

# IPv6的特性及应用前景研究

覃德泽

(梧州师范高等专科学校计算机系 广西贺州542800)

**摘要** 本文详细地阐述了 IPv6 的特性,探讨了其应用前景,分析了 IPv6 应用所面临的困难,提出了加快 IPv6 应用的措施。

**关键词** IPv6, 前景, 困难, 措施

## An Introduction on IPv6 and Research in Application

QIN De-Ze

(Computer Department of Wuzhou Teachers College, Hezhou, Guangxi 542800)

**Abstract** The article gives descriptions on IPv6, and its prospects, while analysing the problems faced with in application, and gives some measurements in using it.

**Keywords** IPv6, Prospects, Problems, Measurements

### 1 IPv6产生的背景

传统的 IP, 即 IPv4 (IP version 4) 定义 IP 地址的长度为 32 个二进制数位, 理论上能提供  $2^{32} = 4294967296$  (约 43 亿) 个 IP 地址, 这在 IP 协议开发者的眼里应是足够使用的。但是令 TCP/IP 开发者们没有预料到的是: 从 20 世纪 80 年代中期起, 尤其是进入 90 年代以来, Internet 发生了如此迅猛的发展, 以至有预测表明, 以目前因特网发展速度计算, 所有 IPv4 地址将在 2005~2010 年间分配完毕。IP 地址即将耗尽的事实引起了人们对因特网应用和发展前景的极大担忧。尽管采取一些措施, 如 CIDR、DHCP、NAT 和 Proxy 等技术, 可很大程度地减缓 IPv4 地址空间的耗尽, 但从长远来看, 这只是权宜之计。为了彻底解决 IPv4 存在的问题, 必须研究开发下一代 IP 协议。1994 年 11 月 IESG (Internet Engineering Steering Group) 以 RFC1752 为标准草案产生了下一代 IP 协议, 并命名为 IPv6 (IP version 6)。IETF (Internet Engineering Task Force) 从 1995 年开始, 着手研究开发 IPv6。IPv6 具有长达 128 位的地址空间, 可以彻底解决 IPv4 地址不足的问题。除此之外, IPv6 还采用分级地址模式、高效 IP 包头、服务质量、主机地址自动配置、认证和加密等许多技术。下一代互联网 (Internet2) 将以 IPv6 协议为基础。

### 2 IPv6的特性

第一, IPv6 的地址结构、分配方案和地址表示方法。IPv6 的 128 位地址格式采用图 1 的分层结构, 地址分配方案如表 1 所示。IPv6 的 128 位地址空间包含的地址数 ( $2^{128}$ ) 足够为地球上每一粒沙子提供一个独立的 IP 地址, 可见 IPv6 能使地址空间问题得到彻底的解决。此外, IPv6 还可以实现为主机接口提供不同类型的地址配置, 其中包括主机的全球地址、全球单播地址、区域地址、链路本地地址、地区本地地址、广播地址、多播群地址、任播地址、移动地址、家乡地址、转交地址等。

IPv6 的地址表示方法。每个 IPv6 的 IP 地址由 8 个地址节组成, 每节包含 16 个二进制地址位, 每个地址位以 4 个十六进制书写, 节与节之间用冒号分隔。例如: 63DE: 0000: 0000: 0000: 893F: 0000: 0000: 0001, 也可以简写成 63DE:: 893F: 0:

0: 1, 双冒号表示连续的 16 位簇为 0, 在地址中只能使用一次, 否则无法识别地址。鉴于 IPv4 地址的使用习惯, 也可以把最后的 32 位写成 IPv4 地址的形式, 例如: 4E8D: 93C5:: 178. 66. 10. 83。

位数	3	13	32	16	64
定义	FP	TLAID	NLAID	SLAID	Interface ID

图1 IPv6全球分配统一地址格式

(其中, FP (Format Prefix): 例如 001 代表可聚类全球单播地址; TLA (Top Level Aggregation): 顶层聚合; NLA (Next Level Aggregation): 下一层聚合; SLA (Site Level Aggregation): 站点聚合; Interface ID: 网络接口 ID 号。)

表1 IPv6地址分配方案

分配	前缀	所占比例
为 ISO/ITU-T NSAP 地址保留	0000 001	1/128
为 Novell IPX 地址保留	0000 010	1/128
可聚类全局 unicast 地址	001	1/8
Link local address (Local-Local unicast address)	1111 1110 10	1/1024
Site local address	1111 1110 11	1/1024
Multicast address	1111 1111	1/256
其余未分配		

第二, 地址自动配置机制。IPv6 具有自动配置主机地址的功能, 通过采用有效的地址重计数技术, 不但可使新地址的分配自动完成, 而且简化了改变已有地址的方法。IPv6 有两种地址自动配置方式: 无状态和有状态方式。其中, 无状态地址自动配置方式是获得地址的关键。在这种方式下, 需要配置地址的节点使用一种邻居发现机制获得一个局部连接地址。一旦得到这个地址之后, 它使用另一种即插即用的机制, 在没有任何人工干预的情况下, 获得一个全球唯一的路由地址。有状态配置机制, 如 DHCP (动态主机配置协议), 需要一个额外的服务器, 因此也需要很多额外的操作和维护。

第三, 高性能和高 QoS。IPv6 报头中的 Payload Length

字段不同于 IPv4 的 Total Length 字段,只表示实际载荷的大小而不包含报头的长度。加长的“Payload Length”使 IPv6 的数据包可以远远超过 64k 字节,应用程序可以利用最大传输单元(MTU)特征获得更快、更可靠的数据传输,体现了 IPv6 的高性能机制。

服务质量(Quality of Service, QoS)是用来描述网络性能的。IPv6 之所以有高的 QoS,主要是因为其报头中新增加了字段“业务级别”(或优先权)和“流标记”。“业务级别”的设计是为了源端机器能够为不同的分组指定不同的优先级别。该值可以为两种类型:一种是源端主机提供拥塞控制(例如对分组丢失或拥塞情况的响应)流量的优先级,另一种是不响应拥塞流量的优先级。尽管目前这种优先权机制的好处还不是很明显,但是对流量类型的区分随着更多更新的分组丢失(Packet-Drop)算法的提出会越来越显示出其优越性。“流标记”是一个全新的字段,一个“流”是从一个源节点发送的多个数据包,通过“流标签”和源地址来唯一地标志一个流。“流标记”允许源节点排列流各数据包的逻辑顺序,路由器便可以维护此流的前后关系,这样便有可能优化传输性能和拥塞管理。因为属于同一个流的分组的流标识字段,其源地址和目标地址均相同等因素,所以路由器能对同一个流的不同数据包执行相同的操作策略,这样不但可以减少处理和转发的时间,而且与“业务级别”配合使用,还可以为各个流的 QoS 提供保证。通过对数据流类型的标识,使得路由器能采用不同的优先级策略来处理不同的数据流,以满足不同业务对不同传输性能的要求。

第四,IPv6 的移动性。IPv6 对移动性提供了内在的支持。一方面,移动 IPv6 能够通过简单的扩展,提供足够的地址空间,为在公共互联网上运行的每个移动终端分配一个全球唯一的 IP 地址,这样就能在全球范围内解决有关网络和访问技术之间的移动性问题。另一方面,IPv6 对移动 IP 的支持,使得它可以提供无线和地面网络之间的路由。移动设备可保持其原有的地址,由于使用了带有该设备位置信息的辅助地址,对原有地址的改动就可以避免。

第五,安全性机制。IPv6 的安全机制主要是利用数据包头的两个扩展部分,即认证报头(AH)和封闭安全头(ESP)来提供路由器级的安全性。认证报头(AH)用于保证数据的一致性,IPv6 数据包的接收者可以要求发送者首先利用 IPv6 认证头进行“登录”,然后才接收数据包,这种登录是算法独立的,可以有效地阻止网络“黑客”的攻击。封闭安全头(ESP)用于保证数据的保密性和数据的一致性,利用封闭安全头来加密数据包,这种加密也是算法独立的,这意味着可以在 Internet 上安全地传输敏感数据,不用担心被第三方截取。

### 3 IPv6 的应用前景

#### 3.1 充裕的地址引起新的巨大应用

中国在 IPv4 的发展中处于落后状态,使得 IP 地址的供需出现了严重的失衡。截至 2002 年 8 月,拥有 13 亿人口的中国只有大约 2502 万个 IP 地址,B 类地址仅有上百个,A 类地址一个都没有。不言而喻,中国应该是全球最需要 IP 地址的国家之一。一旦 IPv6 在中国普及推广开来,首先,人们不用再为缺少地址而费尽心机地想出各种替代方法,以牺牲很多 IP 协议所提供的优良功能为代价了。那时,每人都将拥有一个或多个 IP 地址,配备上相应的计算机设备,无论在天涯海角,都可以做到随时在线,连接全球。其次,在不远的未来,中国的家电厂商将开发出新一代的信息家电,即我们除了计算机之外,还可给电视机、冰箱、微波炉、空调、洗衣机等家用电器分

配固定地址,以利于它们与 Internet 的连接。在信息家电与 Internet 连接后,外出的人就可操作家中的空调、冰箱等,比如,可以通过网络下载做菜方式,自动设定温度和作业时间,减少做菜的手续。此外,随着对宽带应用的不断深入,我们已越来越意识到,目前的 IPv4 已无法满足人们实现端到端通信的需求。如果双方都有一个终身 IP 地址,将使 IP 电话、网上游戏等网络应用比现在简单得多。IPv6 的 128 位地址长度,几乎可以不受限制地提供 IP 地址,从而确保了端到端连接的可能性。端到端实时通信是通信业务的基本特征,同时也是下一代网络的本质特征和发展方向,是互联网产业化的必然需求。传统互联网的“终端-服务器型服务”模式无法满足这一需求,制约了互联网产业化发展进程,势必将被以 IPv6 为基本核心技术的下一代网络所取代。将来,所有的电信服务和信息服务都会使用下一代网络。下一代网络将逐渐取代电路交换网络和构成现有互联网的 IP 网,除了提供原来在这些网上提供的服务之外,运营商还将利用下一代网络的多业务能力,提供新的服务,创造新的收入增长点。

#### 3.2 自动地址配置给特定应用带来便利

IPv6 的自动地址配置给特定的应用带来了方便。随着小型信息设备像 PDA 和移动电话数量的增长,IPv6 的这一改进备受青睐。我们都希望不必进行很多细节的配置就可以很容易地接入 Internet。对于可移动的无线设备来讲,全球编址和自动配置提出了一个不错的解决办法。

#### 3.3 高 QoS 带来高性能的优质服务

实行 IPv6 协议能够提供丰富多彩的高质量服务。例如:能够将同样的信息同时传送给指定群体内所有设备的 IP 多路传播功能,利用此功能,就能通过宽带网实现因特网广播,还能构成可播放电影等内容的网络,能够顺畅而又有效地传播大容量影像信息,将会为我们解决信息在地区以及时间上的差异等众多问题。

实行 IPv6 协议可以从根本上优化路由器传输效率,使得目前的各种宽带传输技术迈上一个新的台阶。到那时,困扰中国网民很久的网络速度问题,将得到彻底解决,上网速度可加快 100 至 1000 倍,使实现医药、音乐和娱乐的在线及交互式未来提供了可能。人们可以舒舒服服呆在家里,享受超高速网络所带来的欢乐。信息家电连上光纤后,更可直接以交互方式收看电影,听音乐和广播。股民即使在家中,也能通过光纤网络和证券公司等金融机构的业务员在电视上交谈,同时进行交易。

多媒体技术、视频会议和语音 IP 等均可从该协议的 QoS 特点中获益。例如,位于美国夏威夷的 11 家全球天文台已经连接了以 IPv6 为基本核心技术的下一代网络——第二代互联网,阿姆斯特丹的天文学家可以精确地调整天文望远镜,并通过第二代互联网提供的先进的电话会议技术与全球同行讨论观察结果。而华盛顿特区的外科医生也可以用第二代互联网对在其它地区的手术进行实时指导。这些都是第二代互联网可以提供的便捷服务。许多我们现在根本不敢去尝试的应用,比如虚拟现实、实时交互影像、远程外科手术,都可以在下一代互联网上轻而易举地实现。

#### 3.4 移动互联网

IPv6 与移动通信的结合将为目前的互联网开拓一个全新的领域——移动互联网。它能提供语音、数据、视频融合的高品质、多样化通信服务。通过移动互联网,使我们能够在移动中购买商品和服务,我们的移动设备将成为无线钱包,使我们能够随时随地以在线方式选购商品或服务,并为之付款。我们能够使用移动设备查询飞机的航班,风景点的简要情况,以便做

出最后的安排;我们还能够利用同一设备查找地图以及要参观的地方;我们还能够找到距离我们最近的餐馆;如果是平时,我们驾车外出,安装在我们汽车里的无线设施将提供实时定位技术,同时也起到导航和安全保护的作用。

### 3.5 安全性能得到有效的保证

现今 Internet 由于地址不够,很多网络用户是通过装有 NAT 模块的防火墙间接地访问 Internet 的。NAT 模块检查所有通过的数据流,并进行地址转换。由于 NAT 的介入,防火墙内部的机器无法建立和外部主机的端到端安全连接,所以也无法保证数据报可以不被修改地得到传送。IPv6 配备了 IP 安全保护功能,能够根据 IP 地址由服务器来特定通信对象(设备),为此能够实现高度的安全保护;通过采用 IPSec,IPv6 还能够轻而易举地实现端到端的暗号化通信。IPv6 协议内置安全机制并已经标准化。它支持对企业网的无缝远程访问。例如公司虚拟专用网络的连接。即使终端用户用“时时在线”接入企业网,这种安全机制也是可行的。这种“时时在线”的服务类型在 IPv4 技术中是无法实现的。对于从事移动性工作的人员来说,IPv6 是 IP 级企业网存在的保证。

另外,作为 IPSec 的一项重要应用,IPv6 集成了虚拟专网(VPN)的功能。IPv6 对安全机制的增强非常适用于 VPN。加密对有效的 VPN 布局来讲是关键,尽管数据加密让系统很难做出基于分组内容的服务级别(Class-of-Service, CoS)判断,但是对基于点到点的 VPN 来说,CoS 信息可以从 VPN 中分离出来。而且 IPv6 的路由器自动配置机制可以简化安全 VPN 的实现。

## 4 IPv6 应用面临的困难和解决办法

### 4.1 影响 IPv6 广泛应用的因素

#### 第一、网络运营商的利益及态度

IPv4 已经十分庞大,已经拥有成熟的技术产品和商业模式,对于这样一个网络进行改造难度是非常大的,IPv4 与 IPv6 的互联和平稳过渡策略虽已提出,但有待考验。而且,由于 NAT 技术等在一定程度上缓解了地址空间的需求矛盾,使得 IPv4 网络基本可以满足当前主要的业务需求。因此,对于运营商来说,IPv6 缺乏新的商业模式,短时间内无法带来业务与收入上的收益,使得他们基本上对 IPv6 持观望态度,对

现有网络向 IPv6 的过渡并不积极。

#### 第二、支持 IPv6 协议的产品贫乏

IPv6 产品的研发主要集中在操作系统、网络设备、协议软件和应用软件等领域。目前,主要的网络设备厂商已研制开发出了支持 IPv6 的路由器、交换机等初期产品,有些产品已投入试验床或商业应用;大多数的操作系统(如 Unix, Linux, Windows 等)开始支持 IPv6 或已通过测试,见表 2;大批计算机软件厂商和自由软件开发者正积极开发 IPv6 应用软件,并取得一定成果,见表 3。但是,第一、成熟的产品不多,具有创新应用的成熟产品更少;第二、应用软件的开发严重滞后于操作系统,尤其是在 Windows 平台上的应用软件。

表 2 操作系统对 IPv6 支持的状况

种类	提供商	操作系统/版本	对 IPv6 支持的状况
Unix	IBM	AIX 4.3	已经支持
	COMPAQ	Tru64 UNIX 4.0D (原 Dittal Unix)	已经支持
	SUN	Solaris 8	已经支持
	HP	HP-UX Ili IPv6	已经支持
Linux		Linux 内核版本 2.2 以上	内置支持
Windows	Microsoft	Windows 2000 Windows NT 4	目前没有内嵌对 IPv6 支持的代码,但为开发人员提供了一个支持 IPv6 的附加的软件包

#### 第三、IPv6 的技术尚未完全成熟

IPv6 技术上还不是非常成熟,标准尚未完全制订,使其技术上的优势还没有充分地展示。例如,当前的 IPv6 尚不能提供更高的 QoS 保证,与 IPv4 报头中 8 位服务类型位(ServiceType)相比,IPv6 报头同样只有 8 位业务级别位(TrafficClass),而新增的 20 位流标识位(FlowLabel)目前为止因没有制订相应的标准,只能全部填零,所以在相应标准制订出来之前 IPv6 所能提供的 QoS 完全等同于 IPv4。此外,过渡问题尚未很好解决。

这些因素延缓了 IPv6 的广泛应用。

表 3 IPv6 应用软件的开发状况

序号	软件类型	主要软件	软件简介
1	DNS	Totd	支持 IPv4/v6 翻译的 DNS 代理,适用于 Unix、Linux 以及 BSD。
2	FTP	NcFTP	支持 IPv6 的 FTP 软件,适用于 Unix、Linux、BSD 以及 Windows。
3	Game	QuakeForge	支持 IPv6 的游戏软件,适用于 Linux、BSD 以及 Windows。
4	Mail	Sendmail	可靠性高,功能强大的邮件代理,适用于 Unix、Linux、BSD 以及 Windows。
5	Moniter	Ethereal	XII/GTK 开发的网络分析工具,适用于 Unix、Linux、BSD 以及 Windows。
		TCP-dump 擅长监控、过滤 TCP/IP 数据包。	擅长监控、过滤 TCP/IP 数据包,适用于 Unix、Linux、BSD 以及 Windows。

### 4.2 加快 IPv6 应用步伐的措施

#### 第一、加速 IPv6 技术的研究和设备开发应用进程的措施

当前国际上 IPv6 标准化工作基本完成,关于 IPv6 实现的重要标准都已完成,IPv6 在我国的标准工作正在进行中,目前已有 5 个 IPv6 相关项目已立项,正在起草征求意见稿。但是,我国 IPv6 的研究和发展落后于韩国、日本。因此我国要在 IPv6 上有所作为,比如争取设立支持 IPv6 的根域名服务器,

使我国在下一代互联网的发展中拥有主动权,一改 IPv4 时代在互联网上的地址资源、技术规范和商业应用等诸多方面美国一直占有先天优势的局面,就应该像研制“两弹一星”一样引起党和国家领导的高度重视,充分认识在信息技术发挥越来越重要作用的今天,在互联网的发展中是否拥有主动权将对一个国家的国防利益、商业利益、国际地位、科学技术等产生重大影响;就应该集中优势技术力量,在国家有关权威部门

的领导和协调下,制订出切实可行的加快 IPv6 技术研究与应用的方案,重点攻关、分工合作、团结拼搏,并确保必要的经费到位;就应该国家出台一系列的激励措施激发设备开发商积极开发支持 IPv6 的产品,加快网络设备、主机操作系统和应用软件的研发与应用推广工作,激发网络运营商积极投入资金加快对现有网络的改造与过渡进程。

## 第二、加快我国下一代互联网商业应用的实施工作

目前,一些国家已开展 IPv6 的商业应用,日本则在商业服务上居于世界领先地位,在 2001 年日本就已推出了纯 IPv6 实验业务,2002 年推出商用服务,现在,日本的各 ISP 正在加紧推进规模化 IPv6 的商用服务,已经有 10 多家 ISP 提供 IPv6 业务。而在我国,虽然已有了若干个实验网或实验床,相应研究也取得了一些进展甚至突破,但 2003 年中期国内的运营商才能在通信发展较快的省份提供 IPv6 的商用服务,此后逐步开展在全国范围内大规模商用服务,这比日本至少落后了 1~2 年。因此,我国有必要加快下一代互联网商业应用的实施工作,只要技术基本成熟,就应在经济条件上具备的省、市率先实施下一代互联网的商业应用试点,在应用中进一步发展下一代互联网的技术和完善相应的管理。

第三、加大对下一代互联网应用前景的宣传力度,逐步改变对 IPv4 网络的依赖现状,合理规划正在和将要进行的网络建设

IPv6 带来的下一代互联网的广阔应用前景,已毋庸置疑;IPv6 终究完全取代 IPv4 的日子不会太长。但是国民甚至一些网络设备开发商、运营商等对其可能还了解不多,对下一代互联网所产生对人们学习、工作和生活等诸方面有重大影响缺乏认识,对其所能产生的巨大经济效益认识不足,这也是致使网络设备开发商、运营商目前还对下一代互联网处于观望的原因。可以预测,信息技术的下一波大浪潮将在 2004 年至 2005 年出现,并造就 2005 年至 2020 年 15 年的“黄金时代”。互联网市场将从 2000 年的 1 万亿美元成长为一个 20 万亿美元的大市场。抓住下一代互联网发展的战略转折机会,就可以使我国在下一代互联网发展中处于有利地位,增强综合国力和可持续发

展能力。因此,必须转变观念,逐渐改变对 IPv4 网络的依赖现状,只要条件一成熟,早一天架设和应用下一代互联网比迟一天好。对用户来说,要跟上时代发展的潮流,及时了解当前网络发展的最新趋势,对正在建设和规划的网络尽可能考虑未来扩展和过渡的需要,如采用支持 IPv6 协议的网络产品,合理规划网络拓扑和地址空间等。

**结束语** IPv6 新的特性会随着相应协议的制订和完善以及应用的发展有所增加,IPv6 新的特性将产生新的应用,IPv6 具有比 IPv4 更广阔的应用前景,分析和研究 IPv6 的新特性及新应用,对加快下一代互联网的架设和商业应用进程将产生积极的推动作用。

## 参考文献

- 1 雷震洲. 全球 IPv6 的发展状况. 信息技术与标准化, 2003(7)
- 2 吴东军. IPv6 技术特点及其发展趋势. 山东通信技术, 2003(1)
- 3 郭云飞. IPv6 技术的发展趋势及发展策略. 电信技术, 2003(7)
- 4 刘东. IPv6 应用与服务的发展状况. 电信技术, 2003(7)
- 5 区羽. 全球 IPv6 技术发展状况及应用前景. 世界电信, 2003(03)
- 6 姚军, 王甲璋. IPv6 的研究与展望. 武警工程学院学报. 2001(2)
- 7 郑纪蛟主编. 计算机网络. 中央广播电视大学出版社. 2000. 8
- 8 仲季. IPv6 发展现状(一). <http://manager.ccidnet.com/tech/paper//2001/05/21/58-284.html>
- 9 仲季. IPv6 发展现状(二). <http://manager.ccidnet.com/tech/paper//2001/05/22/58-2191.html>
- 10 华宁. 机遇与挑战. <http://www0.ccidnet.com/tech/paper//2001/09/07/58-3225.html>
- 11 雷震洲. 互联网面临的挑战与 IPv6. <http://www.chinatelecom.com.cn/20030425/00007431.html>
- 12 IPv6 的技术原理解析. <http://www.c114.net.cn/technic/technic1.asp>
- 13 IPv6 发展前景. <http://www.isc.org.cn>
- 14 IPv6 简介(4). <http://ipng.zsu.edu.cn>
- 15 IPv6 能带来哪些“王牌”应用?. <http://www2.ccw.com.cn>
- 16 下一代互联网会是什么样?. <http://www.edu.cn/2001116/3010285.shtml>
- 17 叶郁. IPv6: 地址空间的最终解决方案?. 2003. 1. 3. <http://www.pcworld.com.cn>
- 18 新一代互联网怎么样?. <http://www.edu.cn/20010829/209776.shtml>

(上接第 54 页)

无线接入(RoamAbout 无线网卡)。Terminal 运行在 Linux 系统中,网络接入方式为无线接入(RoamAbout 无线网卡)。

具体测试时,我们设计了一个命令解释器,该解释器可以解释表 1 中的命令。

表 1 系统功能测试表

测试功能	测试语句	流程时间(s)
网络端服务调用	invoke net	3
终端服务调用	invoke term	0.5
终端发起切换	handoff term 0	3
	handoff term 1	3
网络端发起 切换及其恢复	handoff net 0 1	5
	recovery 0	2
	handoff net 1 0	5
	recovery 1	2

通过以上实验,证实了该无线 CORBA 具有对终端移动透明性,同时在带宽波动较大的无线网络环境中,具有自动接续能力。当然移动环境下的服务不再固定,因此需要快速动态地发现服务,需要解决服务动态发布、服务消息生命周期管理和快速服务查询等。服务发现系统的典型例子是 Jini<sup>[6]</sup>,它允

许设备和软件集中到单一、动态的分布系统中,并支持动态发现,很适合无线网络,因此需要引入 Jini 思想。另外,在移动网络环境中,中间件需要感知网络资源<sup>[6,7]</sup>,在有限的带宽下保证一定的 QoS。一种可行的方案是利用反射(reflection)技术,反射技术通过一定的手段将系统内部原本对应用透明的数据、行为揭示出来,使得外部可以访问、修改和配置。

## 参考文献

- 1 Bakre M, Badrinath B. I-TCP: Indirect TCP for mobile hosts. In: Proc 15th Intl. Conf. on Distributed Computing Systems, Vancouver, Canada, 1995. 38~51
- 2 Brown K, Singh S. M-TCP: TCP for mobile cellular networks. ACM Computer Communications Review, 1998, 27(5): 19~30
- 3 Balakrishnan H. Improving Reliable Transport and Handoff Performance in Wireless Networks. Wireless Networks, 1998, 1(4): 25~35
- 4 OMG. Wireless Access and Terminal Mobility in CORBA. Revised Submission, OMG Document telecom/2001-01-1
- 5 Sun. Jini Network Technology. Available at: <http://www.sun.com/jini>
- 6 Chalmers D, Sloman M. A Survey of Quality of Service in Mobile Computing Environments. IEEE Communications Surveys, Second Quarter 1999. 23~37
- 7 Chen G, Kotz D. A Survey of Context Aware Mobile Computing Research: [Dartmouth Computer Science Technical Report]. 2000