

一种基于 DVMRP 的路由器辅助可靠组播的方法研究^{*}

薛建生 王光兴

(东北大学信息科学与工程学院 沈阳 110004)

摘要 通过对 DVMRP(距离向量组播路由协议)的路由信息报告中保留位的有效利用,提出一种基于 DVMRP 的路由器辅助可靠组播协议(RARM)。不需引入额外流量,仅仅依靠正常的 DVMRP 路由交换来进行动态分层,以一种比较简洁的方式实现了 RARM 协议的基本思想,完成了经典可靠组播协议的全部功能。仿真模拟测试表明:该方案能有效地抑制反馈风暴,减少传输延时。

关键词 可靠组播,组播转发树,DVMRP,RARM

A Routing Assistant Reliable Multicast Method Based on DVMRP

XUE Jian-Sheng WANG Guang-Xing

(School of Information Science & Engineering, Northeastern University, Shenyang 110004)

Abstract This article provides a Routing Assistant Reliable Multicast method based on DVMRP by making use of reserved-bit in the router information reports of DVMRP. No superfluous communication quantity, only a easier method to delaminate dynamically though a normal routing switch of DVMRP, it implements the basis conception of RARM Protocol and all functions of classical Reliable Multicast Protocol. Simulator test has indicated that the project can restrain feedback storm availably and decrease some transmission delay.

Keywords Reliable multicast, Multicast forwarding tree, DVMRP, RARM

随着 NGN(下一代网络)的发展,一些基于组播的应用,例如数据分发、多媒体会议、网络游戏等都提出了可靠组播的传输要求,因此对可靠组播技术的研究十分迫切。而目前设计的可靠组播协议,一般是依靠传输层或应用层来实现的,并没有充分考虑网络组播树拓扑结构的信息,使组播的差错恢复及传输效率都受到影响。如何利用组播路由器中所存储的组播拓扑结构信息,在网络层的帮助下实现更有效的可靠组播,是路由器辅助可靠组播技术研究的重点。本文的研究工作是在对目前使用的 DVMRP(距离向量组播路由协议)进行分析的基础上,提出了利用协议中的保留位实现路由器辅助可靠组播(RARM)的方案,并在仿真环境下验证了本文方案的有效性和实用性。

1 基于 DVMRP 的 RARM 的方案设计

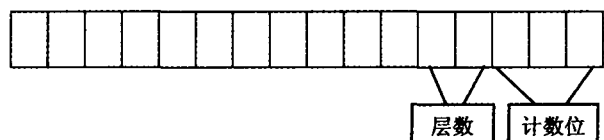
DVMRP 作为第一个真正得到普遍应用的组播路由选择协议,其路由信息报告格式如表 1 所示,其中有十六位保留位足以用来存放当前组播树的层次信息,本文对其末尾 5 位进行有效利用,其中前两位称为“层次位”(layer),后三位称为“计数位”(counter),如表 2 所示。方案要解决如下问题:

- 重传处理者(RP)的选定: DVMRP 先通过邻居发现建立邻接关系,邻居之间每 60 秒进行一次路由交换,利用正常的路由交换,在建立组播转发树的同时,依据本文定义的层次和计数信息建立整棵树动态层次关系,动态建立分层组播转发树,动态选定 RP。

表 1 DVMRP 路由报告消息格式

0	16	31
型 = 0X13	代码 = 0X2	校验和
预留	次版本	主版本
掩码 1 (三个字节)		SrcNet11
SrcNet11	度量值 11	SrcNet12
SrcNet12	度量值 12	掩码 2
掩码 2		SrcNet21
SrcNet21	度量值 21	掩码 3

表 2 DVMRP 路由报告消息格式保留位的利用



- 重传请求的发送: 在发送组播数据的过程中,由接收方进行数据检测和重传申请。发送方对发送的数据进行编号,如果接收方收到的数据编号大于自己期望的数据编号,则认为发生了数据丢失,接收方发出 NACK 重传请求。

- 重传请求的处理: 由在层次组播树中选定的 RP 进行收集、处理和恢复。重传请求沿着组播转发树传给位于“树根”的组播源,沿途必将经过选定的重传处理者 RP, RP 收集该子树下的重传请求报文后,查找自己是否缓存了请求的数据,若缓存有该数据,就销毁所有重传报文并根据报文的数量

^{*} 国家高技术研究发展计划基金资助项目(2002AA784030)。薛建生 博士研究生,教授,研究方向:计算机网络;王光兴 教授,博士生导师。

以及对服务质量的要求决定以单播或组播方式进行重传恢复;若没有缓存该数据就将所有的重传请求报文汇集成一条重传申请发给组播源。

层次树上的所有 RP 都依次进行相应的处理,从而有效实现了分层恢复,避免了“反馈风暴”。此外,每层的 PR 还可以根据自己的缓存和重传请求的情况决定重传或抛弃来自上游的重复报文。

2 RARM 层次树建立及重传处理 RP 选择的算法描述

根据 layer 与 counter 值建立层次关系的规则如下:

(1)第一次路由交换时,每个路由器发出的 report 中的 layer 与 counter 的初始值都为零。

(2)以后的路由交换中,layer 与 counter 的值依据其下游接口传来的 reports 信息而改变:

$counter = \text{Max}\{counter[1], counter[2], counter[3], \dots\} + 1$; (规定 $111+1=000$)

$layer = \text{Max}\{layer[1], layer[2], layer[3], \dots\}$;

若 $counter=111$,则 $layer=layer+1$;

其中 $counter[i]$ 与 $layer[i]$ 分别为 reports 中的 counter 与 layer 的值。

(3)经过计算后,counter 值为 111 的路由器成为一个 RP,并根据 layer 的值设定缓存数据的时间,恢复数据包的 TTL 值= $8 * layer$ 。

(4)在路由交换过程中,无论是来自上游接口还是下游接口的 report,只要其 $counter=111$,则说明该接口连接的路由器是一个 RP,要将自己缓存中的数据单播给该邻居并且立即释放缓存。

这样,组播树中的每个路由器就可以根据计算后的 Layer 与 Counter 值来了解自己在组播转发树中的层次位置。

3 方案实行性能分析

整个 Internet 分成许多个自治系统,自治系统之间使用域间组播路由协议,而自治系统内部使用域内组播路由协议。DVMRP 作为第一个得到普遍应用的域内组播路由协议,规定了其最大跳数是 32,即最大 TTL=32。因为本文将 Layer 值设为两位,Counter 值设为三位,故可将网络分为 4 层,每层 8 跳,最多可以形成 R 个本地重传区域(每个区域都以各自的 RP 为根,向下最多包括 8 跳的范围)。 $R=R_1 + R_2 + R_3 + R_4$ (R_i 为每层的 RP 的数量,即每层的重传区域的个数, $R_1 = 1$)。现在,以一个单数据源的数据分发应用为例进行分析:

设:组成员的数量为 N ;组播树上每层的 RP 数量为 R_i ,即每层有 R_i 个重传区域,每个域中的平均成员数为:

$$K = \frac{N}{\sum_{i=1}^n R_i} \quad (1 \leq n \leq 4);$$

一个数据包在每层(8 跳范围内)正确到达组成员或下一层 RP 的概率为 P ;

第 i 层正确到达的概率为: P^i

在不分层情况下组播源接收到的 NACK 数量为:

$$K * \sum_{i=1}^n R_i * (1 - P^i) \quad (1 \leq n \leq 4);$$

在本文方案下组播源接收到的 NACK 数量为:

$$(K + R_2) * (1 - P);$$

每层 RP 收到的 NACK 数量为: $(K + R_{i+1}) * (1 - P^i)$;

通过以上计算可见,网络中 NACK 的流量大大减少了,组播源的负载得到减轻,通过优先使用本地恢复,使得恢复数据包的延迟减小。

4 在仿真环境下进行模拟测试

4.1 模拟网络的应用背景,拓扑结构及参数设置情况

整个网络用来模拟一个数据分发应用,有唯一的组播源,整个网络范围为 10000 米,每层的跨度为 1000 米,层 1 (Layer1)内部组播树的拓扑结构如图 1 所示。

每个子网代表一个重传区域, S 表示组播源, R 表示该路由器为重传处理者, T 表示组成员,整个网络的参数设置情况如下:

(1)子网数= 10;每个重传区域中组成员数 = 5;

(2)组播源的发包速率:满足泊松分布,平均值 = 1packet/s;

(3)组播源的发包大小:65535Byte/packet;

(4)子网间链接线路:PPP_DS3, Data Rate: 44.736Mbps;

(5)子网内链接线路:PPP_DS1, Data Rate: 1.544Mbps;

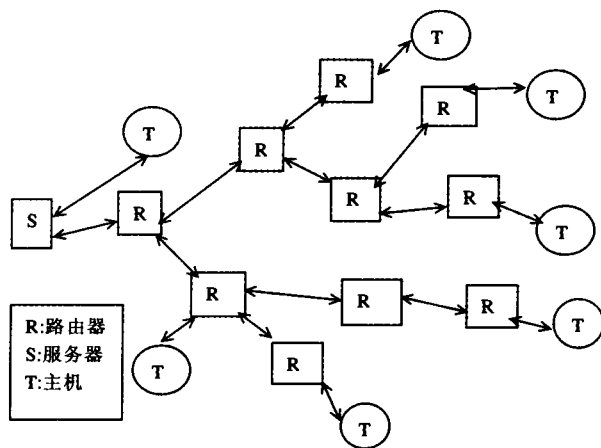


图 1 Layer1 内部组播转发树结构图

(6)本地路由器与组成员之间链接线路:100Based T 双绞线, Data Rate: 100Mbps;

(7)每个组成员或 RP 丢包的概率:1/1000;仿真时间: 0.5 小时;仿真次数: 30。

4.2 仿真结果比较分析

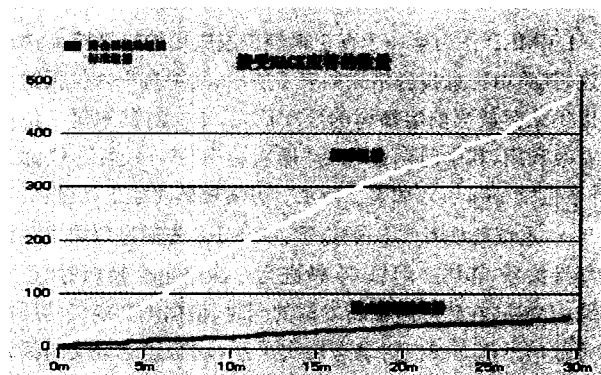


图 2 组播源收到的 NACK 的数量

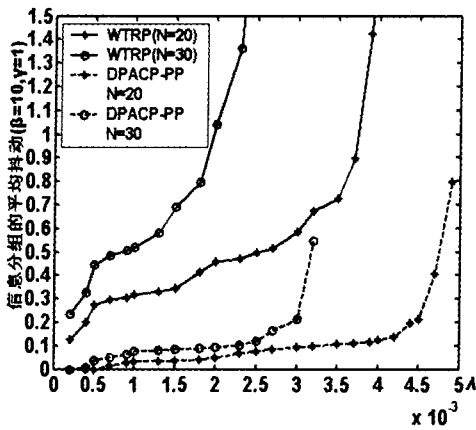


图7 对等方式平均抖动随N变化图

结束语 本文针对分布式并行服务器 Ad hoc 网络,提出了混合服务规则的分布式并行 MAC 协议 DPACP,并根据应用环境,给出了 2 种网络服务模型和控制机制,即 AP 工作方式 DPACP-AP(对称系统)和对等工作方式 DPACP-PP(非对称系统),并对两个系统进行了分析。实验表明,DPACP 能够有效地使用有限的带宽,满足不同业务、不同性质节点的 QoS 需求,效果良好。其平均等待时延和平均排队队长、平均抖动比 WTRP 系统提高很大,从而使 DPACP 系统队节点缓冲区的要求压力比 WTRP 大大降低,稳定性能较之 WTRP 也大幅度提高。但是,由于对应用于分布式并行 Ad hoc 服务器网络中的控制策略的理论分析涉及到寻求 N 维随机变量的最大值的过程,整个系统的数学模型异常复杂,本文仅在一定的假设条件下进行了分析,其基本理论模型的建立还处于摸索阶段。今后将考虑具体的实现环境和公平性,建立各种服务

(上接第 24 页)

从图 2 中可以清楚地看出,依据本协议组播源所收到的 NACK 的数量大约减少到在标准 IP 组播情况下的 1/8,从而使得组播源的负载减轻,有效地避免了“反馈风暴”。本文只建立了 10 个重传区域,如果建立更多的重传区域,则减少的比例将更大。

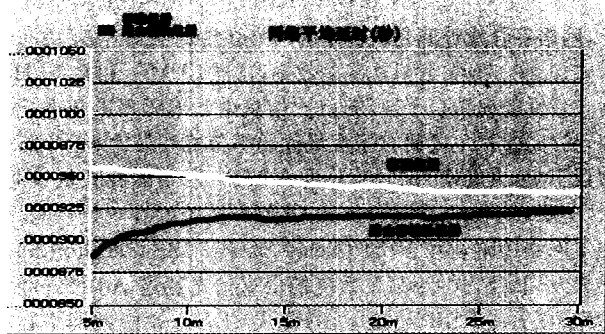


图3 网络的平均延迟

从图 3 中可以清楚地看到,依据本协议网络的平均延迟也有所减少。这是由于重传处理者的有效选择,使得大部分的重传操作都由 RP 来完成,重传的路径较近,即使本 RP 没有缓存该数据,它也会使得下游相同 NACK 的数量减为一

方式下合理的统一的理论模型,同时将进一步研究分布式并行服务器在 Ad hoc 网络中实现多业务服务时的性能,研究接入 Internet 网络可能遇到的相关问题(如安全、优化寻径等)。

参考文献

- 1 Bharghavan V. Performance evaluation of algorithms for wireless medium access. Proc IEEE Performance and Dependability Symposium'98, Raleigh, NC, 1998
- 2 Tang Z, Garcia-Luna-Aceves J J. Hop-reservation multiple access (HRMA) for ad-hoc networks. In: IEEE INFOCOM'99, New York, March 1999, 194~201
- 3 单志广,林闯,肖人毅,等. Web QoS 研究综述. 计算机学报, 2004 (2): 145~156
- 4 刘心松. 具有分布式并行 IO 接口的分布式并行服务器系统的性能研究. 电子学报, 2002(12): 1808~1810
- 5 Garces R, Garcia-Luna-Aceves J J. Collision avoidance and resolution multiple access for multichannel wireless networks [A]. IEEE INFOCOM'2000. Tel Aviv, Israel, March 2000, 595~602
- 6 JOA-NG M, LU I. Spread spectrum medium access protocol with collision avoidance in mobile ad-hoc wireless networks [A]. In: IEEE INFOCOM'99, NY, March 1999, 776~783
- 7 Li Jiandong, et al. User-dependent perfect-scheduling multiple access(UPMA) for wireless internet access. Future Telecommunications Forum. Beijing; Beijing University of Posts and Telecommunications, 1999, 59~63
- 8 Li Jiandong, et al. User-dependent perfect-scheduling multiple access(UPMA) for wireless ad hoc Internet access. In: Proc. WCC 2000/ICCT 2000, Beijing; Publishing House of Electronics Industry, 2000, 1714~1717
- 9 张文柱,李建东,刘凯. 依据用户妥善安排的多址接入协议在分布式无线网络中的性能研究. 电子学报, 2002, 30(6): 1175~1179
- 10 刘凯,李建东,翁继伟. 移动分布式无线网络中具有 QoS 保证的 UPMA 协议. 电子与信息学报, 2003, 25(3): 370~376
- 11 Ergen M, Varaiya P, Walrand J. WTRP-wireless token ring protocol. http://www.eecs.berkeley.edu/wtrp, 2002, 12~108
- 12 Sharon O, Altman E. An efficient polling MAC for wireless LAN. IEEE/ACM Trans Networking, 2001, 9(4): 439~451

个,从而使得网络总负载减轻。

结论 仿真实验证明:本文方案能够在不引入额外流量的情况下,依据正常的 DVMP 路由交换来进行分层和选定 RP,从而使得分层的过程与 RP 的选定能够充分与当前组播转发树的拓扑情况相结合,有利于快速适应组播转发树结构的变化。从功能上看,它在很好地实现可靠组播的同时,又具有一般分层可靠组播协议的基本特点,如能够抑制“反馈风暴”和减少网络延迟等。但该方案对路由器的存储与计算功能要求较高,同时在路由初始建立分层的时间比较长,这方面需要作更多的优化研究。

参考文献

- 1 潘晏涛,王晖,等. 可靠组播协议的比较研究[J]. 计算机工程与应用, 2003, 6: 165~168
- 2 Williamson B. Developing IP Multicast Networks (Volume 1) [M]. 北京:电子工业出版社, 2000. 6
- 3 岩延,郭江涛. 组播路由协议设计及应用[M]. 北京:人民邮电出版社, 2002. 10
- 4 Zhang Q, Leung Y. An Orthogonal Algorithms for Multimedia Multicast Routing [J]. IEEE Trans on Evolutionary Computation, 1999, 3(1): 53~62
- 5 Gelenbe E, Ghanwani A, Srinivasan V. Improved Neural Neuristics for Multicast Routing [J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 1997, 15(2): 147~155