

Internet网 主动网络 体系结构 计算模型 (5)

15-17

# 主动网络的体系结构及计算模型\*

The Architecture and Computation Model of Active Networks

陈君 廖建新 苏森 陈俊亮

(北京邮电大学国家重点实验室 北京 100876)

TP393

**Abstract** In the Internet, it is difficult to introduce new architectures and new services. We suggest inject computation capability in the Internet. In this paper, we propose the architecture of active networks based on plug-in technology. We also propose a computation model similar to pipeline, which is a new idea to implement a service with distributing computation. All the ideas we provide will surely accelerate the evolution of the Internet.

**Keywords** Active networks, Service, Capsule, Plug-in, Pipeline

## 1 前言

Internet 是基于 TCP/IP 的包交换网络。传统的包交换就是利用存储转发的思想,路由器只是根据包头的地址信息按照路由表将数据包透明地转发到目的地,路由器并不知道数据包的具体内容。这种端到端的思想是把计算能力都放在终端上,限制了网络的计算能力。不可否认,Internet 的简单性原则确实极大地促进了 Internet 的发展,但是随着其自身的发展和用户需求的增长,这种传统的方式使得 Internet 的维护以及新体系结构(如 MBONE)的引入和新业务的开发越来越困难,更不要说加速其发展的进程,所以迫切需要对传统的体系结构进行改进<sup>[1]</sup>。随着网络技术的发展,作为网络互连关键设备的路由器逐渐超越了原来互连的意义,已经包括了防火墙、多点传送、加密认证以及地址转换等多种服务。主动网络 AN (Active Networks)就是在这样的背景下出现了。

AN 的概念首先是 DARPA 于 1994 年和 1995 年在讨论网络系统的未来发展方向时提出的。AN 的目的是提供一个平台,借以方便、快速地开发和运行新的业务以及试验新的网络体系结构<sup>[2]</sup>。其主动性体现在两个方面:一是升级的路由器能够主动地对通过的包进行计算;二是用户可以向网络中插入客户化的程序,即路由器由被动传输信息到主动地处理信息,而用户由被动地使用业务到主动地参与定制自己需要的业务。

研究 AN 的重要意义首先在于它加快了网络的演进,在 AN 上新的网络标准或协议的推出不再需要漫

长的标准化过程,只要用户有需求就可以开发新的业务,并马上投入使用。其次它使得在现有条件下不容易甚至不可能实现的业务成为可能。此外,研究表明,AN 支持的可靠组播、自组织 Cache、主动拥塞控制等多种应用都较没有 AN 的情况明显地改善了网络的性能。目前 AN 的研究已经引起国外学术界和工业界的广泛重视,在 DARPA 的资助下,美国的 MIT、卡内基梅隆大学和宾夕法尼亚大学以及 BBN、Bellcore 和 GTE 等著名的电讯公司已经开展了对 AN 的研究工作,但尚处于研究阶段,还没有成熟的产品出现。在我国对 AN 的研究尚未起步。

## 2 体系结构

AN 由一组主动节点 ANN (Active Networks Node)构成,而主动节点由路由器升级而成。文[3]中强调 AN 应具有足够的灵活性使客户可加载业务,所以 AN 中必须要有携带程序和数据的密封囊在网络中移动,第三方的业务可以写在密封囊中;主动节点获得这些密封囊,进行安全检查后加载执行,实现用户所要求的业务。然而,实际上让对网络知之甚少的用户编写程序代码来控制网络行为很可能对网络安全造成威胁,这里我们利用插件技术给出 AN 更加合理的体系结构。

### 2.1 插件技术的引入

插件是采用面向对象技术开发的一小段程序,它面向应用完成特定的功能,具有良好的封装性和可继承性。插件必须独立于平台,独立于业务,具有良好的通用性。插件技术将代码与客户化的数据分离,客户可

\* 国家自然科学基金重大课题资助 69896244

以根据自己的要求来设计业务,多个插件连成链完成特定的业务。插件的代码由业务运营商提供,经过功能的测试和身份验证来保证其安全性,用户只有权将客户化的业务数据加载到插件中,这虽然在某种程度上降低了灵活性,但却极大地降低了对客户的要求,也使网络安全有所保证。

这里,我们给出插件 Filter 的实际例子,Filter 插件的作用是对数据包进行过滤。可以根据源、目的地地址、包的内容及时间等进行过滤。Filter 插件的设计见图 1。其中插件的出口指向下一个插件或者结束,Filter 插件需要由用户提供过滤值以及对哪些包过滤(处理包类型)。

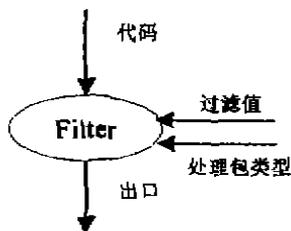


图 1 插件的设计

### 2.2 密封囊

客户向主动节点插入业务是通过密封囊来实现的,如图 2 所示,密封囊中封装了插件组合、插件的 ID 号以及插件的参数。插件组合用来描述多个插件的连接结构,可以是顺序、选择或循环等多种情况。插件的参数由用户提供,它通常与具体的业务和用户请求紧密相关。密封囊可以在 AN 中移动,主动节点提供执行环境对它分析、解释和执行。目前提出对密封囊有几种传输方式,它可附带在现有 IP 包的 IP 选项中(一种过渡方式),也可以按照 ANEP<sup>[4]</sup>的协议封装。由于密封囊在网络中移动,影响主动节点对将来到达的包的处理,必须为每个密封囊都定义其存活时间 TTL,以防止它的内容过时。

插件组合	插件 1	参数 1	插件 2	……	参数 n
------	------	------	------	----	------

图 2 用户定制业务

### 2.3 主动节点

传统路由器接收到包后,打开包头,按照包的目的地地址查找路由表将包转发,对包没有计算能力。我们将路由器扩展其功能为主动节点,它可以对包进行存储、修改、重定向等多种操作<sup>[5]</sup>(图 3)。主动节点接收到包后,先对包分类,普通的包只要前转即可,对于定制业务的包首先进行功能分解,分离插件和用户参数,插件

管理器负责从本地插件库或者当本地没有时从远端的代码服务器下载,并送至功能处理单元的执行环境对包计算,在这里插件创建相应的实例,多个插件实例连接成链完成一个业务的功能。起初插件链是处于休眠状态的,当有要处理的包过主动节点时(如根据目的地址区分),就激活插件链对包进行处理,主动节点将处理后的包转发。值得注意的是,主动节点并非对所有到达的包都进行复杂的计算,而只是对业务所要求处理的包进行计算,这样仍然能够保持路由器以高速度、高效率地转发包。

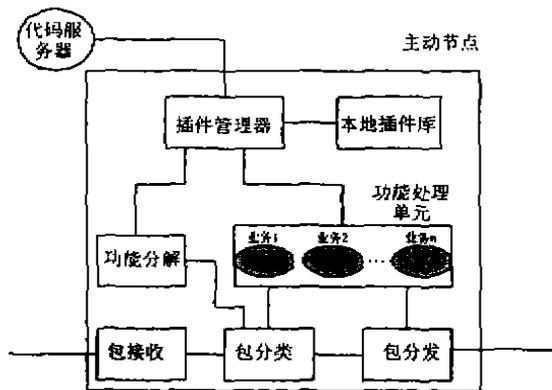


图 3 主动节点

## 3 一种新的类流水线的全分布主动网络计算模型

### 3.1 流水线概念

传统的业务提供是由业务提供商或网络运营者来集中提供的,用户不具有选择权利,这时客户的需求不能及时得到反映。AN 的计算能力使得通过网络的分布计算来提供业务成为可能。流水线计算思想在高速并行计算机体系结构的设计中获得广泛而成功的应用,其基本思想是采用时间重叠的方式,对结构化的重复数据流达到并行处理的目的。流水线设计还要求将任务细化为多个有序的功能模块,每个模块都由特定的处理单元处理,研究表明,流水线设计与简单的顺序执行相比明显地优化了系统整体的吞吐率和效率。

Internet 是基于端到端的思想设计的,计算是在端完成的,传统的 E-mail 和 WWW 业务都是基于这一思想设计的。我们提出一种新的类流水线的主动网络计算模型,在许多有计算能力的主动节点的支持下,我们把 Internet 看作是对信息加工的工厂,原始信息从发端经过主动节点的跳-跳转发和计算,最终成为终端用户所需要的成品信息,终端用户对该信息可以不作计算或较少计算。这样一个业务是通过网络中各主动节点的分布计算配合端的计算来完成的。下面以网

上应聘业务为例说明分布计算的含义。

### 3.2 网上应聘业务

网上应聘业务是公司对应聘人员在网上进行答卷考试选拔录取人员,其中考题分为主观题和客观题两种。业务的主要过程是:首先过滤掉不符合格式的答卷,然后对客观题计分,将主观题分配到行政主管和业务主管分别打分,最后根据总分排名取前几名录用,向应聘人员发通知。根据以上过程,我们假定网上应聘业务的过程是由以下功能模块(分别由对应的插件来定义)组成:①过滤→②客观题计分→③分配→④主观题计分→⑤排名。

如图4所示,假定应聘人分布在不同的自治区域(AS)内,公司位于AS5。首先由用户定制业务,按照一定任务分配策略将任务分配到各个主动节点上。应聘人从网络中某服务器统一时下载考题,并在要求的时间内完成后提交,当主动节点收到一个包后,先查看包中的任务列表是否按顺序应该由本节点处理,若不该,则转移到相应的主动节点,否则处理后转移到下一任务对应的主动节点。包依次经过各主动节点得到处理,类似经过流水线对信息一步步的加工,最终反馈给用户的是是否录取的通知。应该指出的是,这里对网上应聘业务只是功能上的描述,我们的目的并不是具体地实现一个业务,而是希望通过一个实例说明网络计算的含义。

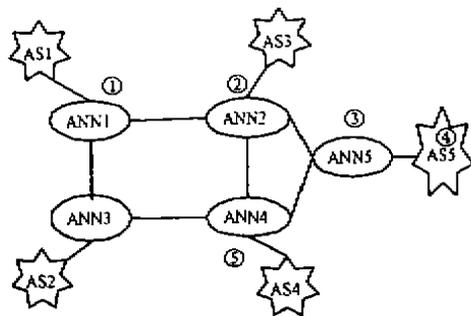


图4 网上应聘业务

Internet传统业务实现方式都将计算集中在端上,终端只能顺序地处理包,造成效率不高;而流水处理方式把对包的计算放到整个包的传输过程中,分布计算使得单位时间内的吞吐量大大提高。这种分布计算方式固然增加了网络的复杂性和实现上的难度,但是这是对传统集中方式提供业务的突破,也使业务的真正客户化成为可能,除了对网络性能的优化以外,分布计算方式还能够使网络提供以前难以提供的业务,从而使业务更加丰富多彩。

但是在网络中实施流水线计算,还有许多必须要解决的问题。实际Internet上包的传输时延不固定,这

可能造成流水线的断流问题,使流水线系统效率不高。针对实时性要求较高的业务,可以采用预留处理资源和带宽资源的方法来保证业务的QoS,再有,各主动节点负载的动态变化可能会造成负载不均问题,这可以通过动态地进行负载均衡来解决,即负载轻的节点可以从负载重的节点下载插件,同时完成两个子任务,这也要求主动节点之间具有相互协调的能力。

**结束语** AN的网络计算机制使得网络更加灵活和客户化,使新业务和新的体系快速、灵活地引入成为可能。本文主要贡献在两个方面:一是提出了一种基于插件技术的AN的体系结构;二是提出了类流水线的全分布AN计算模型,引进了一种利用分布计算来实现业务的新思想。

应该看到,AN还有许多需要解决的问题。AN的灵活性使得网络更加复杂,同时用户将客户化的代码加载到网络中也给网络的安全带来挑战。此外AN还需要解决效率及互操作性等许多问题。为了尽量与现有网络向后兼容,AN还应该能够提供一种逐步演进策略。

由于种种原因,我国尚未开展AN的研究工作,AN的重要意义应该引起我国学术界和工业界的足够重视。AN为我国的信息产业提供了一个难得的好机遇。在目前的Internet网上,国产平台所占的份额极少。其原因不仅仅是我国在这方面的起步较晚,更重要的是,Internet技术本身限制了第三方所开发的新软件。如,各公司Internet中的路由器基于专用平台,并且与固定的软件捆绑在一起,第三方即使能够开发出优秀的新软件,由于软件入口障碍,也很难集成到商用的专用平台中去。AN使服务软件不依赖于任何专用平台,这样我国的信息技术人员便可以根据用户的需求开发新的软件,并可以随时提供给用户,而不受制于人。AN研究成果可以为我国的网络设备(如路由器和交换机等)生产商提供一些新的思路和方法,为今后设计和实现有较强竞争力的主动网络设备奠定基础。

### 参考文献

- 1 Tennenhouse D, Wetherall D. Towards an Active Network Architecture. in Multimedia Computing and Networking (MMCN 95). San Jose, CA, 1995
- 2 van der Merwe J E, et al. The Tempest- A Practical Framework for Network Programmability. IEEE Network, 1998(May): 20~28
- 3 Wetherall D, et al. Introducing New Internet Services: Why and How. IEEE Network, 1998(May): 12~19
- 4 Alexander D S, et al. Active Network Encapsulation Protocol (ANEP). Available at: <http://www.cis.upenn.edu/switchware/ANEP/docs/ANEP.txt>, 1997
- 5 Tennenhouse D L, et al. A Survey of Active Network Research. IEEE Commun. Mag., 1997, (Jan.), 80~85