

一种基于 IP 的主动网络结构的研究 *

马燕^{1,2} 张小真² 康庆¹ 周润珍¹

(重庆师范大学物理学与信息技术学院 重庆 400047)¹ (西南大学计算机与信息科学学院 重庆 400715)²

摘要 主动网络是一种新型的网络体系。主动包中可以携带用户的数据和代码,并且可执行包中用户指定的运算任务。主动网络还为用户提供了可编程的接口,用户可通过网络中的节点动态地注入所需的服务。本文提出了一种在 IP 网络上实现主动技术的方案,分析了基于这种方案的主动路由、主动引擎的实现,并且对主动包的封装方案进行了讨论。本方案可以在现有的 IP 网络上实现主动技术,扩展现有的网络服务。

关键词 主动网络,主动路由,主动引擎

Study of the Scheme of Active Network Based on IP

MA Yan^{1,2} ZHANG Xiao-Zhen² KANG Qing¹ ZHOU Run-Zhen¹

(Faculty of Physics and Information Technology, Chongqing Normal University, Chongqing 400047)¹

(Faculty of Computer and Information Science, Southwest University, Chongqing 400715)²

Abstract Active network is a kind of novel network architecture, it provides a programmable interface to the user where users dynamically inject services into the intermediate nodes. This paper brings forward a structure of active network, analyses the format of the IP datagram and extends the definition field to supports the embedding of the program in datagram which realizes the active networks technology in IP network and extends the service in existence network.

Keywords Active network, Active router, Active engine

主动网络 AN(Active Network)是针对传统网络发展中遇到的实际问题而提出来的。它是一种全新的网络计算模型,赋予网络“编程”能力,允许用户向网络节点插入定制的程序或在报文插入程序代码,以便修改、存储或重定向网络中的数据流。主动网络是一种区别于传统网络的全新体系结构,为网络的快速发展提供了一个契机。

1 主动网络

主动网络的三层体系结构在国际上已得到了共识,但是在实现方案上各有差异。根据主动网络所实现的网络的可编程程度不同,可以划分为多种实现方案。其中有两种典型的方案:一种是基于可编程的交换节点(Programmable Switch)的离散方案(如 SwitchWare),它适合于面向连接的网络;另一种是基于容器(Capsule)的集成方案(如 ActiveWare)体系结构,它主要应用于面向无连接的网络。

主动网络是由一系列主动节点构成,其基本思想是利用包含有可执行的代码的主动信包代替传统网络中的信包,利用可编程的主动节点替代传统网络中的中间节点。主动网络节点(如图 1 所示)可由三个部分组成:

(1)节点操作系统(NOS)。节点操作系统为执行环境提供基本的功能,管理并调度节点的资源,包括链路带宽、CPU 周期、存储资源等;还负责基本的网络功能、代码或节点的安全等。Node OS 将执行环境与具体的资源管理操作分割开来,为执行环境屏蔽了底层的资源分配细节问题,并且隔离多

个执行环境以避免相互影响。

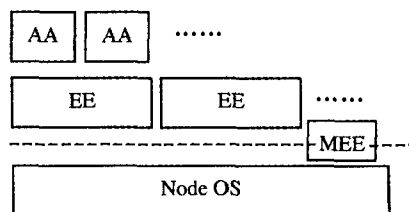


图 1 主动网络的节点结构

(2)执行环境(EE)。执行环境定义了一个虚拟机 VM 和可编程接口,它类似于通常计算机系统中的一个“shell”程序。EE 主要完成对主动报文的解释执行,是一个为用户提供端到端网络服务的接口。所有用户对结点资源的访问都是由 EE 提供的。一个主动结点可有多个 EE,每个 EE 上可定义不同的虚拟机或接口,各个 EE 之间是相互独立的。

(3)主动应用(AA)。主动应用是主动网络提供给用户的服务,用户通过 AA 向主动网络提出请求。一个 AA 由一段程序代码(主动代码)和与主动代码相关的数据、状态参数等组成,它由主动结点上某个特定的 EE 来执行,实现端到端的服务。

2 基于 IP 的主动技术

2.1 设计目标

* 重庆教委应用基础研究资助项目(020805),“重庆市高等学校优秀中青年骨干教师资助计划”资助项目([2003]2号)。马燕 博士生,教授,主要研究方向:计算机网络新技术、主动网络、计算机辅助教学等。张小真 教授,博士生导师,主要研究方向:计算机辅助教学、人工智能、现代教育技术等。

在设计时,首先必须考虑转化后的主动网络中的主动节点要提供节点操作系统、可编程的运行环境和主动应用的功能,然后考虑转化后的主动网络必须具有以下特性:

通用性。在主动节点提供的编程环境不能局限于支持一种语言,要支持多种语言,这样编程人员可方便地任意选择一种语言编程。

模块性。一个主动节点相当于一个模块,各个主动节点间采用 API 进行信息交换。将路由器的包转发机制和程序运行环境分开。

互操作性。主动网络中同时存在主动节点和非主动节点,通过主动引擎可以将非主动节点转化为主动节点的功能。

健壮性。非主动节点上的流量不受主动节点的影响。如果主动引擎发生故障,则路由器仍能对非主动包进行路由转发。

2.2 设计方法

利用 CORBA 的技术设计一个主动引擎,实现将 IP 网络中的节点转化为主动节点。主动节点由以下两部分组成:

IP 路由器。主要进行包转发、基本路由和信息包过滤的任务。目前,新一代的路由器都在硬件上增加了流队列和快速 IP 过滤器等部件。

主动引擎。提供一种编程运行环境,使用户编写的程序在主动节点可以执行,通过在主动节点执行主动包中的程序对路由数据进行控制。在 IP 路由器上增加主动引擎,将 IP 网上的节点转化为主动节点,从而逐步实现将 IP 路由器提升为主动路由器,达到 IP 网向主动网络转化的目的。

2.3 基于 IP 选项的主动包结构

主动 IP 选项方案是将代码嵌入现有的 IP 数据报中,变原来的“被动”数据为主动网络所需的“主动”数据,以实现用户定制的程序通过现有的网络进行传输,在其传输的途中被主动结点执行。该方案主要利用现有的 IP 选项被用于处理特殊资料包的特性来实现程序段的嵌入,由于它在包的有效载荷中,传统的路由器甚至不能看到它,只有主动路由器才能识别并执行。

IP 数据报由报头和有关数据区两部分组成。IP 报头分为定长域和不定长域两部分,定长部分包含必要的信息(如:IP 信源地址、IP 信宿地址等),不定长部分主要用于描述控制和测试的 IP 选项。

本文采取的方案是利用 IP 数据包的最大传输单元(MTU:65535 Byte),将主动应用所需程序代码和数据都放在数据中,如图 2 所示。为区分程序和数据,将用户数据区的前两个字节用于存放程序数据相对用户数据区相对位移量,从第三个字节开始存放程序代码,后面是程序数据。

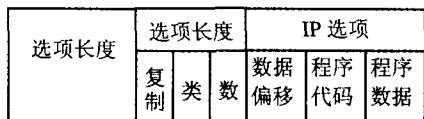


图 2 基于 IP 的主动包格式

2.4 主动实现方案

下面介绍在 IP 网上如何实现主动技术。主动 IP 选项的处理模型如图 3 所示。处理引擎设置在 IP 层附近,如图中 AO 所示,当主动包经过此层时调用它进行相应的处理。主动选项并没有形成一个协议层,因此它们的处理不需要按照端对端模式,而 TCP/IP 协议各层次之间是一一对应的。处

理过程在主动网络信源、信宿以及主动网络路由器中通过调用主动网络节点提供的各种原语进行。通过这个环境可以实现对网络的检测、当前资料包的分配、新数据包的生成以及对已有数据包的包头和净荷的读取或修改,也可以完成对结点状态的修改功能。

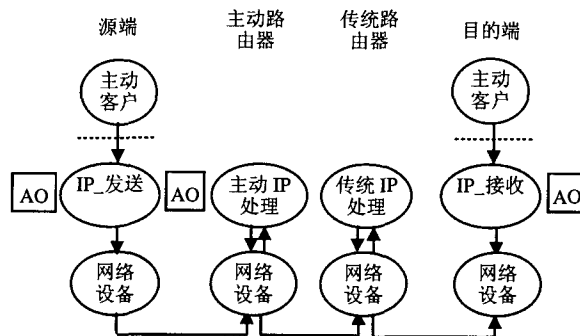


图 3 IP 网络上主动包处理模型图

对于非主动网络节点,根据 RFC1122 规定,相应的网络节点将放弃该数据报进行存取,嵌入 Active IP 选项程序。Active IP 选项程序由一系列原语构成,这些原语存在于主动网络节点,构成部件内存,如在 Windows 环境下由各种原语形成的动态链接库可作为部件内存。原语对于主动网络节点是非常重要的,它不仅决定着封包程序的功能范围,并能防止对节点产生有意或无意的破坏。Active IP 的原语可分为 4 类:

- (1)环境资源访问。用于查询网络节点地址、连接状态、路由表、主机时间等。
- (2)数据报处理。用于对数据报本身数据更新操作。
- (3)控制操作。用于数据报的创建、发送、复制、放弃等。
- (4)节点存储空间的访问。用于访问封包程序所执行的临时空间。

Active IP 的原语决定着封包程序的功能范围,并且能够防止对节点产生有意或无意的破坏,因此它对于主动网络的节点是非常重要的。封包程序的简洁性和执行效率都会受到这些原语的影响。

3 基于 IP 的主动路由结构

传统的路由功能主要实现对 IP 数据报的存储与转发,对数据包不进行处理,其典型的端口处理模块结构如图 4 所示,其中端口处理模块主要完成路由器的物理层、数据链路层处理与转发。

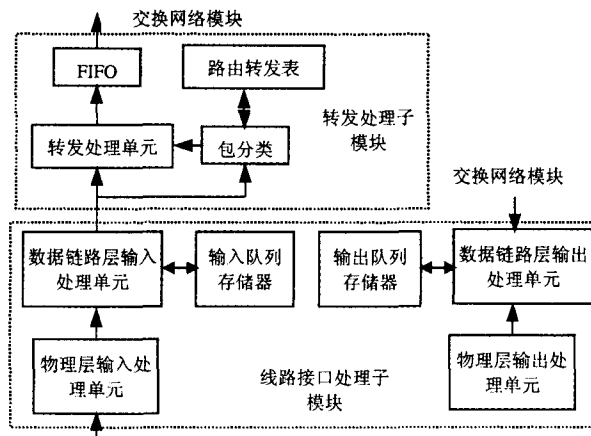


图 4 传统路由器端口处理模块结构

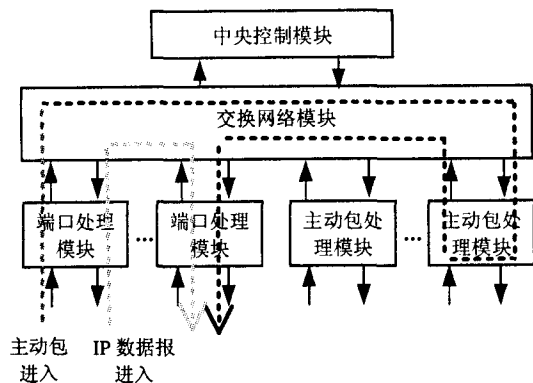


图5 扩展的主动网络路由器模块结构

为了在IP网上实现主动技术,要求路由器必须具备IP数据报与主动包的处理。为了兼容现有的IP路由器,同时又能够对主动包进行处理,本文设计了一种方案,在原有的IP路由器上加入一块主动包处理卡,对原路由器的接口处理模块不进行任何改动。主动包的处理由加入的主动包处理卡实现,传统的IP数据报则不进入主动包处理卡,从而实现了现有路由器上对主动包的处理。其模块结构如图5所示。

根据前面模块结构的分析,基于IP的主动路由处理逻辑过程如图6所示。

图6中“包头处理模块”的功能是对输入的IP包进行检测与分离。传统IP数据分组按照路由原则进行排队转发,对于本地节点产生的主动包或无需由本地节点进行处理的主动包也进行相应的路由转发处理。如果是需要本地节点进行处理的主动包,则进入“主动包处理模块”中。

在“主动包处理器”中,“主动应用分类器”是整个系统的核心,它首先对主动包进行安全检测,以确定主动包的安全性,具体通过证书库和策略库来对包的合法性、数据完整性与身份进行确认。通过安全检测为正常的主动包则由“主动应用分类器”按照其功能分类后进入相应的EE执行其中相应的代码,并由“主动包生成”模块重新封装成主动包,并送往IP包头处理模块中队列等待处理。

在图6中,“包头处理模块”的一个重要功能就是实现主动包的分离,即提取主动节点所需要的主动数据分片,并将所有的分片进行重装后组成一个完整的数据报,再交由主动数据处理进程处理。

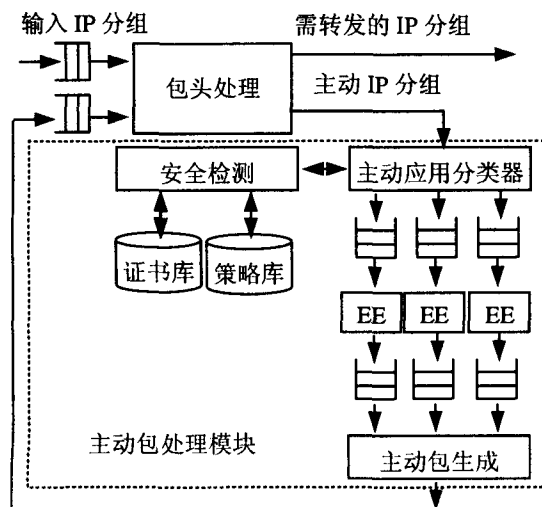


图6 主动路由中主动包的处理逻辑图

为实现对主动包的分离,首先要对接收到的数据包地址进行判断。如果主动节点不属于目的节点,则该主动包交由本地数据处理进程处理后生成新的主动包,并交路由选择模块进行路由选择后进行转发;如果主动节点属于目的节点,则交重装模块处理以得到完整的主动包后交由主动数据处理进程处理。

本模块在原IP软件上对IP选项的处理部分增加了对主动包的判断,一旦发现是主动包就交由分离模块处理。分离模块在原IP软件中添加一个新的模块,该模块首先区别主动包是否是本地产生的。如果不是,再对其进行分离处理。

采用上述方案,将主动技术与现有网络有机地结合起来,可以使主动节点或局部主动网络更好地融入当前的网络中,从而在现有的网络上实现主动方案,为用户提供可定制环境,以满足用户的各种需求。主动路由器中仅是在传统的路由器中加入了主动包处理模块,因此路由器不仅可以与现有的IP网络相兼容,并且性能稳定。主动性能取决于主动包处理模块的处理能力,只要设计好一个高性能的主动包处理模块,就可以实现高性能的主动路由技术。

4 基于IP的主动引擎结构与实现

4.1 CORBA 结构

CORBA 是对象管理组织制定的面向对象的分布式系统体系结构,是一种分布式对象技术。CORBA 规范主要包括对象请求中介(ORB)、CORBA 服务、CORBA 设施、CORBA 对象、接口定义语言(IDL)和 IIOP(Internet Inter ORB Protocol)协议。ORB 是一个对象总线,允许对象在提出请求、接受请求间进行数据传送,并为对象找到对象实现。CORBA 提供了3种基本服务:命名服务、生命期服务和事件服务。

IDL 是一种描述性的框架语言,主要用来描述 CORBA 对象的接口,接口中定义了属性和一组方法等。IDL 描述的方法可用 CORBA 所绑定的语言(如 C、C++、Java 等)编写。IIOP 是基于 Internet 的 ORB 间的互联协议。CORBA 将 IIOP 协议作为符合 CORBA 规范的一致性产品必须支持的协议,在客户端、服务器端的 ORB 之间通信必须遵循 IIOP 协议。

CORBA 的跨语言特性是通过 IDL(Interface Definition Language)来实现的,用来定义服务器组件的功能接口,它可以让客户程序知道有哪些操作可被调用,以及怎样调用。以主动包服务接口为例:

```
Module Search{
    Interface service{
        .....
        //以主动包名称与类型为条件进行检查
        long chech(in string name,in string type);
        .....};};
```

4.2 主动引擎的实现

利用 CORBA 技术提供一个分布式可编程 API 接口。在接口中定义的方法可用 CORBA 所绑定的语言,如 Java 语言编写。这些用 Java 语言编写的程序可在 Java 虚拟机上执行。可编程的 API 和 Java 虚拟机一起提供了一种可编程的运行环境,另外设计如下软件模块:主动系统服务对象生成模块、主动系统授权模块、服务对象管理模块等。主动系统服务对象生成模块主要创建和撤销服务对象,即 CORBA 对象,提供网络管理层定制的服务,当使用时激活它。主动系统授权模块主要接收来自网络管理层的授权信息,授予增加新的服务、修改已有的服务和删除过时服务的权限。服务对象管理模块

主要管理服务对象的调用,通过网关去控制网络元素层的网络元素,提供新的服务。主动引擎中的这3个模块和路由器中的一些模块共同实现了节点操作系统和主动应用的功能。

采用 CORBA 技术设计的主动引擎,其结构如图 7 所示。图中所示的服务对象 1...服务对象 n 表示新增加的网络服务,它由 CORBA 对象实现。网关用来进行 CORBA 与其它协议(如 CMIP、SNMP 等)间的转换,控制网络元素。经过 IP 路由器的信息包由 IP 过滤器检测后,若是主动包,将其传送到主动引擎,对其进行定制处理;若是非主动包,则经 IP 路由器进行转发。

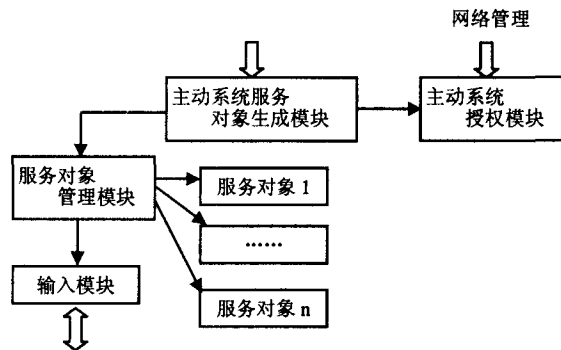


图 7

软件模块是采用 CORBA 分布式技术中的 CORBA 服务,如命名服务和事件服务等进行工作。这些模块采用 CORBA 的 IDL 语言进行描述,每个模块用一个 Interface 来定义,每个 Interface 中包含属性和一组方法,通过这组方法实现该模块的功能。主动系统服务对象生成模块采用 IDL 语言编写,该模块提供如下一组方法实现此模块的功能:

pushApp()将服务对象注册到 CORBA 服务的名字空间中,允许使用新的服务对象。

popApp()注销服务对象,从 CORBA 服务的名字空间中删除。

ActivateApp()在注册的服务对象中激活某个服务对象后,可以使用此服务对象。

DeactivateApp()撤销使用服务对象。

主动系统授权模块也采用 IDL 语言编写,该模块提供如

下一组方法实现此模块的功能:

AddAuthority()授予增加新的服务的权限。

RemoveAuthority()授予删除过时的服务的权限。

ModifyAuthority()授予修改已有的服务的权限。

服务对象管理模块也采用 IDL 语言编写,该模块提供如下一组方法实现此模块的功能:

Callsco()允许调用服务对象。

Discallsco()不允许调用服务对象。

Modifysco()在调用时修改服务对象。

结束语 主动网络是一种崭新的网络结构,它使得网络可以动态地配置和动态控制,极大地提高了网络的性能,增加了网络的灵活性和扩展性,并为宽带网络的发展提供了广阔的前景。本文设计了一种基于 IP 的主动节点结构模型,提出了一种以“包头处理”和“主动应用分类器”为核心的主动节点结构。该结构综合了 SwitchWare 和 ActiveWare 的两种结构的优点,易于在 IP 网络上实现主动技术。文中给出了该模型的结构体系与软件描述。

目前主动网络虽还没有实用产品推出,但是它得到了广泛的关注,正在对其关键性的技术如路由、资源分配、安全性、开发语言和平台等进行研究。可以相信,主动网络已经开始改变了传统网络的概念,它对未来技术将起非常重要的影响推动作用。

参考文献

- Moore O T, Nettles S M. Towards Practical Programmable Packets; [Technical Report]. MS-CIS-00-12, University of Pennsylvania, 2000
- Fatta G D, Gaglio S, et al. Adaptive Routing in Active Networks. IEEE Openarch, 2000. 23~24
- Kiwior D, Zabele S. Active Resource allocation in Active Networks. IEEE JSAC, 2000. 452 ~ 459
- Plattner G B, Smith J M, Denazis S, et al. A flexible active IP networks architecture. In: IWAN2000, 2000
- Fatta G D, Lo Re G. Active Networks: An Evolution of the Internet. In: Proc. of AICA2001 - 39th Annual Conference, Italy, Sept. 2001. 19~22
- Fatta G D, Gaglio S, Lo Re G, et al. Adaptive Routing in Active Networks. IEEE Openarch, 2000. 23~24
- Wetherall D, Legedza U, Gutttag J. Introducing New Internet Services; Why and How. IEEE Networks Magazine, 1998. 202~212
- Rappaport T S. Wireless Communications Principle and Practice. Prentice-Hall, 1996
- Aalo V A, Zhang Jingjun. Performance Analysis of Maximal Ratio Combining in the Presence of Multiple Equal-Power Cochannel Interferers in a Nakagami Fading Channel. IEEE Trans Vehicular Technology, 2001, 50(2): 497~503
- Winters J H. Optimum combining in digital mobile radio with co-channel interference. IEEE Trans Vehicular Technology, 1984, VT-33: 144~155
- Winters J H, Salz J. Upper bounds on the bit error rate of optimum combining in wireless systems. IEEE Trans Commun, 1998, 46: 1619~1624
- Winters J H, Salz J, Gitlin R. The impact of antenna diversity on the capacity of wireless communication systems. IEEE Trans Commun, 1994, 42: 1740~1751
- Villier E. Performance Analysis of Optimum Combining with Multiple Interferers in Flat Rayleigh Fading. IEEE Trans Commun, 1999, 47(10): 1503~1510
- Shah A, Haimovich A. Performance analysis of optimum combining in wireless communications with Rayleigh fading and cochannel interference. IEEE Trans Commun., 1998, 46: 473~479
- Proakis J G. Digital Communications. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1995
- Okada M, Hashizame A, Komaki S. A joint frequency and space diversity scheme for OFDM. IEEE VTC, 1999. 2939~2943

(上接第 40 页)

结论 最优合并空间分集对各天线的接收信号进行加权合并,以解决无线蜂窝移动信道的多径衰落问题,同时减小干扰功率。本文针对 OFDM 系统进行分集最优合并,假定各天线的接收信号是独立衰落(Rayleigh),且期望用户信号与干扰信号、各干扰信号之间是独立同分布的;假定各干扰信号是等功率的,即使干扰信号源的数目大于分集天线数,在使输出信干比最大的情况下,得到了平均信干比和 QAM 调制信号的平均误符号率,给出了 Monte Carlo 数值仿真结果。仿真结果表明,最优合并方法具有较好的性能。

参考文献

- Bria A, Gessler F, Queseth O, et al. 4th Generation Wireless Infrastructures; Scenarios and Research Challenges. IEEE Personal Communications, 2001, 8(6): 25~31
- Smulders P. Exploiting the 60 GHz Band for Local Wireless Multimedia Access; Prospects and Future Directions. IEEE Communications Magazine, 2002. 140~147