

主动网应用及发展状况分析*

温蜀山** 陈 远 李乐民 孙海荣

(电子科技大学宽带光纤传输与通信系统技术国家重点实验室 成都 610054)

【摘要】 介绍了主动网的体系结构,并对几种不同的体系结构进行了比较;分析了主动网的主要应用方向,包括网络管理、拥塞控制、多播和信息缓存;列举了为保障主动网的安全性必须考虑的几个关键技术问题,并对如何实现安全的主动网给出了一个建议的操作步骤。在总结主动网发展状况的同时,对一个自行设计的主动网远程测试系统进行了分析。

关键词 主动网; 主动分组; 主动节点; 安全性

中图分类号 TN913.24

传统的通信网络对网络内部的工作和用户的工作划分了明确的界限,网络仅负责在终端系统之间进行数据转发,并不对数据内容进行调整和改动。传统的数据转发方式限制了交换机及路由器等交换设备的能力,如果是分组交换网,主要的计算在于对分组头进行处理,如果是面向连接的网络,主要的计算在于执行信令协议。这种网络的内部处理机制仅限于路由、拥塞控制和 QoS(服务质量),可以视为“被动”网络。在“被动”网络中,新技术的应用往往要等待某种协议标准的制定,而这却是个漫长的过程,待标准出台时,可能已落后于用户的需求。如果能增强网络内部设备的计算能力,而不仅仅是被动地转发数据,则有望开辟新的应用前景。这些应用包括:防火墙、Web 代理、多播和移动代理等^[1]。对一些特殊的应用,用户也希望为网络定制具有针对性的程序。主动网的“主动”有两层含义:1) 交换设备对流经用户数据进行计算;2) 用户可以将程序注入网络,从而可定制更具针对性的处理过程。主动网中的交换设备之间以及交换设备和用户之间可以交换程序代码,这有利于提高网络的适应性和灵活性,大大地增强了网络的交互能力^[2]。此外,主动网也必须对安全性加以考虑。

1 主动网研究动态

国外于1995年就开始对主动网进行研究。DARPA 着眼点在于主动网的体系结构和主动分组的安全性。MIT 名为 Active IP Option 的研究项目将主动网系统直接构建在 IP 层。MIT 的另一项目——ANTS(Active Network Transport System)则提供了一个用 Java 语言编写的主动网模型。宾夕法尼亚大学和 Bellcore 开发了 SwitchWare 体系结构^[3],目前,他们正在开发称为 Caml 和基于服务管理层(SML)的主动网编程语言技术。哥伦比亚大学的 NetScript 侧重于编程语言的研究。BBN Technologies 的 Smart Packet 计划也在进行主动网编程语言、网络管理诊断和安全性的研究。目前国际上知名的主动网研究项目还有:亚里桑那大学的 Liquid Software 计划、哥伦比亚大学的 Delegation Paradigm、卡耐基-麦隆大学的 Darwin 工程、MIT 的 ARM(Active Reliable Multicast)和 MO、华盛顿大学的 DAN(Distributed code caching for Active Networks)等。

与国外相比,国内对主动网的研究开展得还不多。我们设计了一个用于远程测试的系统,将操作人员直接面对的计算机作为 Server,而将远端执行测试的计算机或测试仪器作为 Client,这样就可以 Client/Server 模式进行操作。为了在不同操作系统平台上运行,我们选用 Java 语言作为开发工具,同时,还借鉴了已广泛使用的 SNMP(简单网络管理协议)及其 MIB(管理信息库)的管理经

2000年5月18日收稿

* 电子部预研基金资助项目

** 男 25岁 博士生

验来设计典型的管理对象并进行测试。此外,还采用了不同的加密/解密算法以及管理人员的数字签名技术以提高安全性,将来还可以对有特殊要求的测试对象定制测试过程、管理方法及相应的安全性级别。

2 主动网体系结构

主动网中,如果把执行用户程序代码的网络设备统称为主动节点,则存在着三种体系结构,即主动分组模式、主动节点模式以及综合模式。

2.1 主动分组模式

早期的主动网多采用主动分组模式,将程序代码完全封装在主动分组内。由于要求程序代码具有自相容性以简化路由器包含的状态信息,因此代码的长度不能超过1 K 字节,也不允许对分组进行分段传送。为了实现不同主动网之间的互操作,DARPA(美国国防部高级计划研究局)开发了主动网封装协议 ANEP (Active Network Encapsulation Protocol),将程序代码先封装为 ANEP 分组,再封装为 IP 分组。为了确保程序代码的顺利执行,主动节点需要具备支持并发线程和划分共享内存的机制,这样可以为每个线程合理地分配内存空间,避免多个线程的相互干扰,并允许在一些线程中构造适当的数据结构,以便让其他的线程访问。另外,主动节点还需具备一个线程队列,用于拟订线程的执行顺序。鉴于安全性的考虑,主动节点中的 ANEP Demon 负责程序代码的接收和注入,并负责提供一个用以执行程序代码的虚拟机环境以加强其安全性,如果程序的执行权限超过了虚拟机允许的范围,将向程序源回发一个错误分组。

程序代码的封装可以有不同的方法,例如,可以利用 IP 协议规定的分组格式,将代码填入 IP 选项域,如图1所示。

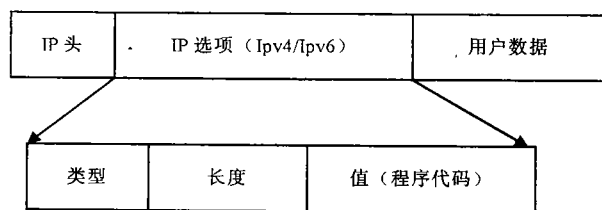


图1 程序代码的一种 IP 分组封装格式

2.2 主动节点模式

主动节点模式中,分组可以携带一系列标识符(为叙述方便,该分组也称主动分组,但不同于主动分组模式中携带完整程序代码的主动分组)。标识符用于指定待调用的函数,同时携带一系列有关参数以供调用。由于程序代码本身不能从分组中获得,因此将代码存放在“代码服务器”中,代码服务器具有公认的地址,可以向不同操作系统的主动节点提供函数库。

当新的应用出现时,只需把相应的程序代码添加到代码服务器中,主动节点便可下载。然而,

对于初次使用的程序,下载代码引起的时延可能导致网络性能有所下降。为了避免某些主动分组在网络中过久地停留,可在主动分组中的 TTL(Time To Live)域指定生存时间。

2.3 主动分组和主动节点的综合模式

综合模式借鉴了两种模式的优点,当代码较短时,由分组直接携带,就可避免下载代码的时延;当代码较长时,主动分组只携带代码的调用标识符和参数,就可避免冗长的分组。

同时,在主动网体系结构的研究中,除了需对执行效率和网络安全性加以考虑以外,还应考虑如何使现有的 IP 网络与主动网协调运行、功能互补及资源共享。

3 主要应用

主动网可以对现有的不少应用进行改进,也可开发一些新的应用,其研究方向包括网络管理、拥塞控制、多播、信息缓存等^[4]。

3.1 网络管理

传统的网络管理系统一般采用周期性的轮询方式来查找异常情况，而收到的大量反馈数据中，往往只有很少一部分表明异常情况的发生，而且由于数据的反馈需要一定的时延，这就使得管理系统得到的信息可能是“过时”的。于是，人们开始考虑一种更经济有效的管理方式。在主动网中，特定的主动分组在网络中传送时，一旦遇到特定的故障，便可立即执行所携带的程序代码，调整故障节点的状态，使其恢复正常。这样，可以在不进行轮询的条件下，快速发现故障并自动报告故障情况，从而缩减响应时延，并降低链路上为管理所分配的带宽。

3.2 拥塞控制

拥塞总是发生在网络的内部，传统网络的拥塞控制通常由端节点和网络中间设备配合完成，而作为拥塞发生地的中间节点，对付拥塞的策略一般很有限，这些中间节点的性能常采用单服务的 FIFO 排队系统来分析^[5]。与之相比，主动网适合于对网络内部状态进行自动调整，因此拥塞控制必将成为主动网的一项重要应用。如果主动节点位于对拥塞控制起关键作用的拓扑位置，就可以依照监测所得的可用带宽，相应地控制数据流量。如果有多个数据流，对拥塞有不同的要求，主动节点便可在控制数据总流量的同时，对单独的流量也分别进行控制。主动网还可以在拥塞发生时，按特定的应用需求有选择地丢弃不重要的数据单元，保留关键的数据单元，有效地降低可能重传的数据量(如 MPEG 流的某个 I 帧已经丢弃，则可以同时丢弃以其为参考的 B 帧和 P 帧，将带宽用于转发其他的数据)。在某些时候，主动网可以将拥塞控制机制完全交给网络设备，从而使终端设备需要执行的协议得到简化，这对微型传感器和手提式移动设备十分重要。

3.3 多播

主动网可以灵活迅速地适应多播成员的变更。一般地，在网络边缘(如有线链路与无线链路的汇接处)容易发生数据丢失。如果依照丢失概率和网络的拓扑特性，在恰当的节点对数据进行缓存，在重传数据时节约网络资源^[6,7]，一种典型的网络结构如图2所示。

节点 A 作为多播树的根，欲将数据多播给其他节点。如果节点 F 和 G 未收到数据，将沿朝上游节点箭头的反方向发出 NACK(否认)分组。在传统网络中，所有的 NACK 分组都将抵达 A，节点 A 就有可能被 NACK 分组淹没。在主动网中，如果 C 是一个主动节点，就可以对来自其下游节点(F、G 等)的 NACK 分组进行统计，而不必将所有的 NACK 分组继续朝 A 转发。如果 C 缓存了 NACK 对应的数据，就可以立即执行重传。如果 C 未缓存该数据，只需朝上游节点发出一个 NACK 分组，待收到对应的数据后，再拷贝给需要的下游节点。由于通常只是部分支路需要重传，主动网技术可以对数据重传的范围做出较合理的选择，从而大大节省带宽资源、网络节点的存储资源和运算资源。

3.4 信息缓存

目前 Internet 上大量的业务量都来自 www 服务。为了减轻网络的负担和降低用户访问的时延，一些被反复查询的信息将在原服务器以外适当的节点上加缓存，该节点的位置将由网络的布局和用户的位置决定，原则上，该节点应靠近用户。当在邻近的区域内同时存在多个缓存节点时，还应考虑如何在这些节点之间进行协调，以避免同样的信息被重复缓存。

信息缓存还可以用于以在线拍卖为代表的交互式业务，如图3所示。当网络负荷较重时，Server 可以把一个有拒绝功能的程序注入主动节点，该节点缓存了当前拍

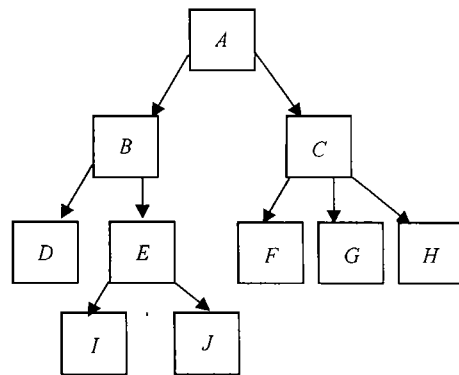


图2 主动网的多播树

卖的价格,并可以对来自 Client 的叫价(BID)进行比较,如果某个 Client 的叫价低于缓存中的价格,则向该 Client 回发拒绝分组(FAIL),而不把被拒绝的叫价继续向 Server 转发。

如果将信息缓存技术与多播结合研究,便可根据 NACK 分组出现的频率和多播服务的特性,指定缓存信息的持续时间和缓存位置,在 NACK 的密集区域分配更多的缓存节点。

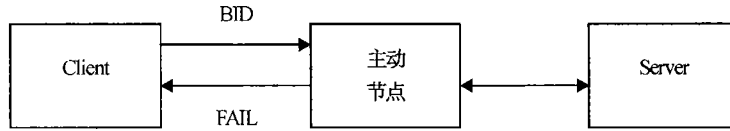


图3 提供在线拍卖的主动网模型

4 主动网的安全性

为了提高主动网的安全性,必须对程序代码执行的最长时间和允许复制的最大进程数目加以限制,以避免某些程序对网络资源的过度侵占^[8]。当然,程序设计语言也是和安全性密切相关的问题。一般地,当主动分组抵达某个节点时,系统可以按以下几个步骤进行操作:1)对分组的可信度进行鉴别;2)对发送分组网络的可信度进行鉴别;3)对发送分组用户的可信度进行鉴别;4)根据以上鉴别的结果指定资源使用的许可范围;5)按许可范围和安全性准则执行程序代码;6)在整个执行过程中,对所访问的系统资源进行监控;7)若需要,则在转发分组时,对分组所含的数据或程序代码进行加密。

5 结束语

主动网比传统网络具有更大的灵活性,可以在分布式系统中更好地协调不同设备的工作,把计算所需的负荷和数据传输的负荷较合理地分担给不同设备,有效地避免单点故障,并能够缩短数据处理和数据传输的时延,提高数据的端-端可达性。在主动网中,可依照网络的当前状态,对路由器等交换设备的缓冲进行细致的管理,并对数据流所携带的信息进行归类和缓存,利用冗余路径进行数据传输,从而降低拥塞的概率和拥塞的程度,提高网络的当前性能和可预测性。然而,主动网并非处于传统网络的对立面,传统网络中有不少研究成果也值得主动网借鉴。例如在误码率较高的无线移动通信网络环境中,主动网可灵活地选定一种适合特定业务的编码方式^[9]。

目前,主动网的标准尚未定型,其应用也只存在于小规模的网络中,在 Internet 这样的大规模通信网内使用主动网技术,还有待进一步研究。

参 考 文 献

- 1 Wetherall D, Legedza D, Gutttag J. Introducing new Internet services: why and how. IEEE Network, 1998, 12(3):12~19
- 2 Tennenhouse D L, Smith J M, Sincoskie W D, et al. A survey of active network research. IEEE Comm Mag, 1997, 35(1):80~86
- 3 Alexander D S, Arbaugh W A, Hicks M W, et al. The switch ware active network architecture. IEEE Network, 1998, 12(3): 29~36
- 4 Psounis K. Active networks: applications, security, safety, and architectures. IEEE Comm Surveys, 1999, 2(1): 445~457
- 5 许 都, 李乐民. ATM 网络中长相关业务排队性能的分析. 电子科技大学学报, 1998, 27(4): 357~361

- 6 Calderon M, Sedano M, Azcorra A, *et al.* Active network support for multicast applications. IEEE Network, 1998, 12(3): 46~52
- 7 Lehman L H, Garland S J, Tennenhouse D L. Active reliable multicast. IEEE INFOCOM'98, 1998, 2: 581~589
- 8 Alexander S, Arbaugh W A, Keromytis A D, *et al.* Safety and security of programmable network infrastructures. IEEE Comm Mag, 1998, 36(10): 84~92
- 9 李立忠, 李乐民. 截短RS/混合II型ARQ在衰落信道上的性能分析. 电子科技大学学报, 1999, 28(1): 1~5

Analysis of Applications and Developing Status of Active Networks

Wen Shushan Chen Yuan Li Lemin Sun Hairong

(National Key Lab of Optical Fiber Transmission and Communication Networks, UEST of China Chengdu 610054)

Abstract This paper introduces and compares the architectures of active networks, and analyzes their main applications including network management, congestion control, multicasting and web cache, which might give great improvement of performance and intelligence to existing communication networks. This paper also enumerates some technical issues of security of active networks, and gives a recommendation on operating steps to implement secure active networks. The developing status is also summarized and a long-range survey system is introduced.

Key words active networks; active packet; active node; security

· 科研成果介绍 ·

COSAV1.1开放式系统软件平台

主研人员: 黄万镒 刘启原 尤晋元 卢显良等

COSAV1.1是在COSAV1.0的基础上,经功能扩充、性能提高而形成的系统软件平台产品,包括以下三个基本成分:

- 1) COSIXV1.3操作系统;
- 2) COBASEV1.1数据库管理系统;
- 3) CONETV1.1网络软件。

COSAV1.1开放式系统软件平台进行了典型的应用开发,并投入运行。

· 科 下 ·