

基于主动网络的 IP 选项设计

李明¹ 马燕²

(重庆教育学院信息中心 重庆400067)¹ (重庆师范大学物理学与信息技术学院 重庆400047)²

摘要 主动网络是一种新型的网络体系,它不仅可以传递资料包,而且还可以执行数据包中特定的运算任务。主动网络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。本文分析了 IP 数据报的格式,扩展 IP 数据报选项域的定义,通过在其中嵌入代码,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,主动包,主动 IP 选项

The Design of the Delamination Management System Model Based on Active Network

LI Ming MA Yan

(Information Center of Chongqing Education College, Chongqing 400067)¹

(School of Physical and Information Technology of Chongqing Normal University, Chongqing 400047)²

Abstract Active network is a new framework where network nodes not only forward packets, but also perform customized computation on the packet flowing through them. It provides a programmable interface to the user where users dynamically inject services into the intermediate nodes. This paper analyzes the format of the IP datagram and extends the definition field to supports the embedding of the program in datagram which realize the active networks technology in IP network and extends the service in existence network.

Keywords Active network, Active packet, Active IP option

现有的网络系统基于“端到端”的模型体系,其相关的计算和控制是在发送和接收“端点”进行的,在网络的结点上不对包进行处理。自20世纪80年代以来,Internet 的飞速发展引人注目,但其迅猛发展,也相继产生了一系列问题:在多媒体日益普及应用的今天,Internet 网络上的传输机制使得传输质量 QoS 问题日益严重;此外,如网络拥塞、IQ 的资源分配、网络安全等问题一直困扰着人们,现有的网络体系结构已不能满足目前的网络应用程序对带宽的需求。

主动网络(Active Network),是1995年 DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency)在开发关于网络未来发展方向的讨论会议上提出来的。Active Network 是对传统的基于“端到端”模型体系的突破,它赋予了网络“编程”的功能,即网络的行为是可通过编程控制的。因此,整个网络是分布式的计算体系,其作用超出了“通信子网”的范畴。主动网络作为一种崭新的网络结构,其应用前景十分诱人,必将成为21世纪网络体系结构的主流。

1 主动网络

1.1 主动网络的体系

主动网络的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。主动网络节点的体系结构如图1所示。

从层次上划分,主动网络节点可由三个组成部分:

(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,管理并调度结点的资源,包括链路带宽、CPU 周期、存储资源等;还负责基本的网络功能、代码或结点的安全等。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的影响。

(2)执行环境(EE):执行环境 EE 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 AA 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。

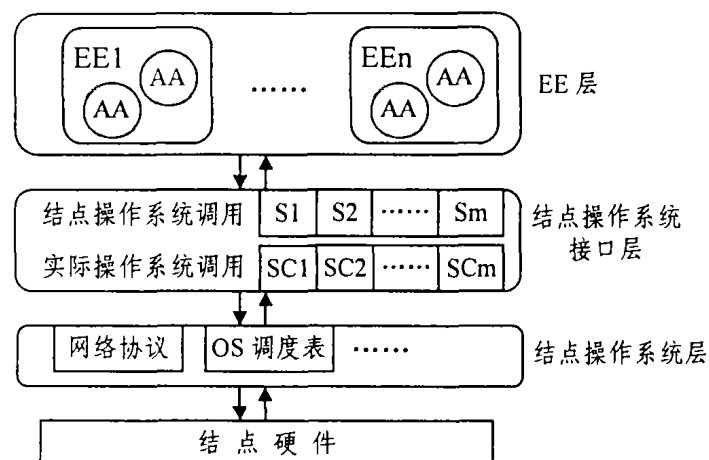


图1

* 重庆市教委应用基础研究项目(编号041501.020805)资助,“重庆市高等学校优秀中青年骨干教师资助计划”资助。李明 副教授,主要研究方向:计算机网络安全与管理、现代教育技术。马燕 教授,研究方向:计算机网络新技术、多媒体数据检索。

与传统的网络相比,主动网络具有的特点是:①可编程性:主动网络的信包和节点可用一种或多种语言编写的代码描述,从而成为网络的裁剪(Tailor)资源。②可计算性:主动网络中的节点不仅仅只有实现“存储、转发”功能,而是具有很强的计算机能力,它分布在网络的各个节点上,能够对流经节点的数据进行语义分析、理解与计算处理。③可移动性:主动信包在流动过程中可以访问主动节点上的资源,主动节点可以获取信包的信息,因此资源与数据的管理更为便捷。④动态配置:新业务可以动态地安装在被管设备,从而减少新业务的开发与加载时间,减少网络管理的工作量。

1.2 主动网络实现的方式

目前,Active Network 有两种典型的结构体系,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;另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。

(1)ActiveWare 系统的结构 ActiveWare 是由 MIT 实验室提出的一种基于 ANTS (Active Node Transfer System)的主动网络体系结构,在 ANTS 的设计中,包的帧不仅包含了数据,而且还包含了一个代码段。这样,包含有数据和代码的包被形象地称为容器(Capsule)。在容器中的代码可以被主动网络中的节点识别并执行。

一个 ActiveWare 网络系统由若干个主动节点构成,在 ActiveWare 系统的中间节点上,除了现有的路由选择和交换功能外,还应新增三个组成元素:代码调用机制,其功能是将代码从容器中调入节点;其二是临时执行的环境,其功能是存储容器中的执行代码;其三是存储空间,用来存储节点在执行代码过程中产生的各种数据。当一个 Capsule 包到达节点时,Capsule 中的代码将从 Capsule 中分离出来送入到临时执行环境中并被执行,在执行中可以访问节点的存储资源,代码执行的结果可以生成新的若干 Capsule 并传送到网络其它节点上,如图2所示。

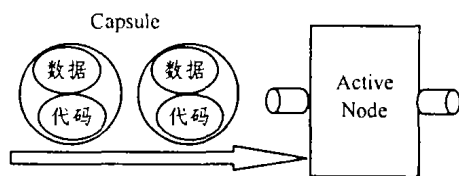


图2

(2)SwitchWare 系统的结构 SwitchWare 是美国 Pennsylvania 大学的 Switch Ware 项目组研制出来的主动网络系统,它是基于可编程的 Switch Ware 交换机方案,主动节点由具有一个可编程组件来实现交换功能,如图5所示。在这种方案中,包的格式保留现有的不变,但是提供了一个机制将用户程序调入网络中节点上。这些程序暂时存储在节点的存储空间中,包到达节点时,节点就会根据包头的信息来决定调用相应的用户程序来处理。如用户要对驻留节点程序进行修改或撤销时,可通过发送信息包来通知节点。在 SwitchWare 的结构中,有程序代码和数据两种类型的包,当主动节点接收到包时,首先对包的头部进行检查,如果包属于程序代码类型的,则对其进行安全验证后向节点注入代码。如果包属于数据类型,则节点根据头部信息选择在节点中的相关程序对其数据进行处理。因此节点能够提供比传统的简单路由表更为复杂、灵活的功能。在对这种机制研究的基础之上,SwitchWare 设

计了具有主动网络程序设计的语言 PLAN (Programming Language of Active Network),它用于在包中描述用户程序功能并可以调用节点低层功能模块,并利用 PLAN 建立了一个主动互连网 PLANet。

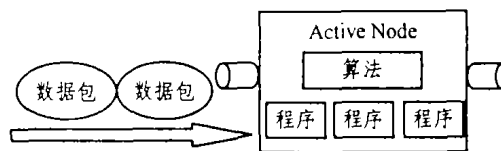


图3

2 主动包的封装

封装是把程序和数据包捆绑在一起发送,每一个主动报文都包含一段程序和一组数据。当这些包到达主动结点时,主动结点将执行这些程序,处理包内数据。它对已有的报文格式进行了重新安排,使得每个主动报文都是一个程序,能体现出可编程网络的特性,具有更大的灵活性和实时处理能力。不管采用哪种方法,最主要的是要实现主动结点的功能和主动包的传输。

当主动包从输入链路到达主动网络节点时,主动节点提供一个进行主动包的边界测试的机制,可利用传统的链路层协议提供的帧方式进行处理。然后包内容分配到一个临时的执行环境,在这个环境中可以安全地执行程序。主动包中的程序完全由原语组成,除了可以根据包中的内容进行基本处理外,还可调用外部程序(方法)。这些外部程序位于部件内存中,为主动包提供访问临时环境的资源的方法。主动包的执行可能导致更多的包在输出链路上的发送,在主动网络节点中也可以改变包或主动网络节点的状态。主动包执行结束后,临时执行环境被释放。

2.1 代码嵌入方式

按主动包携带代码的方式可分为三种方式,如图4所示。第一种方法是将代码嵌入数据包中,使之随主动包的传输到达各个结点,这是封装中采用的方式,也是我们下面讨论研究的焦点。第二种方法是在包头中加入一个 pointer,代码从一个已定义的代码服务器中取得。事实上,它是先将带有代码的包传送到结点,然后再传送包含 pointer 的包来调用先前传来的代码。第三种方法是通过管理的方式来装载事先由网络管理员已加入到网络结点上的代码。这种方法只用在 header 中添加新的特定网络服务就可以实现,但它仅限于网络管理员使用。

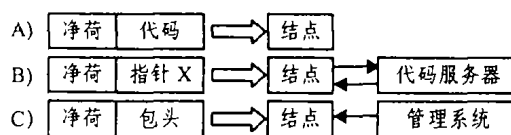


图4

2.2 包的结构及实现方案

主动包的基本信息有协议、共享信头及值。每个包中都含有一个标识符,以便与所采用的协议进行区别。共享的信息头部分用于说明对所有包有用的信息,如源地址、目的地址、长度等,第三部分则是主动包内容的实体,即所携带的程序代码。

主动包中所携带的程序代码的描述语言必须涉足:1)灵活性:具有可在不同平台上进行传输和执行的能力;2)安全

性:能够对程序所访问的资源进行限制;3)高效性:在包被传送与处理过程中,满足灵活性与安全性的同时不会使网络的性能降低。

(1)Smart Rackets 方案 该方案是在研究运用主动网络技术和实现对网络的管理和监控中产生的。为了不给主动结点造成过重的负担,并保证结点自身的安全性,要求将程序代码完整地封装到一个数据包中,因此代码长度不得超过1kB。通用的编程语言很难满足这个要求而无法使用,因此代码由特殊的 Spanner 和 Sprocket 编程语言实现。

Smart Rackets 的包结构由 ANEP(Active Network Encapsulation Protocol)作了详细的规定,包头有四个域:版本号、类型、上下文和序列号,如图5所示。版本号用来标记语言的升级和包格式的改变。类型域标记下列四种类型之一:程序包、数据包、错误包或消息包。程序包将代码传送到某个特定主机执行后由数据包携带其执行结果返回源网络管理程序。上下文中标记包的发送者,它的值由 ANEP 为每个客户设置唯一的值。当程序包在网络中传送并产生一个或多个数据包、错误包或消息包时,此值用于标记每个客户所响应的源程序。序列号用于标记相同上下文之间的消息。

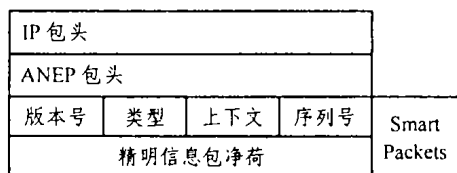


图5

(2)主动 IP 选项方案 此方案则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。

3 主动 IP 选项方案的设计

3.1 Active IP 选项域的定义

IP 数据报格式如图6所示,其组成包括报头和有关数据区两部分。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。IP 的选项一共分为四类,已用的有0类和2类,分别用于数据报/网络控制和测试/测量。每一类又分为若干个选项号,其中0类使用了6个选项号,2

类使用了一个选项号。每个 IP 选项由三部分组成:选项码、长度和选项数据。其中选项数据部分的数据量由长度值决定,因此该部分是可变长的。

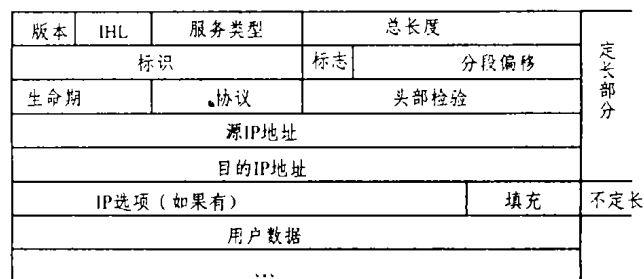


图6 IP 数据报格式

根据上述的分析,利用 IP 数据报的可变长特性,可在其基础之上扩展 IP 选项的定义,使之可携带程序代码。

主动 IP 选项是对现行的 IP 数据包中的 IP 选项部分进行扩展而成的主动网络协议。为了携带程序方便,它将程序分成若干段,把每个代码段嵌入数据报的 IP 选项中。主动 IP 选项已定义了两个特殊的选项代码:第一个被用于携带程序片段,它可以用于各种语言,如图7所示,图中程序代码以 TCL 说明,TCL 即为一种以 Linux 为核心的处理器上运行的编程语言。第二个被用于询问一个主动路由器所支持的编程语言。

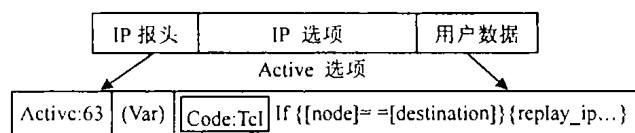


图7 主动 IP 选项报文格式

这样定义的 Active IP 选项将 IP 选项与程序语言集成在一起,实现了在现有的 IP 数据报上主动网络的应用。

3.2 IP 选项实现方案

下面介绍如何在 Internet 上通过扩展 IP 数据报的选项域来实现主动包和封装与处理。主动 IP 选项的处理模型如图8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到端模式,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。

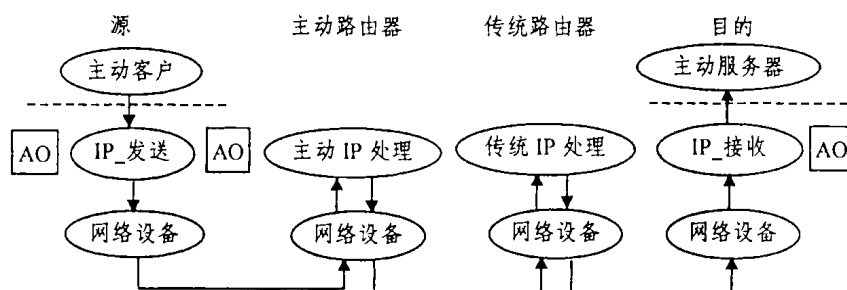


图8

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。Ac-

tive IP 选项程序由一系列原语构成,这些原语存在于主动网

(下转第76页)

```

</RESULT>
</xsl:template>
<xsl:template match="text()"></xsl:template>
<xsl:template match="table[starts-with(tr/td/font/b,'温度
')]">
  <TEMPERATURE>
    <xsl:value-of select="tr/td[2]/font"/>
  </TEMPERATURE>
  <HUMIDITY>
    <xsl:value-of select="tr[2]/td[2]/font"/>
  </HUMIDITY>
</xsl:template>
</xsl:stylesheet>

```

当然,只编写 XSL,作业将不会完成。我们还需要一个执行转换的工具。因此,我们得自己写几个函数对 XSL 进行语法分析并执行这个转换。执行这些任务的方法分别实现解析 XML 文档和根据 XSL 代码转换输出结果 XML 文档。

3.5 合并与处理结果

如果只执行一次数据抽取,那么任务现在已经完成了。但是,我们并不只是想知道某一时刻的温度和湿度,而是要知道若干不同时刻的温度和湿度信息。现在,我们需要做的是反复执行抽取过程,把结果合并到单个 XML 数据文件中。通过定义一个方法比如:mergeXML(),它通过将新采集的数据以 XML 文档对象的模式合并到原来已经存在的目的 XML 数据文件中,这样我们就可以把在当前抽取过程获得的数据合并到包含以前抽取数据的档案文件中。这样,我们可以看到例如下列中连续四天抽取的温度、湿度信息,它是每天运行一次抽取函数并合并到已经存在的 XML 文档中,以这种方式连续运行四天后的结果 XML 文档内容如下:

```

<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<RESULT>
  <WEATHER Retrieve = "2003-9-12 12:56:34">
    <TEMPERATURE>34</TEMPERATURE>
    <HUMIDITY>57</HUMIDITY>
  </WEATHER>

```

(上接第48页)

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 的原语可分为四类:

- (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。

采用上述的方案,将主动技术与现有网络有机地结合起来,可以使主动结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。采用主动 IP 选项方案后,传统的结点分不出主动包和被动包,也就是说它可以对所有的数据包进行存储和转发,主动结点则可区分主动包和被动包,采取不同的处理方式。

结束语 主动网络是一种崭新的网络结构,它采用的主动技术涉及到编译技术、操作系统、网络技术等各个方面。它

```

<WEATHER Retrieve = "2003-9-13 12:56:23">
  <TEMPERATURE>37</TEMPERATURE>
  <HUMIDITY>48</HUMIDITY> </WEATHER>
<WEATHER Retrieve = "2003-9-14 12:56:12">
  <TEMPERATURE>35</TEMPERATURE>
  <HUMIDITY>63</HUMIDITY>
</WEATHER>
<WEATHER Retrieve = "2003-9-15 12:56:37">
  <TEMPERATURE>30</TEMPERATURE>
  <HUMIDITY>52</HUMIDITY>
</WEATHER>
</RESULT>

```

结束语 在本文中,我们已经描述并证明从目前存在的最大信息来源——万维网抽取信息的强壮方法的基本原则。我们还讨论了能够使任何 Java 开发人员花最少的精力和具备最少的抽取经验就可以开始他们自己抽取工作所必需的编码工具。这种方法最大的优点就是通过明智的选取可靠的数据源以及在这些数据源中选取与内容相关但与格式无关的锚,可以使您拥有一个维护成本低廉、可靠的数据抽取系统。并且,根据经验级别和要抽取的数据量,您可以在短时间内就能安装与运行它。

另外需要提到的是,尽管本文以一个采取天气信息的例子来展示这种方法,但是只要稍微修改一下 XSL 文件,就可以为其它的数据采集项目服务。

参考文献

- 1 Marchal B. XML 示例程序导学. 北京:清华大学出版社,2002
- 2 Becker D. 使用 java 编程利用 Web XML 数据. IBM developerWorks,2002. 8
- 3 Kankure P. 使用 Java 和 XSLT 生成动态 Web 页面. IBM developerWorks,2001. 4
- 4 Darugar P T. 在 Java 中使用 DOM 和 XPath 进行有效的 XML 处理. IBM developerWorks,2001. 12

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并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。目前虽然还没有实用的产品推出,但是它得到了广泛的关注,现在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,它对未来技术的影响将起非常重要的推动作用。

参考文献

- 1 Wetherall D, Legedza U, Gutttag J. Introducing New Internet Services: Why and How. IEEE Networks Magazine, May/June, 1998
- 2 Moore O T, Nettles S M. Towards Practical Programmable Packets. [Technical Report MS-CIS-00-12 University of Pennsylvania] . May 2000
- 3 Schwartz B, et al. Smart Packets: Applying Active Networks to Network Management. ACM Transactions on Computer Systems, February 2000, 18(1): 67~88
- 4 Di Fatta G, Lo Re G. Active Networks: An Evolution of the Internet. In: Proc. of AICA2001 - 39th Annual Conference, Cernobbio, Italy, 19-22 Sept. 2001
- 5 Mills D L. On the accuracy of Clocks Synchronized by the Network Time Protocol in the Internet System. ACM Computer Communication Review, Jan. 1990, 20(1): 65~75
- 6 Brunner M, Stadler R. Service Management in Multi-Party Active Networks. IEEE Communications Magazine, Special Issue on Active and Programmable Networks, March 2000, 38(3)
- 7 Di Fatta G, Gaglio S, Lo Re G, Ortolani M. Adaptive Routing in Active Networks. IEEE Openarch 2000, Tel Aviv Israel 23-24 March 2000