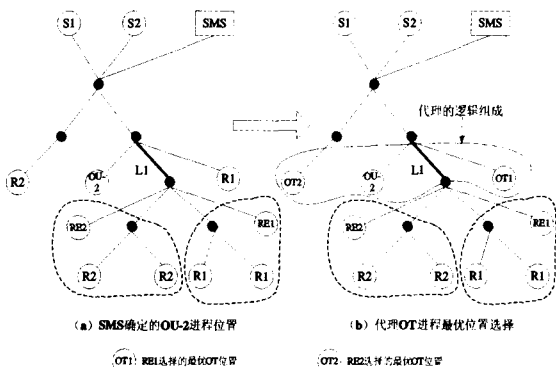


图 6 OT 进程最优位置选择拓扑结构示例

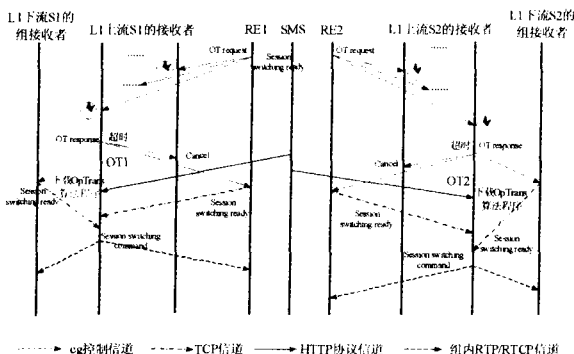


图 7 OT 进程最优位置选择与同步切换报文交换流程示例

(2)代理 OT 进程最优位置选择与同步切换阶段协议报

文交换流程示例

第三阶段 SL-SOAP 协议交换报文流程如图 7 所示。

4.2.4 接收者加入与退出

新接收者加入组播会话,将引起视频组播树的成员变化。当加入时,它必须知道它所在的网络是直接接收发送者的视频流,还是接收代理 OT 进程发送的视频流。为此,该接收者需探测其网络邻居的接收情况。本文采用扩展环搜索算法 ERS(Expanding ring search)将组播会话探测报文(Session request message)组播到 cg 控制信道上,并利用组播探测报文的生存时间 TTL 限制探测报文的到达区域。探测报文到达的区域若有发送者或代理 OT 进程,将发送探测应答报文(Session response message),以告知接收者应加入的视频组播会话地址。会话探测报文先用小的 TTL 值,然后逐渐加大,直到有应答者出现。若新加入的接收者加入某个视频组播会话后,引起它所在的局部区域发生严重的丢包现象,则又重新进入一个新的 SL-SOAP 协议运行周期。

接收者退出代理 OT 进程所在组播组,组播路由协议将通知代理 OT 进程,当最后一个接收者退出时,代理 OT 进程将自动停止发送。

4.2.5 相关策略与算法

1. 最优 OT 代理定位策略

各个接收者在收到丢失组代表发送的 OT 代理申请报文后,申请报文中携带了该组代表的包丢失记录、原视频组播会话地址和新视频组播会话地址。要成为 OT 代理所在位置的必要条件有:①该接收者包丢失在丢失容忍度范围内;②该接收者所在的视频组播会话地址与申请报文中的原视频组播会话地址匹配;③该接收者的输出链路带宽必须满足最优分配方案确定的 OpTrans 输出速率要求。只有满足根据以上条件的接收者才能在新的视频组播地址上给组内所有接收者(包括丢失组代表)组播代理 OT 进程响应报文(OT response message),报文中携带发送时间戳,丢失组代表接收代理 OT 进程响应报文后,确定最优的代理 OT 进程位置存在三种可能性:

可能性一:只有一个满足以上条件,则它也就是最优的代理 OT 进程位置。

可能性二:没有满足以上条件的接收者,则直接确定发送源为最优代理 OT 进程位置。

可能性三:有两个以上的满足以上条件的接收者,确定最优者的策略是其中离丢失组代表距离较近且接收性能较大的接收者为优。

2. 距离的测算方法

SL-SOAP 协议需要测算以下距离:

(1)接收者要测算从自己到发送源的距离,由于支持 NTP 协议,该距离可以通过 RTP/RTCP 的时间戳来测算。

(2)接收者要测算从自己到丢失组代表的距离以及自己到代理 OT 进程的距离,该距离可以通过控制报文的时间戳来测算。

小结 本文提出的基于共享丢失模型的代理自组织协议 SL-SOAP 是一个完全分布的可扩展代理自组织协议。它在视频组播会话管理服务 SMS 的支持下,由检测到包丢失的接收者自行选择具有最小共享丢失的组代表,再由组代表结合 SMS 定位瓶颈链路的代理 OT 进程位置和 OU-2 进程位置,由此确定代理的动态逻辑构成。该协议已应用于基于组播的协同学习环境 WebLearning^[8]和远程视频监控系

WebEye^[9]中,进一步提高了大型分层视频组播系统的整体效能。

参考文献

- 1 Amir E, Mccanne S, Katz R H. An active service framework and its application to real-time multimedia transcoding. In: Proceedings of SIGCOMM '98, Vancouver, BC CANADA, Sept. 1998
- 2 Li X, Paul S, Pancha P, Ammar M H. Layered multicast with retransmission (LVMR): Evaluation of error recovery schemes. In: Proceedings of NOSSDAV '97, May 1997
- 3 王晖. 异构环境下大型自适应视频组播方法优化研究[D]:[博士学位论文]. 国防科学技术大学, 2005
- 4 Tao Jun, Wang Hui, et al. Rate-distortion Optimized Rate Allocation Scheme for MC-EZBC based Video Streaming. In: 8th IASTED International Conference on Internet and Multimedia

systems and Applications, 2004

- 5 Pan Yantao, Wang Hui, Wang Hongxia, et al. HSRM: A Hierarchical Scalable Reliable Multicast Model For Conferencing Control. In: 5th IEEE International Conference on High-Speed Networks and Multimedia Communications, 2002
- 6 Kouvelas I, Hardman V, Crowcroft J. Network Adaptive Continuous-Media Applications Through Self Organised Transcoding. In: Proc. Network and Operating System Support for Digital Audio and Video (NOSSDAV 98), 1998
- 7 Ratasamy S, Mccanne S. Inference of multicast routing trees and bottleneck bandwidths using end-to-end measurements. In: Proceedings IEEE Infocom '99, New York, NY, Mar. 1999
- 8 王晖, 姜志宏, 张军, 等. 一个基于 IP 组播的协同学习环境[J]. 计算机工程, 2002, 28(3): 230~233
- 9 王晖, 黄英君, 姜志宏, 等. 基于 IP 组播的多媒体远程监控系统 WebEye 的设计与实现[J]. 中国图象图形学报, 2001, 6(A): 1235~1239

(上接第 23 页)

间的权衡和考量。如何选择和设计一个适合语义 Web 服务组合的形式系统, 是语义 Web 服务组合的自动化中最核心、最根本的问题。目前的研究工作表明, 对现有的形式系统进行剪裁和整合是解决该问题的一个有效途径^[25~27, 29]。

结束语 语义 Web 服务组合的粒度可参照语义 Web 服务描述分为三个层次。第一个层次是在 Web 服务输入、输出参数的类型上进行服务组合, 该层次中的推理对象只涉及到 OWL 中的类(class), 语义 Web 刚好能满足它对推理能力的要求。第二个层次是在 Web 服务执行的前提条件和结果上进行服务组合, 该层次通常要借助于 OWL 之外的推理机制, 比如演绎规则系统, 但是 OWL 和演绎规则系统的结合常常导致服务组合算法不可判定。第三个层次是在 Web 服务外部行为上进行服务组合, 它所采用的方法或是借鉴或是直接取自服务验证领域的工作, 但是通常我们并不会单独地在这个层次上进行服务组合, 而是把它当作前面的两个层次上的服务组合方法的有效补充。

现有的形式系统各自有在计算复杂度和表达能力之间的权衡和考量, 并不完全适合语义 Web 服务组合自动化的需要。不管是从服务功能的角度, 还是从服务行为的角度, 对现有的形式系统进行剪裁和整合将是解决语义 Web 服务组合自动化的一个重要途径。

参考文献

- 1 McGuinness D L, van Harmelen F. OWL Web Ontology Language Overview. World Wide Web Consortium (W3C) Recommendation. February 2004. <http://www.w3.org/TR/owl-features/>
- 2 Constantinescu I, Faltings B, Binder W. Large Scale, Type-Compatible Service Composition. ICWS, 2004, 506~513
- 3 McIlraith S A, Son T C. Adapting Golog for Composition of Semantic Web Services. KR, 2002, 482~496
- 4 Sirin E, Parsia B, Wu Dan, et al. HTN planning for Web Service composition using SHOP2. J Web Sem, 2004, 1(4): 377~396
- 5 Baader F, Lutz C, Milicic M, et al. A Description Logic-based Approach to Reasoning About Web Services. WWW 2005 Workshop on Web Service Semantics
- 6 Salaün G, Bordeau X, Schaefer M. Describing and Reasoning on Web Services Using Process Algebra. ICWS, 2004, 43
- 7 Berardi D, Calvanese D, De Giacomo G, et al. Automatic Service Composition Based on Behavioral Descriptions. IJCIS, 2005, 14(4): 333~376
- 8 Rao Jinghai, Kungas P, Matskin M. Logic-based Web Services Composition: From Service Description to Process Model. ICWS, 2004, 446~453
- 9 Pistore M, Traverso P, Bertoli P, et al. Automated synthesis of executable web service compositions from BPEL4WS processes. WWW (Special interest tracks and posters), 2005, 1186~1187
- 10 Martin D, et al. OWL-S: Semantic Markup for Web Services. November 2004. <http://www.w3.org/Submission/OWL-S>

- 11 Battle S, Bernstein A, et al. Semantic Web Services Language. In: September 2005. <http://www.w3.org/Submission/SWSF-SWSL/>
- 12 de Bruijn J, et al. Web Service Modeling Ontology (WSMO). June 2005. <http://www.w3.org/Submission/WSMO/>
- 13 Fensel D, Motta E, van Harmelen F, et al. The Unified Problem-Solving Method Development Language UPML. Knowl Inf Syst, 2003, 5(1): 83~131
- 14 Horrocks I, et al. SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML. November 2003. <http://www.daml.org/2003/11/swrl/>
- 15 de Bruijn J, et al. Web Service Modeling Language (WSML). June 2005. <http://www.w3.org/Submission/WSML/>
- 16 Kifer M, Lausen G, Wu J. Logical Foundations of Object-oriented and Frame-Based Languages. J ACM, 1995, 42(4): 741~843
- 17 Grüninger M. A Guide to the Ontology of the Process Specification Language. R Studer, Staab S, eds. Handbook on Ontologies in Information Systems. Springer Verlag, 2003
- 18 Andrews T, et al. Business Process Execution Language for Web Services. May 2003. <http://www-128.ibm.com/developerworks/library/specification/ws-bpel/>
- 19 Kavantzias N, et al. Web Services Choreography Description Language. November 2005. <http://www.w3.org/TR/ws-cdl-10/>
- 20 Paolucci M, Kawamura T, Payne T R, et al. Semantic Matching of Web Services Capabilities. In: International Semantic Web Conference, 2002, 333~347
- 21 Li Lei, Horrocks I. A software framework for matchmaking based on semantic web technology. WWW, 2003, 331~339
- 22 Oh Seog-Chan, Lee Dongwon, Kumara S. A Comparative Illustration of AI Planning-based Web Services Composition. ACM SIGecom Exchanges, 2005, 5(5): 1~10
- 23 Cimatti A, Pistore M, Roveri M, et al. Weak, strong, and strong cyclic planning via symbolic model checking. Artif. Intell., 2003, 147(1-2): 35~84
- 24 Burch J R, Clarke E M, McMillan K L, et al. Symbolic Model Checking: 10²⁰ States and Beyond. In: LICS, 1990, 428~439
- 25 Motik B, Sattler U, Studer R. Query Answering for OWL-DL with Rules. In: International Semantic Web Conference, 2004, 549~563
- 26 Heymans S, Vermeir D. Integrating Description Logics and Answer Set Programming. In: PPSWR, 2003, 146~159
- 27 Heymans S, Van Nieuwenborgh D, Vermeir D. Extending Conceptual Logic Programs with Arbitrary Rules. Answer Set Programming, 2005
- 28 Lifschitz V. Answer set programming and plan generation. Artif Intell., 2002, 138(1-2): 39~54
- 29 Levy A Y, Rousset M C. Combining Horn rules and description logics in CARIN. Artificial Intelligence, 1998, 104(1-2): 165~209
- 30 Igarashi A, Kobayashi N. A generic type system for the Pi-calculus. In: POPL, 2001, 128~141
- 31 Davulcu H, Kifer M, Ramakrishnan I V. CTR-S: a logic for specifying contracts in semantic web services. In: WWW (Alternate Track Papers & Posters), 2004, 144~153
- 32 Grädel E, Thomas W, Wilke W. Automata, Logics, and Infinite Games: A Guide to Current Research [Outcome of a Dagstuhl seminar, February 2001]. Springer, 2002
- 33 Bellin G, Scott P J. On the Pi-calculus and Linear Logic. Theoretical Computer Science, 1994, 135(1): 11, 65
- 34 Avron A. The Semantics and Proof Theory of Linear Logic. Theoretical Computer Science, 1988, 57: 161~184