

基于交互、面向服务的新一代网络体系结构模型研究

杨 鹏, 吴家皋

(东南大学计算机网络和信息集成教育部重点实验室, 江苏南京 210096)

摘 要: 本文充分重视了扭斗对于网络体系结构研究的影响, 总结和归纳了在扭斗环境下设计新一代网络体系结构模型的若干原则, 在这些设计原则的指导下提出了一种结构分层、功能分面、基于交互、面向服务的新一代网络体系结构 INSA 参考模型, 并对该参考模型的设计理念、主要特色和形式化建模方法等内容进行了详细阐述. INSA 参考模型保持了传统互联网开放、简单和灵活的优点, 并且使新一代网络体系结构具有可管理、可控制、可定制、可演进和可重用等特性, 为下一代网络的研究和建设提供了崭新的思路.

关键词: 网络体系结构; 下一代网络; 扭斗; 设计原则; 构件化思想

中图分类号: TP393 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2005) 05-0804-06

An Interaction Based, Service Oriented Model of Network Architecture

YANG Peng, WU Jia gao

(Key Laboratory of Computer Network and Information Integration (Southeast University), Ministry of Education, Nanjing, Jiangsu 210096, China)

Abstract: By paying attention to tussle's impact on the research of network architecture, a set of design principles for constructing new generation network architecture are summarized in this paper, and then an interaction based, service oriented model of network architecture, INSA, is proposed under the direction of those design principles. Furthermore, the design thinking, general characteristics and formal modeling techniques of INSA model are described and discussed. Maintaining the openness, simplicity and flexibility of the traditional Internet, the INSA model introduces the manageability, controllability, customizability, evolvability and reusability into the new generation network architecture. So it provides good guidance for the research and development of the next generation network.

Key words: network architecture; next generation network; tussle; design principle; component concept

1 引言

由于人类社会信息化进程的日渐加剧, 网络所扮演的角色已经由最初单纯面向国防或者科研等应用领域的通信基础设施, 逐渐转变为承载和支撑各国政治、经济、文化、教育、国防等各个领域全面信息化的信息基础设施. 但是, 目前在世界上部署范围最广、使用人数最多的互联网, 在面对各种大量涌现的新兴应用类型和应用模式时越来越显得力不从心. 事实上, 由于互联网商业化程度的不断加深, 互联网最初的建设者和使用者所期望的“共同建设、自由使用、守信协作”的共同理想目标已不再现实, 互联网活动的参与各方为了各自不同的利益往往需要彼此间相互争斗. D Clark 等人将这种现象称之为互联网中的“扭斗”(tussle)^[1]. 在今天的互联网中, 扭斗的形式多种多样、千变万化, 主要体现在经济、信任和开放性三个方面. 但是, 由于互联网初始设计时所存在的缺陷和不足, 这些扭斗大多不能在现有的互联网体系结构范畴内获得较好的

解决.

网络系统中扭斗现象的凸现和激化表明, 传统的网络体系结构已经不能适应网络发展的需要, 现在的互联网必须新的网络体系结构的指导下向下一代网络演进. 因此, 研究满足下一代网络发展需求的新一代网络体系结构模型势在必行. 我们认为: 下一代网络的本质应该是以向人类社会提供方便快捷的高性能信息服务为目的的, 能够支撑各国各个领域全面信息化的, 可靠、安全、健壮、高性能、具有商业运作能力的信息基础设施; 必须在扭斗环境中重新审视传统网络体系结构的利弊, 充分重视和考虑技术如何适应扭斗环境, 将工程技术方法和社会科学方法综合起来研究新一代网络体系结构. 同时, 我们注意到近年来研究界所开展的关于叠加网(Overlay)^[2]、网格(Grid)^[3]以及 Web Service^[4]等的研究, 实质上已经为研究人员提供了从服务的角度来研究和变革传统互联网的崭新思路. 因此在研究满足下一代网络发展需求的新一代网络体系结构时, 应该注意借鉴这种研究思路, 始终将提

供高性能服务作为新一代网络体系结构的核心目标和研究出发点。

在这些思想和认识的指引下,本文提出了一种基于交互、面向服务的新一代网络体系结构 INSA 参考模型。该模型立足于下一代网络作为信息基础设施的本质特征,以新一代网络体系结构的若干设计原则为指导,以构件化思想和交互观点为建模基础,充分借鉴和吸收了相关研究领域的最新研究成果,能够较好地满足下一代网络的发展需求。

2 基于交互、面向服务的新一代网络体系结构模型

2.1 新一代网络体系结构模型的设计原则

网络体系结构是设计和构造满足特定要求的网络系统的科学,通常是对一个特定网络系统的总体结构的规约,一般由一系列具有指导意义的抽象设计原则组成。网络体系结构的合理与否将直接影响实际网络系统的功能和性能,并将最终决定整个网络系统能否持续、稳定和协调地向前发展。由于互联网已经成为人类信息社会的一个重要组成部分,出现了许多从前没有考虑到的新的需求和挑战,因此必须对传统网络体系结构进行重新审视,并在此基础上研究和探寻新的网络体系结构模型。事实上,国际网络研究界已经在这方面展开了很多相关研究工作,如文献[5]对传统互联网的体系结构原则进行了总结,指出互联网具有恒变(constant change)的性质,并提醒网络设计者注意到异构性无法避免,应尽力保持设计的简单性和尽量采用模块化设计等;文献[6]和[7]等都认为互联网和电信网的相互借鉴和融合是未来网络的发展方向;文献[1]通过对互联网中扭斗的研究,提出必须采用设计结果要考虑变化(design for variation in outcome)、沿着扭斗边界进行模块化(modularize along tussle boundaries)和设计应允许选择(design for choice)等原则来应对扭斗;文献[8]进一步概括了能指引互联网向前演进的三条原则:考虑变化的设计(design for change)、受控的透明性(controlled transparency)和以扭斗空间为中心(the centrality of the tussle space)等。

建立新一代网络体系结构的目的是要适应下一代网络发展的需要,保持网络发展的一致性和连贯性。新一代网络体系结构必须面向多样的服务模型和复杂的应用需求,既要能屏蔽底层网络通信基础设施的异构性,又必须提供一个统一、开放、安全、可扩展、可管理和高性能的服务平台,以支持快速灵活地开发、集成、部署和定制各种网络应用。综合了上述参考文献的主要观点,并结合我们对网络体系结构的研究实践以及我们对于下一代网络的认识和看法,本文认为在构造满足下一代网络发展需求的新一代网络体系结构模型时,一方面既要保持传统互联网开放、简单、灵活和健壮的优点,另一方面还应该在下述设计原则的指导之下进行:

(1) 融合原则 下一代网络既不单纯是现在互联网的简单扩展,也不单纯是现在电信网的自然延伸,而应该是互联网和电信网的相互融合和发展。下一代网络反映了多种网络系统相互融合的发展趋势,其目标是实现各种开放、异构网络系统之间的结构互联、优势互补、信息互通和服务互融。

融合原则的一个自然推论是:满足下一代网络发展需求

的新一代网络体系结构模型必然具有宏观分层的结构。这是因为多种网络系统的融合必然导致下一代网络的体系结构变得异常复杂,而对逻辑结构极其复杂的网络系统进行分层描述是被实践证明了的行之有效的处理方法。但是,传统的单纯基于通信功能来进行层次划分的网络体系结构模型(如 OSI 和 TCP/IP),由于层次功能固定而难以进行扩展,所以不能完全适用于以向用户提供复杂多样的网络服务为核心目标的下一代网络。对新一代网络体系结构模型进行宏观分层的主要目的是为了多种网络系统的融合,因此粒度不宜太细、层次不宜过多;同时允许每一层内部具有灵活的层内结构,以适应不同的承载网络和不同的协议技术。

(2) 变化原则 网络环境中的扭斗在不断发展变化,对应的网络体系结构必须适应这种变化。因此,新一代网络体系结构的设计应该面向变化,充分重视和考虑技术如何适应不断发展变化的扭斗环境,保持设计目标的灵活性和可变性,尽量避免因片面追求短期利益而妨碍网络未来的发展。

下一代网络将是以服务为中心、以社会为环境的信息基础设施,因参与建设和使用网络的各方之间难以消除的利益冲突而导致的扭斗现象必将长期存在。为满足不同组网技术、不同应用需求和不同运营环境的需要,下一代网络必须具有规模可缩放、结构可重构、平台可移植、功能可扩展和服务可定制等动态可变特性。适应变化原则的可行方案就是尽量保持网络核心技术的通用性,传统互联网中所采用的分组交换技术以其灵活的路由选择方法、独立的数据封装技术和多样的应用服务支持带给了互联网最大的通用性和可变性,是保证互联网取得成功的最关键因素之一。因此,尽管目前还没有公认的下一代网络标准,但对下一代网络有一个基本共识:基于分组交换^[8,9]。

(3) 隔离原则 网络系统是规模极其庞大的非线性人造系统,保持设计的简单性是维持其健康发展的关键。在新一代网络体系结构的设计过程中,应该注意选用适宜的技术、方法和机制来分隔与特定求解目标无关的问题,尽量保证将针对不同扭斗域的网络功能从逻辑上分离、从实现上解耦。

尽管不存在纯粹相分离的策略和机制,也难以获得真正“价值中立”的设计方案,但这种进行分离的尝试和努力却会为处理扭斗带来好处^[1]。因此,新一代网络体系结构的研究应该充分考虑扭斗的影响,在隔离原则的指导下寻找合理、有效的措施来分离各种扭斗,采取模块化、分治法等方法化繁为简、化整为零,分别处理和解决相应的问题。设计的目标不是消除扭斗,而是将扭斗控制在一个合理的范围内,从而将扭斗变成促进网络发展的动力。隔离原则可以看作是对传统的“效率优先”原则的挑战,通过看似效率不高的隔离处理、分而治之的策略,往往可以为网络体系结构的未来发展留下更多的灵活可扩展空间,所以隔离原则与变化原则一样,都要求设计者必须具有长远的发展眼光。

(4) 选择原则 新一代网络体系结构的研究应该综合面向开放系统互连和面向多样服务提供的设计思路,既允许用户有根据自己的喜好对服务类型和服务方式进行选择的权利,同时还允许在尽可能保持服务功能不变的情况下,网络本

身有根据不同的实际情况对具体实现技术进行选择的权利。

作为信息基础设施的下一代网络必须面向各种应用需求、支持各种应用类型和适应各种应用环境,而其体系结构的动态可选择能力无疑是使这一目标成为现实的关键之一。在选择原则指导下设计新一代网络体系结构,将有助于解决传统网络体系结构所面临的结构过于固定、功能耦合太紧、协议标准化缓慢、难以定制服务等问题。当前的 Overlay 技术可以视为该原则的体现:通过在原有的网络基础设施之上叠加一层逻辑网络,避免了对核心网络的改造,降低了服务开发成本,增加了服务部署的灵活性,提高了服务定制的能力。同时,选择原则还意味着网络体系结构必须开放,这不仅有利于将服务提供和承载网络分离开来,而且还有利于激励技术创新和鼓励第三方服务供应商参与竞争。

在上述设计原则的指导下,借鉴了开放数据网 ODN^[10]、主动网、可编程网、叠加网、模块化通信系统 MCS^[11]、网格、Web Service 等现代新型网络体系结构和应用体系结构的合理研究思路,吸纳了近年来软件领域所取得的若干研究成果(如基于构件的软件工程 CBSE、软件体

系结构^[12,13]等)的思想、观点和方法,把握了下一代网络作为人类社会信息基础设施的本质特征和网络研究重点正在从通信向服务进行跃迁的发展趋势,我们把已经在新型网络体系结构研究方面所取得的成果^[14]进一步引向深入,提出了一种结构分层、功能分面、基于交互、面向服务的新一代网络体系结构模型——基于交互的网络服务体系结构 INSA(An Interaction-based Network Service Architecture)参考模型,见图1。本文余下部分将对 INSA 参考模型的设计理念、建模特色和形式化方法等内容进行阐述。

2.2 新一代网络体系结构的 INSA 参考模型

融合原则表明下一代网络将是互联网、电信网、有线电视网等多种网络系统的大融合,我们认为这种融合应该更多关注的是多种网络系统所提供的服务能力的融合,而不是仅仅局限在从连接形式上的简单混合,因为对于“核心简单、边缘智能”的互联网和“核心智能、边缘简单”的电信网,它们的体系结构特征差异如此之大,决不应寄希望于仅仅通过简单折衷混合就能解决问题。因此,多种网络系统的相互融合和发展实质上应该是它们所采用的设计思想、技术路线、处理机制等的相互借鉴、渗透、集成和创新。例如, D Clark 在 1988 年所提出的“流”(flow)和“软状态”(soft state)的概念^[15],就可以视为是借鉴传统电信网中的电路交换思想来对传统互联网中采用“无状态路由转发”的分组交换技术所进行的一种适当增强面向连接特性的改造,这种改造的合理性和有效性在其后发展起来的 IntServ/RSVP 等技术上得到了印证。在融合原则

和变化原则的指导下, INSA 参考模型采用“沙漏”结构来对新一代网络体系结构进行形象直观地表示,并将新一代网络体系结构由下至上分为五层^[14](依次是通信服务层、传输服务层、分布处理服务层、应用服务层和用户应用层)。INSA 参考模型的一个最明显特征是采用了“沙漏”结构,这主要是基于如下的考虑:

①变化原则要求尽量保持网络核心技术的简单性、灵活性和通用性,更多的其他功能和性能则可以通过扩展来实现。而互联网的成功经验表明具有“沙漏”结构的 TCP/IP 参考模型能够为互联网体系结构带来最大的灵活性、通用性和可扩展性,是互联网取得成功的重要保证之一。因此,“沙漏”结构的合理性应该在新一代网络体系结构中得到适当反映。

②尽管对于究竟应该采用怎样的体系结构参考模型来实现下一代网络所要求的多种网络系统的融合,目前研究界尚无定论,但开放数据网(ODN)的相关研究表明采用“沙漏”式的网络体系结构模型确实有助于将互联网、电信网和有线电视网等有效地组织在一个统一的体系框架之内。

③INSA 参考模型主张从服务提供的角度来研究多种网络系统的融合,处于“沙漏”腰部的传输服务层和分布处理服务层分别为下一代网络提供了基于网络传输服务和分布处理服务的网络融合方案。这两层处于“沙漏”的腰部,实际上也表明它们是下一代网络发展的瓶颈,下一代网络一方面要研究新的高效网络传输服务,另一方面要研究开放的、标准的、易于大规模异构网络融合的分布处理服务。

INSA 参考模型既保留了传统分层网络体系结构在分解网络系统复杂性方面的优势,同时又避免了像 OSI 参考模型那样因为层次划分得过细而带来的难以实现、不易扩展、不同层次中功能重复和冗余等缺点。另外,传统的单纯基于通信功能来进行层次划分的网络体系结构参考模型,一方面由于受到模型制定当时的理论和技术方面的局限,另一方面由于受到设计者有意或无意地片面追求某些短期效益的影响,因而不大可能完全兼顾到网络未来的发展趋势,例如,传统互联网的基本协议 IP v4 现在就面临着地址空间严重匮乏、报头中单一的 TOS(服务类型)字段已不足以支持多种 QoS 服务模型等问题,成为了制约互联网发展的最主要因素之一。

隔离原则要求对下一代网络中不同的功能进行分离和解耦,在隔离原则的指导下 INSA 参考模型将新一代网络体系结构分为四个面,分别是管理面、控制面、定制面和传送面。分层的思想体现了对网络结构的垂直分解,而分面的思想则体现了对网络功能的水平分解。传统网络体系结构参考模型(如 OSI 和 TCP/IP)虽然对网络的层次划分进行了详尽的描述,但对分面思想重视不够,没有将网络各层中相对独立的功能分离开,这也是导致传统网络体系结构不易扩展和定制、难以控制和管理、缺乏服务质量保证的根本原因之一。在 INSA 参考模型中,管理面负责协调各个面之间的关系并提供与整个网络系统相关的管理功能;控制面负责对网络各层中的软/硬件资源以及各种网络活动进行控制;定制面负责按照各种特定的应用需求来实施相对应的服务定制工作;传送面主要提供网络系统最基本的信息传输功能,负责将各种信息从源传送

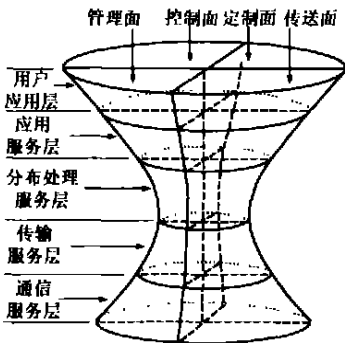


图1 INSA 参考模型

至目的。

事实上,采用带外信令(如 SS7)将控制功能和传送功能进行严格分离是传统电信网易于实现控制和管理、能够确保系统安全可靠的主要原因;并且 B-ISDN/ATM、模块化通信系统 MCS、可编程网等的研究也都注意到了体系结构方面的重要性;而 ITU-T 则是将“控制功能与承载能力、呼叫/会话以及应用/服务相分离”作为下一代网的一个主要特征^[9]。因此,INSA 参考模型以隔离原则为指导将新一代网络体系结构进行功能分面是研究和建设下一代网络的合理方法,这将有助于将下一代网络建设成系统可管理、资源可控制、安全可靠、服务可定制和质量可确保的信息基础设施。

基于目前对下一代网络将会以分组交换作为其核心技术的普遍共识,我们认为在现有的规模十分庞大、功能比较完善、应用基本成功、影响极其深远、并积累了丰富的分组交换技术运作经验的互联网的基础上向下一代网络进行渐进式演进是一条现实的可行之路。关于如何渐进实现 INSA 参考模型中的功能分面,我们认为 KP^[16]和 PlanetLab^[17]等研究所采用的思路具有重要的参考价值 and 启发意义。最近 D Clark 等人所提出的 Knowledge Plane 概念,就是希望在保持传统互联网体系结构中简单而透明的数据传输面的同时,为互联网增设能够智能地进行控制和管理的控制/管理面(即所谓的知识面 KP);而被认为是未来互联网雏形的 PlanetLab 研究计划,则采用了通过 Overlay 技术为传统互联网引入病毒检测、路由探测、网络监管、内容分发、分布海量存储、故障自动恢复等众多新的服务能力,从而变革只能提供尽力而为传输服务的功能过于简单的传统互联网核心的研究思路。我们认为,下一代网络应该在 INSA 参考模型的指导下,在对网络的层次结构进行深入研究的同时,通过借鉴这些相关研究的新的思想、方法和技术来建设和增强各个面的功能。

变化原则要求网络体系结构具有动态可变特性,隔离原则要求网络体系结构尽量采用模块化设计,选择原则要求网络体系结构支持灵活的服务定制和技术选择,那么,是否存在一种或几种技术思想能够同时满足这些要求呢?我们认为,构件化思想就是这一问题的肯定答案。这是因为:作为近年来计算机软件领域最重要研究成果的软件体系结构和基于构件的软件工程等学科,它们将构件概念引入到软件系统的建模、设计和实现中,为大型软件系统的开发提供了崭新的思路,实现了软件领域自面向对象技术以来的又一次飞跃。但是,长期以来传统的网络体系结构研究与软件领域的研究几乎一直处于各自独立发展的局面,一些新的软件设计思想不能很好地运用到网络体系结构的研究中来,传统的协议实现基本上仍在沿袭结构化程序设计的老路。因此,我们认为在研究和建立合理的新一代网络体系结构时,有必要借鉴和吸收软件领域的最新研究成果。所以 INSA 参考模型明确地将构件化思想纳入到新一代网络体系结构的研究中来,提出了“以功能层次的自然划分作为定义构件类型的尺度,以具有独立的服务能力作为封装构件的标准,以对等层构件之间的协议交互作为实现网络服务的手段,以相邻层构件之间的垂直交互作为提供网络服务和实施服务定制的途径”的 INSA 构件化思想和交互

观点。

对于下一代网络的研究和建设,INSA 参考模型主张立足于下一代网络的“服务”本质,通过对传统网络体系结构进行构件化改造以及其他各种技术创新来实现向下一代网络的渐进式演进。INSA 参考模型只是对新一代网络体系结构模型中各层所应提供的服务进行了构件化定义,但并不对每层中的具体协议和实现技术进行强制性规定。新一代网络体系结构的 INSA 参考模型实质上提供的是一个从服务角度研究下一代网络的网络服务体系结构框架,它支持网络系统中由上到下各层功能的选择、匹配和组装,从而能够向网络最终用户提供高效、灵活、方便、快捷的个性化服务定制功能。

2.3 INSA 参考模型的形式化建模方法

随着网络规模的不断扩大和网络技术的日益复杂,网络体系结构迫切需要有一套合理的形式化方法来描述、分析和验证其相关性质。我们以通信顺序进程 CSP^[18]为理论基础,借鉴了软件体系结构等相关领域的研究思路,展开了关于网络体系结构形式化建模的研究^[14]。本文结合我们在这一领域所取得的新的研究进展对文献[14]中所采用的形式化方法进行了适当的修改和进一步完善,建立起了一套以 INSA 构件化思想和交互观点为基础的新一代网络体系结构的 INSA 形式化建模方法(以下简称 INSA 形式化模型)。INSA 形式化模型的基本组成元素之一是实体构件,它是具有特定网络功能并参与网络协议交互的基本单元。依据实体构件在 INSA 参考模型中所处层次的不同,INSA 形式化模型定义了服务实体构件和用户实体构件两类实体构件。

定义 1 服务实体构件(Service Entity Component)是 INSA 参考模型里用户应用层以下的各层中能够向其上面的层提供特定服务功能的实体构件,它用七元组 (SecID, ServicePorts, ControlPorts, ProtocolPorts, SecSpec, SecProperties, SecConstrains) 来抽象表示。其中:SecID 是该服务实体构件的标识;ServicePorts、ControlPorts 和 ProtocolPorts 分别是该服务实体构件垂直向上的服务端口集、垂直向下的控制端口集和水平方向的协议交互端口集(关于端口的说明见定义 2);SecSpec 是该服务实体构件的实现逻辑规约,用以 SecID 为名字的 CSP 进程表达式来表示;SecProperties 是与该服务实体构件相关的属性,主要包括功能、安全性、可靠性、运行环境以及其他一些构件发布信息等;SecConstrains 是对该服务实体构件在管理、控制和服务定制等方面的约束。

定义 2 端口(port)是实体构件与外部环境之间的交互点,它用六元组 (portID, inMsg, outMsg, portSpec, portProperties, portConstrains) 来抽象表示。其中:portID 是该端口的标识;inMsg 和 outMsg 分别是该端口的输入消息和输出消息;portSpec 是该端口的交互行为规约,用以 portID 为名字的 CSP 进程表达式来表示;portProperties 是与该端口相关的属性;portConstrains 是该端口的约束信息。

定义 3 用户实体构件(User Entity Component)是 INSA 参考模型里的用户应用层中直接面向网络应用最终用户的实体构件,它用七元组 (UecID, UserInterface, ControlPorts, ProtocolPorts, UecSpec, UecProperties, UecConstrains) 来抽象表示,其中:

UecID 是该用户实体构件的标识; UserInterface 是该用户实体构件垂直向上的用户接口,它是用户使用网络系统的界面,它一方面完成对用户的管理(如认证、鉴权、导航、计费等),另一方面接受用户的个性化应用需求并实施相应服务定制; ControlPorts 和 ProtocolPorts 分别是该用户实体构件垂直向下的控制端口集和水平方向的协议交互端口集; UecSpec 是该用户实体构件的实现逻辑规约,用以 UecID 为名字 CSP 进程表达式来表示; UecProperties 是与该用户实体构件相关的属性; UecConstrains 是该用户实体构件的约束信息。

网络系统是一个极其复杂的分布、并发系统,文献[19,20]等的研究表明传统的以图灵机和 λ 演算为基础的顺序计算模型不适用于对并发系统建模,交互(interaction)才是分布、并发系统建模的基础。因此,INSA 参考模型一开始就将交互观点作为建立新一代网络体系结构的立论之基,严格区分了网络体系结构中对等层之间的水平方向交互和相邻层之间的垂直方向交互,认为前者反映的是两个或多个对等层实体构件按照某种协议规则而进行的相互通信/彼此协作关系,后者反映的是两个或多个相邻层实体构件之间的服务使用/服务提供关系。这样,INSA 参考模型就将服务和协议这两个在传统网络体系结构(尤其是 TCP/IP 参考模型)中紧密耦合的概念明确分离,为网络服务提供和具体实现技术的彼此解耦以及各自独立发展奠定了基础。INSA 形式化模型用交互连接件来对实体构件之间的交互关系进行建模,并且相对应地定义了协议交互连接件和服务交互连接件两类交互连接件。

定义 4 协议交互连接件(Protocol Interaction Connector)是 INSA 参考模型里的对等层实体构件之间水平方向协议交互关系的抽象,它用五元组(PicID, ProtocolRoles, ProtocolGlue, PicProperties, PicConstrains)来表示。其中: PicID 是该协议交互连接件的标识; ProtocolRoles 是该协议交互连接件水平方向的协议角色集(关于角色的说明见定义 5); ProtocolGlue 是描述 ProtocolRoles 中所有角色的整体协调制约关系的协议胶合规则,用以 PicID, ProtocolGlue 为名字 CSP 进程表达式来表示; PicProperties 是与该协议交互连接件相关的属性; PicConstrains 是该协议交互连接件的约束信息。

定义 5 角色(role)代表了参与由某个交互连接件所抽象的交互关系的实体构件通过其相应端口所表现出来的行为特征,它用六元组(roleID, inMsg, outMsg, roleSpec, roleProperties, roleConstrains)来抽象表示。其中: roleID 是该角色的标识; inMsg 和 outMsg 分别对应的是该角色在交互过程中的输入消息和输出消息; roleSpec 是该角色的行为规约,用以 roleID 为名字 CSP 进程表达式来表示; roleProperties 是与该角色相关的属性; roleConstrains 是该角色的约束信息。

定义 6 服务交互连接件(Service Interaction Connector)是 INSA 参考模型里的相邻层实体构件之间垂直方向服务交互关系的抽象,它用六元组(SicID, ControlRoles, ServiceRoles, ServiceGlue, SicProperties, SicConstrains)来表示。其中: SicID 是该服务交互连接件的标识; ControlRoles 是该服务交互连接件垂直上方的控制角色集(其中每个角色代表的是对应的上层实体构件的垂直向下控制端口); ServiceRoles 是该服务交互连接件

垂直下方的服务角色集(其中每个角色代表的是对应的下层实体构件的垂直向上服务端口); ServiceGlue 是描述 ControlRoles, ServiceRoles 中所有角色的整体协调制约关系的服务胶合规则,用以 SicID, ServiceGlue 为名字的 CSP 进程表达式来表示; SicProperties 是与该服务交互连接件相关的属性; SicConstrains 是该服务交互连接件的约束信息。

为支持对新一代网络体系结构进行直观地建模和分析,INSA 形式化模型采用了专门的图形符号来表示上述实体构件和交互连接件。图 2 给出的是 INSA 形式化模型中服务实体构件和用户实体构件的图形符号表示;图 3 给出的是 INSA 形式化模型中协议交互连接件和服务交互连接件的图形符号表示。

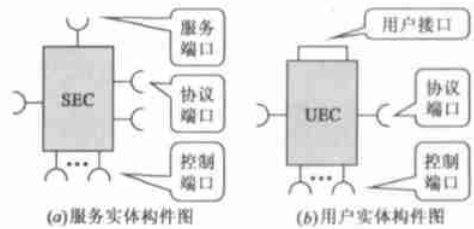


图 2 实体构件的图形符号表示

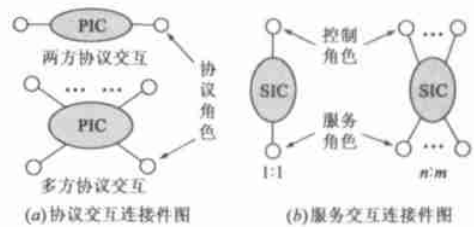


图 3 交互连接件的图形符号表示

传统网络体系结构一般采用“一对一”直接交互模型来描述两个实体之间的交互关系,而在下一代网络中出现得越来越多的应用模式将是所谓的多方应用(Multiparty Applications),如协同工作、视频会议、多人游戏等,若再沿用“一对一”直接交互模型则难以对多方应用中所涉及到的多个实体之间复杂的交互关系进行描述和分析。而且,近年来对多播技术的研究也表明,很多在单播环境中的假定和技术,在多播环境中已不再成立和适用,所以,从两个实体之间的交互关系到多个实体间的交互关系的过渡需要采用全新的交互模型。因此,在构件化思想和交互观点的指导下,INSA 形式化模型以通信顺序进程 CSP 作为理论基础,专门定义了交互连接件来对实体构件之间的交互关系进行建模。这里所定义的服务交互连接件和协议交互连接件具有较强的语义表达能力,不但可以对实体构件之间的交互行为和交互环境特征进行描述,而且能够同时支持对“一对一”和“多对多”的垂直服务交互关系及水平协议交互关系进行建模和分析。

我们在上述 INSA 参考模型和 INSA 形式化建模方法的指导下,建立了一套对新一代网络体系结构进行建模、设计、分析和开发实现的理论和方法,从服务角度对下一代网络展开了全面系统的研究。关于基于交互、面向服务的新一代网络体

系结构模型的其他研究内容,我们将在后续文章中介绍。

3 结束语

扭斗实际上已经并且仍将继续对一些传统的网络体系结构设计思想产生深远影响,研究满足下一代网络发展需求的新一代网络体系结构模型势在必行。本文把握了下一代网络作为人类社会信息基础设施的本质特征和网络研究重点正在从通信向服务进行跃迁的发展趋势,首先总结和归纳了设计新一代网络体系结构模型的若干原则,然后在这些设计原则的指导下建立起了一种结构分层、功能分面、基于交互、面向服务的新一代网络体系结构 INSA 参考模型,并提出了相应的形式化建模方法。INSA 参考模型的研究紧密围绕融合原则、变化原则、隔离原则和选择原则展开,在保持了传统互联网开放、简单、灵活的优点的同时,提高了新一代网络体系结构的适应性、演进性和重用性,能够较好地解决当前网络中的扭斗问题。INSA 参考模型是现在和可以预见的将来的较为合理的新一代网络体系结构模型,为下一代网络的研究和建设提供了有益的指导。

致谢:衷心感谢顾冠群教授对本文研究工作的悉心指导!

参考文献:

- [1] Clark D D, Wroclawski J, Sollins K R, et al. Tussle in Cyberspace: defining tomorrow's Internet[A]. Proc. of ACM SIGCOMM' 02[C]. Pittsburgh, PA, USA, 2002. 347- 356.
- [2] El-Sayed A, Roca V, Mathy, L. A survey of proposals for an alternative group communication service[J]. IEEE Network, 2003, 17(1): 46- 51.
- [3] Foster I, Kesselman C, Nick J, et al. Grid services for distributed system integration[J]. IEEE Computer, 2002, 35(6): 37- 46.
- [4] Web Services Architecture Working Group. Web Services Architecture, W3C Working Draft 8[DB/OL]. <http://www.w3.org/TR/2003/WD-ws-arch-20030808/wsa.pdf>, 2003- 12.
- [5] Carpenter B. Architectural Principles of the Internet[S]. RFC 1958, 1996.
- [6] Modarresi A R, Mohan S. Control and management in next generation networks: Challenges and opportunities[J]. IEEE Communications Magazine, 2000, 38(10): 94- 102.
- [7] Clark D. A new vision for network architecture[EB/OL]. http://www.isi.edu/~braden/know-plane/DOCS/DDC.knowledgePlane_3.pdf, 2002.
- [8] Clark D D, Sollins K, Wroclawski J, et al. Addressing reality: an architectural response to real world demands on the evolving internet[J]. ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 2003, 33(4): 247- 257.

- [9] ITU-T SG13. NGN 2004 Project description, Version 3[DB/OL]. <http://www.itu.int/itu-t/itu-t/com13/ngn/9.html>, 2004.
- [10] Computer Science and Telecommunications Board(CSTB), National Research Council. Realizing the Information Future: The Internet and Beyond[M]. Washington, D. C. : National Academy Press, 1994.
- [11] Bocking S. Object oriented network protocols[A]. Proc. of IEEE INFOCOM' 97[C]. Kobe, Japan: IEEE, 1997. 1245- 1252.
- [12] Allen R, Garlan D. A formal basis for architectural connection[J]. ACM Trans on Software Engineering and Methodology, 1997, 6(3): 213- 249.
- [13] Medvidovic N, Taylor R N. A classification and comparison framework for software architecture description languages[J]. IEEE Transactions on Software Engineering, 2000, 26(1): 70- 93.
- [14] 杨鹏, 吴家皋. 网络服务体系结构及其形式化模型的研究[J]. 计算机研究与发展(已录用, 将于 2005 年第 25 卷发表).
- [15] Clark D. The design philosophy of the DARPA Internet protocols[J]. Computer Communications Review, 1988, 18(4): 106- 114.
- [16] Clark D D, Partridge C, Ramming J C, et al. A knowledge plane for the Internet[A]. Proc. of ACM SIGCOMM' 03[C]. Karlsruhe, Germany, 2003. 3- 10.
- [17] PlanetLab. <http://www.planet-lab.org/>, 2004.
- [18] Hoare C A R. Communicating Sequential Processes[M]. New Jersey: Prentice Hall International, 1985.
- [19] Milner R. Elements of interaction[J]. Communication of the ACM, 1993, 36(1): 78- 89.
- [20] Wegner P. Why interaction is more powerful than algorithms[J]. Communications of the ACM, 1997, 40(5): 81- 91.

作者简介:



杨 鹏 男, 1975 年 9 月生于四川南充, 东南大学计算机系博士研究生, 主要从事新一代网络体系结构、分布式计算、形式化理论和技术等方面的研究工作。E-mail: pengyang@seu.edu.cn.



吴家皋 男, 1969 年 10 月生于江苏南京, 东南大学计算机系博士研究生, 主要从事 Overlay 网络、应用层多播理论和技术等方面的研究工作。