

# 基于 IPv6 任播技术的研究

许 靛 唐学文

(重庆大学计算机学院 重庆 400044)

**摘 要** 任播是一种重要的 IP 通信模型,它在服务器复制,容错性,负载均衡等方面有着重要的作用。本文在对任播技术的基本原理分析的基础上,归纳了 IPv6 任播技术面临的主要问题,介绍了一些流行的解决方法,但仍然有许多研究工作有待进一步进行。由于目前 IPv6 任播的定义不是很清楚,而且在路由、组管理等方面没有标准的协议,导致了全局性任播通信无法实施。但是任播技术的前景十分广阔,它将成为下一代互联网重要的服务方式。

**关键词** IPv6,任播,负载均衡,组管理,无状态服务,路由

## 1 引言

任播又被称为泛播、选播、联播。它被认为在负载均衡、提高服务的可用性和容错性、对抗 DOS/DDOS 攻击等方面有重要的作用,从 IPv4, PIP, SIPP 到 IPv6,任播技术都被提到,目前涉及到任播的 RFC 约有 50 多个,但除了在 DNS 根服务器和 AS-112 服务器<sup>[1]</sup>上使用外,任播一直没有出现大规模全局性应用。对于目前的 IPv6 技术而言,任播技术迟迟没有突破性的进展,除了和 IPv6 发展缓慢一直不能有大规模的应用有关外,也和任播自身存在很多尚未解决的技术难题有关。

本文对任播技术进行了综合的分析,讲解了任播技术面临的主要困难和可能的解决方法。文章第 2 部分对任播技术的概况进行回顾,第 3 部分研究任播的通信过程,其中涉及编址、路由、组管理、链路地址解析等方面,第 4 部分以 IPv6 技术为背景,对任播面临的问题进行了分析总结,并概括了各问题目前的研究进展,最后对本文进行小结。

## 2 任播技术概况

任播最初是在 RFC1546<sup>[2]</sup>中被提出来的,它被定义为:主机向一个任播地址发送数据包,网络负责尽力将数据包交付(delivery)到至少一个,最好也是一个服务器,这些服务器由这个任播地址标识。在 RFC3513(废弃了 RFC2373)<sup>[3]</sup>中,进一步对任播进行了定义:任播地址被分配给两个以上的接口(一般指不同 IP 地址的节点),而发送到这个地址上的分组被路由到“最近”的接口。这里“最近”可以是指路由器跳数、服务器负载、服务器吞吐量、客户和服务器的往返时间(RTT, round trip time)、链路的可用带宽等特征值(metric)。任播通信的基本概念是从物理主机设备中分离出的逻辑服务标识符,任播地址可以根据服务类型来分配,使得网络服务

担当一个逻辑主机的角色。

任播、单播和多播都是 IP 通信的模式,它们之间的区别可以从表 1 中看出。

表 1 三种通信模型

|              | 单播  | 多播   | 任播   |
|--------------|-----|------|------|
| 通信模式         | 点对点 | 点对多点 | 点对点  |
| 地址含义         | 节点  | 组    | 服务类型 |
| 成员数目         | 单个  | 多个   | 多个   |
| 在 C/S 模型中的角色 | 都可以 | 客户   | 服务器  |

## 3 任播通信的基本过程

任播的基本通信过程(如图 1 所示)包含了四个方面:编址、路由、组管理、链路地址解析,下文将对这四个方面的详细讲述。

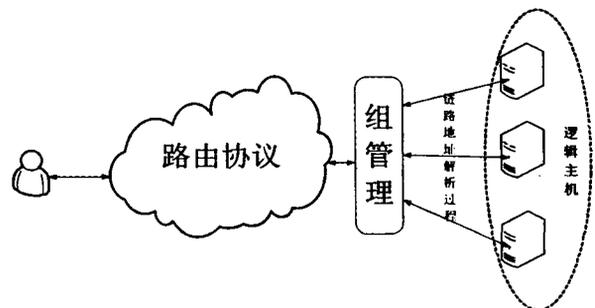


图 1 任播通信过程

### 3.1 编址

在 IPv4 中,为任播专门分配一个地址空间,这样很容易就能从地址格式中分辨出任播服务。在 IPv6 中,任播地址取自单播地址空间,和单播地址在语法上没有什么区别,单从地址格式上无法分辨出是单播还是任播。

对于单播而言,通过层次化地址分配方式,采用地址汇聚等手段来缩减路由表的大小,如 CIDR<sup>[4]</sup>。多播和任播不符合层次汇聚的模型。对于多播可以

采用基于组的聚合来有效地缩减路由表的大小。而任播技术却一直没有好的解决方法。如何有效地减小路由表的尺寸,提高网络端到端的可用性,一直是任播领域里的难点。

虽然,IPv6 技术采用更加严格的分层地址结构以及对应的地址分配方式,使得地址聚合更加容易。但 IPv6 下的任播仍会破坏地址聚合性。从任播的语义来看,标识任播组的符号可以是任何的符合语法特征的 IP 地址甚至其它标识符,这个地址不一定要像单播 IP 地址一样包含地理位置信息,但为了能够提高任播的聚合性,在任播的地址结构中引入了 P 前缀段。按照 RFC3513 的定义,对于任何已分配的任播地址,有一个最长的地址前缀 P, P 指定了一个拓扑区域,所有的任播节点都属于该区域。在 P 标识的区域内,任播地址必须在路由表中以独立路由条目的形式出现,在区域之外,任播地址应该汇聚成一个 P 前缀路由条目。

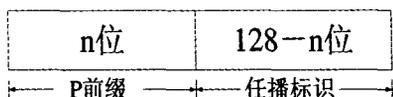


图2 IPv6 任播地址结构

P 前缀给任播地址赋予了地理位置信息,强迫任播组限定在某个特定的拓扑区域内并共享前缀,从而达到一定的路由聚合的目的(每个任播组以单个路由条目的形式在单播路由体系中发布)。虽然 P 前缀一定程度上缓解了任播在全局性和可扩展性的问题,但没有根本解决。当  $p=0$  时这种问题完全暴露出来,在这种情况下,任播组可能没有拓扑位置,任播地址在整个 Internet 中,必须被告知作为一个独立的路由实体。

### 3.2 路由

任播路由和单播路由一样,都是要解决如何让数据包到达目的网络的问题,只是任播中的目的网络具有某种不确定性。在单播路由中,协议把具有相同前缀的路由作为一个路由表项呈现给外界从而汇聚了路由。单播的分层汇聚思想的路由协议和地址结构以及分配方式可以很好的配合使用。由于任播违反了分层汇聚模型,单播路由不能直接用于任播通信。目前任播路由的主要研究方向有三个:

(1) 基于单播路由协议,对其进行部分修改。比如 IPv6 的 OSPFv3 在设计的时候没有考虑支持任播的,所以要对其进行改动。

(2) 基于多播的路由协议,对其进行部分修改。由于多播和任播有很多的相似特征,可以对现有的多播路由协议进行修改,如对 DVMRP, MOSPF, PIM-SM 修改得到任播路由协议: DVARP, AOSPF, PIA-SM。

(3) 设计一个全新的任播路由协议。但这并不是说要抛开现有的路由系统,因为任播和多播通信模型的基础仍然是单播,或者说任播网络和多播网络只是单播通信模型之上的逻辑重叠网。(如图 3 所示)单播网络是实际存在的网络,它基于单播地址转发数据包。而任播网络中的节点并不是物理连接的,它们通过隧道等端到端技术来建立逻辑连接。新的任播路由协议如 Dina Katabi 等人提出的 GIA<sup>[5]</sup>,北京大学提出的吸收协议<sup>[6]</sup>,还有基于遗传算法的并行搜索,群体寻优的特点设计的有时延路由算法<sup>[7]</sup>。

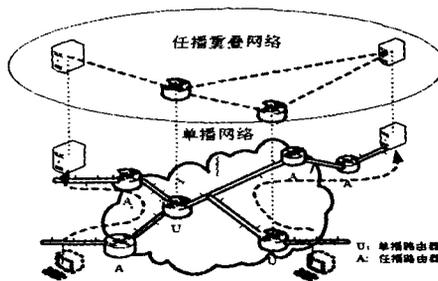


图3 任播重叠网络

### 3.3 组管理

在任播通信中提出组管理的概念基于以下两个问题:

(1) 如果任意一个实体都可以通告自己为任播服务器,那么一台恶意主机就可以通过广播虚假服务器地址,使路由到合法任播主机的请求到达一台不能应答的欺骗主机。所以必须有一种机制控制任播组成员关系。

(2) 由于担心主机参与任播服务的安全性以及可能会加剧路由表膨胀问题,所以 RFC 限制任播地址只能分配给路由器,要想让主机参与到任播服务中,就需要一种机制把主机成员的任播身份通告给路由系统,并且掌握各任播成员是否可用的信息。

在 IPv4 和 IPv6 中,多播分别采用 IGMP 和多播侦听器发现协议(MLD)作为组管理协议。但对于任播,却一直没有很好的组管理协议。Haberman 提出的 Host-based Anycast using MLD<sup>[8]</sup>,通过对 MLD 协议进行扩展,来增加对任播的支持。但事实上,这种对现有协议的修改不能提供可扩展的、稳定的任播组管理解决方案。Vasaki 等人提出的任播组管理协议 AGMP<sup>[9]</sup>,该协议基于 SLINA 体系结构模型<sup>[10]</sup>,并且假设已经存在一个理想的任播路由协议。Judge 提出的安全多播和任播的组访问控制结构<sup>[11]</sup>。Castelluci 提出的加密产生组地址的 IPv6 安全组管理<sup>[12]</sup>,其中任播地址的组标识由该组拥有者的公钥加密产生。

### 3.4 链路地址解析

任播链路层地址解析是指当任播数据包到达任

播成员所在的局域网中时,怎样把数据包交付给任播成员,这是任播通信的最后一站。当 IPv4 的 ARP 和 IPv6 的邻居发现协议用于任播链路层地址解析时,邻居发现协议保留最先应答的任播成员的链路地址,而忽略后来的其他成员的应答。在发现当前其它链路地址对应的主机当机时,才重新查询并使用其它服务器的链路地址。所以,在当前任播成员工作良好的情况下,即使存在多个服务器,也始终只有一个可达。ARP 协议也类似,而且因为多个服务器应答 ARP 请求时间的不同导致 ARP 前后两次获得的链路地址不同而破坏有状态的连接。这两个协议的区别在于邻居发现协议可以较快发现当前正在使用的链路地址的主机当机,而 ARP 则必须等到超时才能发现。由于这两个协议都只能将一个任播地址解析成一个链路地址,所以并不适合任播通信。一种解决方案是更改 ARP 和邻接点发现协议,使它们能够保留同一个 IP 地址的多个不同链路地址然后每次通信时用某种方式在这些地址中选出一个使用,另外一种解决方案是把任播成员的单播地址作为对应任播地址的最后一跳,当任播数据包到达服务器所在的局域网时,需要解析的最后一个地址是服务器的单播地址而不是任播地址。由路由系统通过现有的地址解析协议变相完成地址解析,这种方法不需要更改现有的地址解析协议。

### 3.5 两个限制

在 RFC3513 中,对 IPv6 下任播的使用给出了两个限制:(1)主机不能作为任播成员参与到任播服务中,任播地址只能分配给路由器。(2)任播地址不能作为源地址。

这两个限制主要是为了防止在 IPv6 任播大规模应用之后,可能会带来的一些不可预料的破坏性而提出的,它们也成为了限制任播全局性使用的阻碍。文档同时还指出,“直到我们获得更多的经验并且达成一致的解决方案”这两个限制才可能被取消。

限制主机参与任播服务是出于安全性和控制路由表大小的考虑。由于任播地址的聚合性差,针对任播地址的路由条目必须分别被存储在路由器中,当任播地址得到广泛应用时,路由表会变得十分拥挤。而且若主机能够加入任播组,则路由表的大小很容易受到主机的控制,这会造成安全隐患。所以对于主机全局任播,如果没有其他新的路由技术或者组管理协议的保障很难实现。主机站点本地的局部任播,虽然也会遇到以上相同的问题,但由于网络规模对路由表的影响不会太大,所以是可行的。而如果只有路由器参与任播服务,则任播数据包的路由就会相对简单,拥有任播地址的路由器在交换路由信息时可以主动将路由需要的任播信息发送出去,其它路由器根据这些信息修改路由表,我们就

只需跟踪路由表的条目。最终找到拥有该任播地址的路由器。

任播地址不能作为源地址是出于以下原因:(1)具有同样目的地址的,来自同一任播组的不同成员的 IP 分片。有可能具有相同的分片 ID 并且在几乎相同的时间到达目的主机,这样,来自不同发送者的,有相同的源/目的地址和相同的分片 ID 的 IP 分片,将会给目标机分片的重组带来不可预料的错误。(2)由于源地址是任播地址,有可能使差错响应报文被发回到同组的其它成员。如 ICMP 的 packet too big making path MTU discovery impossible 报文就可能产生这样的错误。

## 4 面临的问题

虽然任播的前景广阔,但在没有解决全局性应用,无状态服务,安全性等问题之前,任播将不能真正发挥它的作用。

### 4.1 全局性应用

由于存在着上文的两个限制,特别是不允许主机参与任播服务,使得任播应用受到很大的影响。全局性的任播服务首先应该是基于主机参与的,所以全局性应用的关键是路由问题,即如何能够在不引起路由膨胀和安全问题的情况下,把每个全局主机任播组通告到整个 Internet。以下是为了全局性应用而开发的协议。

(1)全球 IP 任播(GIA)<sup>[7]</sup>通过对域间任播路由特性的分析,把域间任播路由分成两部分来满足可扩展性。第 1 部分对于区域边界路由器所在域内不经常使用的任播组使用缺省路由,该路由通过任播地址中携带的网络号获得这部分路由,不需要在路由器上存储。第 2 部分对于域内经常使用的任播地址边缘域路由器,生成并缓存优化的路由。

(2)基于网络层任播的内容分布结构(CDAA)<sup>[13]</sup>,使用服务器复制使内容离使用者最近,在客户附近使用 smart box 跟踪每个服务器的负载,smart box 把自己广播为任播的下一跳,汇集本地所有的任播请求,由它根据记录信息为客户选择最好的服务器,并用服务器的单播地址与服务器连接。客户每次访问完后要向 smart box 发送关于本次连接的情况的状态包(stat-packet),如相应时间、带宽等,smart box 记录下来作为下次选择的依据。这种方法的缺点:要对客户端程序进行修改以支持发送访问情况信息,要修改 DNS 使得它能返回一个任播域名的任播地址等。

目前,虽然提出了很多的解决方法,但这些方法由于自身的缺陷,如基于新的地址结构而不是 IPv6 的地址结构;需要修改 DNS 等,它们不太可能成为标准的协议,为全局性任播的应用服务,所以这将是

我们以后在任播领域需要努力做的工作。

#### 4.2 安全性

以下列举解决安全问题对任播的一些必要性。

- (1)任播成员的身份认证问题,只有合法的才能广播它能提供的任播服务,广播虚假的服务器地址把潜在的用户请求吸引到自己机器上来会造成“黑洞”。
- (2)当允许源地址是任播地址的时候,很容易被攻击者伪造数据包的源节点,避开很多安全策略,等等。

虽然目前有大量的安全解决方案,但由于任播的特殊语义,使得它们无法发挥正常的作用。比如,IPSEC使用IPv6目的地址识别使用的IPSEC key,这种技术将导致所有的任播成员使用同一个IPSEC key。主要原因是很多安全方案是基于地址源真实性或者是对端到端有很高的要求如IPSEC,由于任播的无状态服务的特性,所以普通的解决方案都不太适合任播环境。由于任播安全性问题受到其它方面的制约,如路由协议、无状态服务等,所以应该把安全统筹在其它问题中一起考虑。目前也提出了一些解决的方法,比如Castelluci提出的加密产生组地址的IPv6安全组管理<sup>[12]</sup>。

#### 4.3 无状态服务

因为任播技术拥有无状态的特性,它不能确保属于相同的任播地址的所有数据包会传到同一个目的地节点,也即一个源节点的一组序列包可能被发送到多个不同的任播节点。对于UDP协议,无状态的任播服务在使用时问题不大,唯一需要注意的是:由于很多基于UDP的应用会对源地址进行检测,看是否和自己发送的包的目的地址相同,这属于安全策略的一部分,但实际意义不大,所以需要取消这种检测改用其它安全性较强的策略。而在TCP协议中使用时却存在严重的问题。如何保证连续的服务都由同一台服务器来做,这是让TCP协议能够使用任播的关键。一种方法是:TCP客户发送数据包TCP-SYN(源地址为客户单播地址,目的地址为服务器任播地址),一个任播服务器接受这个数据包并发送SYN-ACK(源地址为服务器的单播地址,目的地址为客户单播地址),客户收到后再发ACK(源地址为客户单播地址,目的地址为服务器单播地址),以后就用该服务器的单播地址进行通信。这种方法在三次握手中进行了任播地址和单播地址的映射。由于需要修改现有的传输层的语义,在TCP被广泛使用的今天,实施起来几乎不可能。另外一种方法是采用AARP(anycast address resolving protocol),实现过程:客户方运行一个proxy,在客户和服务器通信之前由proxy来完成任播地址到单播地址的转变。proxy的实现是通过发一个ICMP请求给一个任播地址,一个服务器接受该请求并用自己的单播地址作为源地址进行回应,proxy接受到IC-

MP响应之后提取服务器的单播地址存储在任播本地地址解析库,由proxy来保证地址解析库中存放的数据是最新的。采用该方法的优点是不需要对应用层做相应的修改,地址解析的完成是在应用层以下,只需要任播成员可以接受ICMP请求包和可以在ICMP响应中在源地址项中放入自己的单播地址该方法实现起来简单而且客户机容易设置,但是这种方法的实现前提是初始数据包不能被分段。因为在任播连接建立之前,各分段仍然会按照无状态的方式发送,所以一个IP数据包的各分段可能会被发送到不同的任播节点,从而使初始任播连接都无法建立。一个比较好的方法是IP源路由法<sup>[14]</sup>,它将任播成员的单播地址作为源路由添加到数据包的源路由选项中,这样该地址的后续任播数据包就被路由到这个成员的单播地址。这种方法只需要对任播成员主机的IP层做一些改动。相对于客户端的改动,这种方法比较容易实现,因为服务器相对潜在的客户端数目更少。

#### 4.4 应用层任播与网络层任播

任播的最初定义是基于网络层。20世纪90年代中期,一些研究者发现网络层任播的一些限制,所以转向应用层进行研究。目前存在两种研究任播的方式:一是在应用层进行任播通信的研究,包括对任播通信模型的研究和对选取目的站点策略的研究;二是在网络层进行的研究,包括对任播路由通信中路由表构造及路由算法的研究。两者关键的区别在于网络层任播仅仅依靠网络自身来选择服务器,而应用层任播依赖于外部的实体来选择连接性能最好的服务器。

应用层任播的主要思想是建立一个资料系统,它提供以下服务:以服务名和客户地址为输入参数,返回距离客户“最近”的服务器的单播地址。

应用层任播相比网络层存在以下缺点:第一,它暴露出了一些复杂性和可扩展性的问题。具体地说,在应用层提供任播服务要求搜集两类信息:(1)服务器是否在线以及支持什么样的服务的信息,(2)每个潜在客户和不同服务器之间的距离信息。为了得到第一类信息任播目录需要或者不断探测服务器,或者服务器不断主动向目录报告可用性。假定潜在的服务和客户的数目巨大,那么这种机制将在网络上和目录上创造巨大的开销,收集成员性能和网络距离信息的成本会很高。当用户数目和服务器数目达到一定数量之后将影响整个网络的性能,所以用户数目和成员数目都必须受到限制。相比之下,网络层任播中,服务器的可用性是由本地的路由器发现的,距离信息的搜集更新也是路由协议的一部分。用户连接服务器前不用进行距离探测也不用向任何服务器查询,透明性好。第二,应用层任播不

能满足一些特定的应用,比如作为多播路由的基础等。第三,缺乏自举机制,用户必须预先知道目录服务器或者 DNS 的地址。同时,应用层任播也有自己的优点,因为不需要底层网络硬件的支持,而且不涉及路由表的修改,所以比网络层任播更容易实施。而网络层任播需要底层网络硬件的支持。而且应用层任播可以使用服务器的负载、吞吐量等作为“最近”的特征值,这非常适合 QoS 网络。而网络层任播只能依靠基于最短路径的特征值,如跳数来选择“最近”服务器。同时网络层存在无连接服务的问题等,而应用层任播不存在这个问题。

目前大部分研究仍然集中在网络层任播的研究,要想真正地实现多个相同服务属性的服务实体逻辑抽象为一个 service 的概念,是否应该把两种任播结合起来,未来 IPv6 的任播应该是应用层任播和网络层任播在不同层面的结合,这些问题都有待于进一步的探讨。

## 5 应用

任播的特殊语义带来了许多的应用,这些应用对于改善目前互联网的性能有很大的帮助。

(1)服务器复制。随着互联网的发展,用户对使用网络的速度愈加重视。简单的复制或镜像技术的缺点是缺乏透明性,需要客户自己选择合适的服务器。而内容发布网络(content distribution network)的缺点是缺乏自举性,需要知道名称解析服务器的位置。任播技术可以解决以上问题,由路由子系统自动选择最佳服务器,实现对用户的透明性和自举性。对于多媒体等实时高带宽需求的应用,任播技术也可以满足客户 QoS 的需求。

(2)服务定位及主机自动配置。任播使容错性和可用性更加容易实现,原来可能需要一些复杂的差错控制机制和备份机制才能实现的,现在只需要为那些关键性的业务分配任播地址,这样客户端只需要一个地址,就可以在硬件或者网络错误的时候在不中断的情况下继续通信。同时任播能提供主机自动配置的功能,这对于像移动网络<sup>[15]</sup>, Ad-hoc 网络<sup>[16]</sup>等拓扑结构快速变化的网络而言尤其重要,因为这种网络环境的动态性,成员的快速加入和退出,对服务的可用性和服务的定位提出了更高的要求。例如:一个移动节点只需要向全球的某个代表 DNS 的知名任播地址发送查询请求就可以得到解析服务了,即实现了 DNS 的自动配置。

(3)对多播的支持。IPv6 任播在多播方面有各种形式的支持。作为多播路由基础的稀疏模式独立组播协议(PIM-SM)<sup>[17]</sup>;把任播用在域内多播路由协议设计中,用于减少带宽损耗和减轻流量集中的域内多播路由协议<sup>[18]</sup>;W. Jia 等提出的使用任播和

分层树来实现组播路由的协议<sup>[19]</sup>;在移动多播中,用于支持移动节点和外地/本地代理之间的多播通信<sup>[20]</sup>,以此提高多播的效率,移动主机用任播连接最近的可用的本地或者外地代理,代理通过一条到多播路由器的任播路由来转发多播消息,以便减少端到端延时,提高多播的效率。

(4)对 P2P 重叠网等分布式计算的支持。P2P 网和 MANET 网相似,由于不断有新的成员加入和旧的成员退出,所以这个网络也是动态的,这个动态重叠网运行的一个重要保障是资源的管理,基于应用层的任播技术为全局性的动态组管理提供了新的思路<sup>[21]</sup>。

(5)其它领域。如:6to4 中继路由器自动配置的任播实现<sup>[22]</sup>,不但方便而且可以选择最优的 IPv4 网内的隧道路径;以及移动 IP 本地代理的查找等。

这些应用都有一个共同点,任播组都是一组相同/相似属性节点,比如 DNS 根服务器群,边缘中继路由器群等。相信未来,基于相同/相似属性的节点服务群,都可以考虑应用任播技术。

**结束语** 本文介绍了任播通信的基本原理和目前面临的主要问题,给出了相应的解决方案。但由于目前没有比较完善和统一的解决方案,直接阻碍了任播的应用,其中亟待解决的是任播路由问题。CNGI-CERNET2/6IX 的成功验收预示着 IPv6 技术离我们越来越近了,任播技术作为 IPv6 中的一个新特性,将在下一代互联网中发挥巨大作用,给我们的网络生活带来新的体验。

## 参考文献

- 1 AS112 Project Home Page. www.as112.net, May2006
- 2 Partridge C, Mendez T, Milliken W. Host anycasting service [S]. RFC1546, Nov, 1993
- 3 Hinden R, Deering S. IP Version 6 Addressing Architecture. RFC3513, IETF, July2003
- 4 Fuller S V, Li T, Yu J, Varadhan K. Classless Inter-Domain Routing (CIDR), RFC1519, 1993
- 5 Katabi D, Wroclawski J. A frame work for scalable global IP-anycast (GIA)<sup>[J]</sup>. ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 2001, 31(2)
- 6 张丽,等. 吸收协议——一个选播路由协议. 小型微型计算机系统, 2005(3)
- 7 马焱炜,卢苇. 遗传算法在选播路由中的应用. 交通与计算机, 2005(4)
- 8 Haberman B, Thaler D. Host-based anycast using MLD. May, 2002 (Expired November 2002)
- 9 Ponnusam V, Karupiah E K, Abdullah R. Anycast group membership management protocol. In: The 9th Asia-Pacific Conf. Sept, 2003
- 10 Ettikan K. An Analysis of Anycast Architecture and Transport Layer Problems. APRICOT 2001, Nov, 2001
- 11 Judge P, Gothic A M. a group access control architecture for secure multicast and anycast. In: Twenty-First Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies, June 2002

(下转第 70 页)

H. 263, 基于 LAN 网络的 H. 323 和基于 PSTN 网络 H. 324 框架标准中的视频标准为 H. 261 和 H. 263。H. 261 是 ITU-T 为在综合业务数字网 (ISDN) 上开展双向声像业务 (可视电话、视频会议) 而制定的, H. 263 是最早用于低码率视频编码的 ITU-T 标准, H. 264 至今以其更高的压缩比、更好的 IP 和无线网络信道适应性, 必将在数字视频通信或存储领域得到越来越广泛的应用。H. 264 编解码可在 MPEG-4 下各种有效的视频编码之上应用, 从蜂窝无线网络上的视频传输到高质量 HD 视频的传输。H. 264 具有广阔的应用前景, 如实时视频通信、因特网视频传输、视频流媒体服务、异构网

上的多点通信、压缩视频存储、视频数据库等。

**结束语** 目前, 压缩的目的由单纯的减少数据量走向功能的多元化: 交互性、可分级性、灵活性; 压缩方法由单一化走向自适应地使用多种压缩工具; 压缩结构有无逐渐形成运动结构、纹理结构等。由于压缩技术的发展同社会的需求息息相关, 特别是数据库、无线通讯及因特网数据传输的要求, 基于知识的编码和语义编码将是压缩编码的发展方向, 随着数学理论、信息论以及计算机视觉理论等的发展必然会有更为有效的功能更全面的压缩编码方法出现。

表 1 主要的压缩标准及其典型应用

| 标准号                           | 俗称        | 通用信源     | 典型应用                                  |
|-------------------------------|-----------|----------|---------------------------------------|
| ITU-TT. 821, IEC 11544        | JBIG-1    | 二值图像、图形  | G4 传真机、计算机图形                          |
| ISO/IEC 14492                 | JBIG-2    | 二值图像、图形  | 传真、www 图形库、PDA 等                      |
| ITU-TT8. 11, ISO/IEC 10918    | JPEG      | 连续色调静止图像 | 图像库、传真、彩色印刷、数码相机等                     |
| ITU-TT8. 71, ISO/IEC 14495    | JPEG-LS   | 连续色调静止图像 | 医学、遥感图像资料的无损/近似无损压缩                   |
| ISO/IEC 15444                 | JPEG2000  | 连续色调静止图像 | 各种图形、图像 (含计算机生成的)                     |
| ITU-T G. 723, G. 728 和 G. 729 |           | 语音       | 数字通信和电话录音等                            |
| ITU-T H. 261 建议 P × 64        | H. 261    | 活动图像     | ISDN 上的会议电视/可视电话                      |
| ITU-T H. 263                  | H. 263    | 活动图像     | PSIN 上的会议电视/可视电话                      |
| ITU-T H. 264                  | H. 264    | 运动图像     | 视频实时通信、数字广播电视、视频存储                    |
| ISO/IEC 11172                 | MPEG-1    | 活动图像及伴音  | VCD、DAB、多媒体、VOD 等                     |
| ITU-TH. 262                   | MPEG-2 视频 | 高质量活动图像  | SVCD/DVD、VOD/MOD、多媒体视频游戏、DVB、DTV/HDTV |
| ISO/IEC 13818-2               |           |          |                                       |
| ISO/IEC 13818-3               | MPEG-2 音频 | 高质量多声道声音 | DAT、DCC、DAB 等及数字视频伴音                  |
| ISO/IEC 14496                 | MPEG-4    | 多媒体音像数据  | www 上的视频、音频扩展                         |
| ISO/IEC 15938                 | MPEG-7    | 多媒体内容    | 索引和检索、选择和过滤、生物医学                      |
| ISO/IEC 21000                 | MPEG-21   | 多媒体框架元素  | 用户出版/发行内容的保护                          |

参 考 文 献

- 雷运发. 多媒体技术基础. 北京: 中国水利出版社, 2005
- [美] Salomon D. 数据压缩原理与应用. 北京: 电子工业出版社, 2003
- 沈兰荪, 卓力. 小波编码与网络视频传输. 北京: 科学出版社, 2005
- 贺雪景, 杨平. 多媒体技术毕业设计指导与案例分析. 北京: 清

- 华大学出版社, 2005
- 钟玉琢. 基于对象的多媒体数据压缩编码国际标准-MPEG4 及其校验模型. 科学出版社, 2000
- 胡晓峰, 吴玲达. 多媒体技术教程. 北京: 人民邮电出版社, 2002
- 雷国平, 周琨, 吉吟东. MPEG 标准发展和研究综述. 计算机工程, 2003

(上接第 23 页)

- Castellucia C, Montenegro G. Securing group management in IPv6 with cryptographically generated addresses. Computers and Communication, 2003
- Gaurav A, Rahl S, Jean W. Content distribution architecture using network layer anycast. IEEE, 2001
- Basturk E, et al. Using Network Layer anycast for Load Distribution in the Internet. Global Internet'98, 1998
- Park V, Macker J. Anycast Routing for Mobile Services[J]. In: Proc. Conference on Information Sciences and Systems (CISS)'99, Jan. 1999
- Young, Vaidya N. Anycasting and Geocasting in Mobile Ad-Hoc Networks, 2000
- Estrin D. Protocol Independent Multicast-Sparse Mode (PIM-

- SM); Protocol Specification. RFC 2362, June 1998
- Katabi D. The use of ip-anycast for building efficient multicast trees. GLlobecom'99, 1999
- Jia W, Pui-On au. Scalable multicast routing protocol using Anycast and hierarchical-trees[C]. In: Proceedings of the 27th Annual IEEE Conference on Local Computer Networks (LCN'02). 2002
- Jia W, Zhou W, Kaiser J. Efficient Algorithm for Mobile Multicast Using Anycast Group. February, 2001
- Zhang Rongmei, Hu Y C. Anycast in Locality Aware Peer-to-Peer Overlay Networks. (NGC'03), 2003
- Huitema C. An Anycast Prefix for 6to4 Relay Routers. IETF RFC 3068, June 2001