



下一代网络

路由技术

张海涛
王 鹰
陈 绮
蒋 亮

编著

NGN Routing



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



下一代网络路由技术

张海涛 王鹰 编著
陈 绮 蒋亮



机械工业出版社

IPv6 作为下一代互联网的核心协议,其巨大的地址容量和各种新特性能够满足互联网飞速发展的需求。随着 IPv6 协议族的成熟与发展,必然要求有与 IPv6 相关的路由协议。原来基于 IPv4 的路由协议,一部分需要进行相应的拓展;另一部分协议则重新进行了制定,成为了一个全新的路由协议。

根据 IPv6 的相关知识和路由协议的性质,本书可分为 4 个部分:第 1 部分为第 1~5 章,主要介绍下一代网络、IPv6 协议族、各种路由器及路由技术的基础知识,为读者的进一步阅读打好基础;第 2 部分为第 6~8 章,主要介绍针对 IPv6 的内部网关路由协议,包括 RIPng、OSPFv3 和 IS-ISv6;第 3 部分为第 9 章和第 10 章,主要介绍针对 IPv6 外部网关路由协议 BGP-4+;第 4 部分为路由的控制与应用,包括第 11~13 章,主要内容为实际网络设计与部署过程中的路由策略选择,不同 IPv6 网络环境中的路由协议选择和部署,以及 IPv4 向 IPv6 的各项过渡技术与实现等。

本书内容详尽,全面涵盖了下一代网络中的所有主要路由协议。同时,全书注重理论与实际应用的结合,既介绍路由协议的基本原理,也介绍在路由器上的实际操作。因此,本书既可作为高校计算机、通信、电子、信息等专业本科生、研究生学习 IPv6 路由技术原理和实施的教材或参考书,也可以作为网络行业从业人员的培训用书,同时也可作为通信运营商、通信设备生产厂家、互联网服务提供商及管理人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

下一代网络路由技术/张海涛等编著. —北京:机械工业出版社, 2006.1
ISBN 7-111-18012-7

I. 下... II. 张... III. 计算机网络-通信协议-路由选择 IV. TN915.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 144018 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:张俊红 版式设计:张世琴 责任校对:陈延翔

封面设计:马精明 责任印制:陶 湛

北京铭成印刷有限公司印刷

2006 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/16 · 21.25 印张 · 527 千字

0001—4000 册

定价:34.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

封面无防伪标均为盗版

前 言

自从计算机网络诞生以来到现在已经有几十年的历史了。在这几十年的发展过程中，它从最初简单的小规模网络逐步形成当前特大规模的因特网。而因特网的爆炸式发展，对网络的通信协议 IP 提出了新的挑战，并对基于 IP 的路由协议也提出更高的要求。为了满足网络发展形式的需要，产生了 IPv6 协议，并逐渐从研究领域向应用过渡，在一些国家和领域进行商业应用，取得了不错的效果。本书就是在这种形势下产生的，主要用于新形势下网络的路由选择。

本书的主要内容是关于 IPv6 协议下的路由选择，共分为 4 个部分：第 1 部分主要讲解 IPv6 的基本内容和路由器的工作原理等概念性问题，第 2 部分主要讲解同一 AS 内部的路由选择协议，第 3 部分讲解不同 AS 之间的路由选择协议，第 4 部分主要是对上面介绍的路由协议的应用。其中第 1 部分包括下一代网络的发展和 IPv6 的关系，IPv6 协议的基本内容，如邻居发现、各种报头；网络的概念和路由器的工作原理。第 2 部分包括各种域内路由选择协议，如 RIPng、IS-ISv6、OSPFv3，在对这几种路由协议进行讲解的时候，同时参照了 IPv4 下的协议，并比较了它们的区别：IPv6 下的路由协议也只是对 IPv4 下的协议进行改进，基本原理是一致的，但它们之间并不是包含关系，也就是说，IPv6 下的域内路由协议并不能在 IPv4 下应用。第 3 部分主要讲解域间路由选择协议，主要是 BGP4+，不仅介绍了 BGP4+ 的工作原理，并结合 BGP4+ 的各种属性，给出各种情况下的具体应用。第 4 部分主要是各种路由协议的应用和控制策略，首先介绍不同路由协议之间的控制策略，然后介绍 IPv4 向 IPv6 过渡技术，在过渡的情况下，如何应用各种路由协议；并在最后一章专门给出应用实例。

本书通过大量的图例来解释各种原理及其相应的应用，理论和实践相结合，力求做到图文并茂。在阅读本书以前，建议最好具有基本的网络知识，因为本书主要适用于从事网络工作的中高级读者；对于从事网络工作的初级人员，也有较好的入门功能。

本书主要由张海涛、王鹰、陈绮、蒋亮共同编写。在本书的编写过程中，得到许多同事和朋友的帮助，他们分别是苏雪华、刘小强、马文勃、彭红波、丘子隼、陈智强、江峰、赵纪凯、朱启东、张学静、赵云霞、马洪晓、郭健、蒋建新、徐素芳、徐培文、王琨鹏、杨从保、张爱华等，在此表示衷心感谢。

由于网络路由技术发展很快，加上时间仓促，书中难免存在不足，恳请广大读者批评指正。

作者

目 录

前言

第1章 下一代网络综述 1

- 1.1 概述 1
- 1.2 下一代网络特征 2
- 1.3 软交换技术 2
 - 1.3.1 下一代网络关键技术 2
 - 1.3.2 软交换技术概述 3
- 1.4 下一代网络相关协议 4
 - 1.4.1 BICC 协议 4
 - 1.4.2 SIP 4
 - 1.4.3 H.248/Megaco 协议 5
 - 1.4.4 SIGTRAN 协议 6
 - 1.4.5 H.323 协议 6

第2章 深入浅出 IPv6 8

- 2.1 IPv6 特点 8
- 2.2 IPv6 报文格式 9
- 2.3 IPv6 报头格式 10
- 2.4 IPv6 扩展报头 11
- 2.5 IPv6 编址 13
 - 2.5.1 IPv6 单播地址 14
 - 2.5.2 IPv6 多播地址 15
 - 2.5.3 IPv6 任播地址 16
- 2.6 ICMPv6 概述 17
 - 2.6.1 ICMPv6 消息格式 17
 - 2.6.2 ICMPv6 错误消息 17
 - 2.6.3 ICMPv6 信息消息 18
- 2.7 IPv6 邻居发现协议 18
 - 2.7.1 概述 18
 - 2.7.2 邻居发现选项 19

- 2.7.3 邻居发现报文 19

- 2.7.4 邻居发现基本过程 20

第3章 路由器基础 22

- 3.1 概述 22
 - 3.1.1 OSI 参考模型 22
 - 3.1.2 基本网络设备 22
- 3.2 什么是路由器 23
- 3.3 路由器的发展过程及趋势 24
- 3.4 路由器分类 24
 - 3.4.1 高端路由器和中低端路由器 24
 - 3.4.2 模块化路由器和非模块化路由器 25
 - 3.4.3 通用路由器和专用路由器 25
 - 3.4.4 骨干级路由器、企业级路由器和接入级路由器 25
 - 3.4.5 核心路由器和接入路由器 25
 - 3.4.6 线速路由器和非线速路由器 26
- 3.5 路由器主要参数 26
- 3.6 路由器工作原理 27

第4章 IPv6 路由原理 30

- 4.1 路由基础 30
- 4.2 路由算法 32
- 4.3 IPv6 路由 33
- 4.4 IPv6 路由器部署基础 34
 - 4.4.1 Cisco IOS 简介 34
 - 4.4.2 Juniper JUNOS 简介 36
 - 4.4.3 IPv6 路由器接口基础 36
 - 4.4.4 IPv6 路由器基本配置示例 38

第5章 PPPv6 协议	44	7.2.1 OSPF 数据包类型	68
5.1 PPP 概述	44	7.2.2 OSPF 系统要求	68
5.1.1 PPP 技术的产生	44	7.2.3 邻居关系发现、维护机制和邻接 选择与建立机制	69
5.1.2 PPP 应用环境	44	7.2.4 链路类型	69
5.1.3 PPP 特性	45	7.2.5 接口状态机制	69
5.2 PPP 工作原理	45	7.2.6 邻居状态机制	73
5.2.1 PPP 的组成	45	7.2.7 老化链路状态数据库	77
5.2.2 PPP 的工作过程与状态机	46	7.3 OSPFv3 对 OSPFv2 的更改	77
5.2.3 链路控制协议	47	7.3.1 协议处理以 per-link 运行, 而 不是以原有的 per-subnet 运行	78
5.2.4 PPP 认证	48	7.3.2 移除地址语义	78
5.2.5 多链路 PPP	48	7.3.3 泛洪范围增加	78
5.2.6 PPP 的压缩	49	7.3.4 在每个链路上明确支持多个 实例	78
5.3 PPP 对 IPv6 的支持	49	7.3.5 使用链路本地地址	79
5.3.1 发送 IPv6 数据包	49	7.3.6 认证更改	79
5.3.2 IPv6 PPP 网络控制协议	49	7.3.7 数据包格式更改	79
5.3.3 IPv6CP 配置选项	50	7.3.8 LSA 格式更改	80
5.3.4 PPP 链路无状态地址自动配置	52	7.3.9 处理未知 LSA 类型	81
第6章 RIPng 路由协议	53	7.3.10 残域支持	81
6.1 RIPv1 简介	53	7.3.11 通过路由器 ID 识别邻居	81
6.1.1 距离矢量路由协议	53	7.4 OSPFv3 协议数据结构	81
6.1.2 RIPv1 协议限制	54	7.4.1 区域数据结构	82
6.1.3 RIPv1 协议实现	55	7.4.2 接口数据结构	83
6.2 RIPv2 简介	57	7.4.3 邻居数据结构	83
6.2.1 RIPv2 协议扩展	57	7.5 OSPFv3 数据格式	84
6.2.2 RIPv1 和 RIPv2 的兼容性	58	7.5.1 OSPF 数据包封装	84
6.3 RIPng 概述	59	7.5.2 选项字段	85
6.3.1 RIPng 消息格式	60	7.5.3 OSPF 数据包报头	85
6.3.2 RIPng 下一跳实现	62	7.5.4 Hello 数据包	86
6.3.3 定时器	62	7.5.5 数据库描述数据包	87
6.3.4 输入处理	63	7.5.6 链路状态请求数据包	89
6.3.5 输出处理	64	7.5.7 链路状态更新数据包	89
6.3.6 水平分割	65	7.5.8 链路状态确认数据包	89
6.3.7 RIPv1、RIPv2 和 RIPng 的比较	65	7.6 协议数据包处理	91
6.4 RIPng 部署	66	7.6.1 发送协议数据包	91
第7章 OSPFv3 路由协议	67	7.6.2 接收协议数据包	93
7.1 OSPF 路由协议简介	67	7.7 OSPFv3 路由表结构	95
7.2 OSPFv3 与 OSPFv2 的相同点	68		

7.8 链路状态通告	96	8.2.2 IPv6 接口地址 TLV	135
7.8.1 LSA 报头	96	8.2.3 IPv6 NLPID	135
7.8.2 链路状态数据库	99	8.2.4 IS-ISv6 操作	136
7.8.3 生成 LSA	99	8.3 IS-IS 中的 IPv6 流量工程	137
7.8.4 路由器 LSA	100	8.4 OSPFv3 与 IS-ISv6 的比较	137
7.8.5 网络 LSA	102	8.5 IS-ISv6 部署	139
7.8.6 域间前缀 LSA	103		
7.8.7 域间路由器 LSA	105	第 9 章 BGP4 + 路由协议基本原理 ..	141
7.8.8 AS 外部 LSA	106	9.1 基本概念	142
7.8.9 链路 LSA	108	9.1.1 自治系统	142
7.8.10 域内前缀 LSA	109	9.1.2 对等体	143
7.9 泛洪	111	9.1.3 BGP4 + 选路原理	144
7.9.1 接收链路状态更新数据包	112	9.1.4 消息	144
7.9.2 判定较新的 LSA	113	9.2 BGP4 + 消息	145
7.9.3 将 LSA 加入数据库	113	9.2.1 消息头格式	145
7.9.4 泛洪过程的下一步操作	113	9.2.2 OPEN 消息格式	146
7.9.5 接收自生成的 LSA	115	9.2.3 UPDATE 消息格式	147
7.9.6 发送链路状态确认数据包	115	9.2.4 KEEPALIVE 消息格式	151
7.9.7 重传 LSA	116	9.2.5 NOTIFICATION 消息格式	151
7.9.8 接收链路状态确认数据包	116	9.3 BGP4 + 有限状态机	153
7.10 虚链路	116	9.3.1 BGP4 + 状态	153
7.11 路由表计算	118	9.3.2 BGP4 + 状态转换	156
7.11.1 计算对应区域的最短路径树 ..	118	9.4 路径属性	158
7.11.2 计算域间路由	121	9.4.1 路径属性分类	159
7.11.3 检查传输区域汇总 LSA	122	9.4.2 起点属性	160
7.11.4 计算 AS 外部路由	122	9.4.3 AS 路径属性	161
7.12 多接口对应单个链路	123	9.4.4 下一中继属性	164
7.13 OSPFv3 部署	124	9.4.5 多出口鉴别器属性	164
		9.4.6 本地优先属性	165
第 8 章 IS-ISv6 路由协议	126	9.4.7 自动聚合属性	165
8.1 概述	126	9.4.8 聚合者属性	166
8.1.1 分级路由体系	126	9.4.9 团体属性	167
8.1.2 IS-IS 地址结构	127	9.4.10 多协议可达 NLRI	168
8.1.3 协议数据包	128	9.4.11 多协议不可达 NLRI	170
8.1.4 IS-IS 协议处理过程	129	9.5 路由更新	170
8.1.5 路由计算	132	9.5.1 决策过程	172
8.1.6 IS-IS 对 IP 路由的支持	132	9.5.2 UPDATE 发送进程	174
8.2 I-ISIS 对 IPv6 的支持	134	9.5.3 路由选择标准	178
8.2.1 IPv6 可达性 TLV	135	9.5.4 产生 BGP 路由	178

9.6 错误处理	178	10.3.4 到多个提供者的多归路连接 ...	242
9.6.1 消息头错误处理	179	第 11 章 路由控制策略	247
9.6.2 OPEN 消息错误处理	179	11.1 路由重分布	247
9.6.3 UPDATE 消息错误处理	179	11.1.1 基本概念	247
9.6.4 NOTIFICATION 消息错误处理	180	11.1.2 案例研究	250
9.6.5 保持定时器溢出错误处理	180	11.2 地址聚合	258
9.6.6 有限状态机错误处理	180	11.2.1 基本概念	258
9.6.7 终止	181	11.2.2 案例研究	259
9.6.8 连接冲突检测	181	11.3 默认路由	261
9.7 IBGP4 + 和 IGP 的同步	181	11.4 路由过滤	262
9.7.1 IBGP4 + 闭合网	181	11.4.1 访问控制列表	262
9.7.2 AS 内部的同步	182	11.4.2 路由过滤器	267
9.8 路由反射器	183	11.5 路由图	269
9.8.1 概念	183	11.6 虚拟路由器冗余协议	271
9.8.2 路由反射器命名和操作规则	184	第 12 章 IPv6 过渡技术	274
9.8.3 稳定性设计	185	12.1 双栈技术	274
9.8.4 路由反射器特性	186	12.1.1 基本双栈技术	274
9.9 联盟	187	12.1.2 DSTM 原理	276
9.9.1 概念	187	12.2 隧道技术	278
9.9.2 设计与问题	188	12.2.1 手工隧道	279
9.10 路由衰减	189	12.2.2 自动隧道	279
第 10 章 BGP4 + 路由协议配置	192	12.2.3 IPv6 over IPv4 隧道	279
10.1 BGP4 + 基本配置	192	12.2.4 ISATAP	280
10.1.1 IBGP4 + 基本配置	192	12.2.5 6to4	281
10.1.2 EBGP4 + 基本配置	202	12.2.6 Teredo 隧道机制	282
10.1.3 IBGP4 + 与 EBGP4 + 混合配置	205	12.2.7 TB	283
10.2 BGP4 + 路径属性配置	209	12.2.8 6PE	284
10.2.1 本地优先属性	209	12.3 协议翻译	286
10.2.2 多出口鉴别器属性	211	12.3.1 SOCKS64	286
10.2.3 AS 路径属性	214	12.3.2 SIIT	286
10.2.4 下一中继属性	217	12.3.3 NAT-PT	287
10.2.5 团体属性	221	12.3.4 BIS	289
10.3 大规模可扩展 BGP4 + 的配置	224	12.3.5 TRT	290
10.3.1 联盟	224	12.3.6 ALG	290
10.3.2 路由反射器	231	12.4 路由协议在隧道中的应用	291
10.3.3 到单个提供者的多归路连接 ...	235	12.4.1 OSPFv3 在手工隧道中的应用 ...	291
		12.4.2 静态路由在 6to4 隧道中的	

应用	293	B.1 IPv6 基本连接配置命令	306
第 13 章 IPv6 路由部署实例	295	B.2 IPv6 静态路由配置命令	311
13.1 局域网中路由协议选择 与部署	295	B.3 基于策略的 IPv6 路由配置命令 ...	312
13.2 大型企业网中路由协议 选择与部署	298	B.4 RIPng 配置命令	312
13.2.1 网络需求	298	B.5 OSPFv3 配置命令	313
13.2.2 解决方案	298	B.6 IS-ISv6 配置命令	316
附录	300	B.7 BGP-4 + 配置命令	317
附录 A 相关 RFC 索引	300	附录 C Juniper JUNOS 软件 IPv6 配置声明	318
A.1 IPv6 RFC	300	C.1 IPv6 接口配置	318
A.2 RIP 路由协议 RFC	304	C.2 IPv6 路由策略配置	324
A.3 OSPF 路由协议 RFC	304	C.3 IPv6 协议无关路由属性配置	324
A.4 IS-IS 路由协议 RFC	305	C.4 邻居发现配置	327
A.5 BGP 路由协议 RFC	305	C.5 RIPng 配置	328
附录 B Cisco IOS 软件 IPv6 路由 命令	306	C.6 IS-ISv6 配置	329
		C.7 BGP-4 + 配置	330
		参考文献	331

第 1 章 下一代网络综述

1.1 概述

当前网络越来越不能满足网络技术与应用发展的需求。一方面,当前网络依然存在着带宽瓶颈,包括 BT(Bit Torrent,比特流,俗称“变态下载”)等更多新型网络应用的出现,使得网络带宽的消耗速度大大超出人们的预期,进而使得网络带宽成为目前阻碍网络发展的重要因素之一。另一方面,当前网络面临着地址瓶颈,即 IPv4 可以容纳的 4 294 967 296 个地址已经远远不能满足网络进一步发展的需求。此外,随着网络技术和网络应用的不断发展,其对于服务质量(QoS)、网络安全等多个方面也都提出了新的要求。

解决当今网络所面临的各種问题的根本方法,是将现有的网络发展演进为下一代网络(NGN)。NGN 是一个分组网络,它提供包括电信业务在内的多种业务,能够利用多种带宽和具有高 QoS 的传送技术,实现业务功能与底层传送技术的分离;它提供用户对不同业务提供商网络的自由接入,并支持通用移动性,实现用户对业务使用的一致性和统一性。

目前,NGN 的研究在世界各国非常活跃。NGN 的主要研究领域包括 NGN 的通用框架模型、NGN 的功能体系结构模型、端到端业务质量(QoS)、业务平台(API)、网络管理、网络安全、通用移动性、网络控制体系及协议、业务能力和业务体系结构、NGN 中业务与网间的互操作性和编号、命名与编址等。截至 2004 年 7 月的 SG13(第 13 专题组)末期会议,ITU SG13 专题组已经完成相应课题的研究,形成的 ITU(国际电信联盟)标准草案如表 1-1 所示。

表 1-1 ITU SG13 NGN 标准草案

名 称	内 容	名 称	内 容
Y.NGN-Overview	NGN 功能和特性概述	Y.NGN-MIG	NGN 演进
Y.NGN-GRM	NGN 通用参考模型	Y.NGN-CON	NGN 融合
Y.NGN-FRM	NGN 功能要求和体系架构	Y.e2eqos	演进至 NGN 的 IP 网络端到端 QoS 架构
Y.NGN-SRQ	NGN 业务要求		
Y.NGN-MOB	NGN 移动管理要求与架构	Y.123.qos	基于以太网的 IP 接入网络 QoS 架构
Y.NGN-MAN	可管理 IP 网络架构	Y.NGN-TERM	NGN 术语

ITU 在 2004 年 6 月的第 13 专题组会议上组建了新的 NGN 专题组(FGNGN)。FGNGN 主要是在 SG13 体系结构和业务需求等工作的基础上,重点对 NGN 领域的关键技术进行研究和标准制定,在体系结构、需求和移动、服务质量和性能、演进和互通、多业务提供商针对 NGN 业务的接口等多个方面继续完善和深入。

1.2 下一代网络特征

首先,下一代网络是一个高度融合的网络,这主要体现在技术融合、网络融合、业务融合和产业融合4个方面。在下一代网络中,电信技术、数据通信技术、移动通信技术、有线电视技术及计算机技术相互融合,出现了大量混合各种技术的产品,如支持语音的路由器产品、提供分组接口的交换机产品等。同时,在下一代网络中,原本相互独立的固定网络与移动网络、语音网络和数据网络开始融合,逐步形成一个统一的网络,这进而促进语音、数据、图像3种在传统意义上完全不同的业务模式的全面融合,在下一代网络上将会广泛应用VOD、VoIP、IP智能网、Web呼叫中心等语音、数据、视频相融合的业务。在下一代网络中网络融合和业务融合的基础上,产业融合成为必然的趋势,传统的电信业、移动通信业、有线电视业、数据通信业和信息服务业相互融合,电信运营商、设备制造商、服务和应用提供商、数据通信厂商、计算机厂商以及传统属于广播电视领域的影视部门等,都将开始相互融合。

其次,下一代网络是基于统一协议的分组网络,采用开放的网络构架体系。下一代网络的核心承载网采用高速包交换网络,可实现电信网、计算机网和有线电视网3网融合,同时支持语音、数据、视频等业务。同时,下一代网络具有独立的网络控制层,采用软交换技术将呼叫控制从媒体网关中分离出来,通过软件实现基本呼叫控制功能。在接入网方面,IP网采用开放的体系结构、统一的标准协议,任何接入网络只要是采用IP都可以和它互通互连。接入网可以是固定电话网、移动电话网、有线电视网、ADSL、LAN接入等,同时部件间协议接口的标准化可以实现各种异构网的互通。

然后,下一代网络是业务驱动的网络,其业务与呼叫控制分离、呼叫与承载分离。分离的目标是使业务真正独立于网络,灵活有效地实现业务的提供。用户可以自行配置和定义自己的业务特征,不必关心承载业务的网络形式以及终端类型,这使得业务和应用的提供有较大的灵活性。

此外,下一代网络还具有开放、高效、多用户、多媒体、资源共享、低成本等一系列的特点。

总而言之,下一代网络是一个高速宽带的网络,是能综合实时业务、非实时业务、宽带业务、窄带业务的网络,特别是能满足即将崛起的多媒体业务的发展需求的网络。

1.3 软交换技术

1.3.1 下一代网络关键技术

下一代网络的发展需要一系列关键技术,其中包括IPv6、光纤高速传输、光交换与智能光网、宽带接入、城域网、软交换、3G(第3代)和后3G移动通信系统、IP终端、网络安全等。

IPv6将是下一代网络的基础,第2章中将对IPv6进行详细介绍。

光纤高速传输技术能够满足NGN对更高速率、更大容量的网络传输的要求,并且通过

光交换和智能光网技术,可以使 NGN 具有更加灵活、更加有效的光传送网,NGN 组网技术现正向着全光交换网状网络的方向发展。

NGN 的发展需要宽带接入技术的支持,只有这样才能开展各种宽带服务与应用,从而真正发挥网络容量的潜力,目前主要使用的宽带接入技术有 VDSL、FTTH、FSO 和 WLAN 等。

3G 定位于多媒体 IP 业务,传输容量更大,灵活性更高,并将引入新的商业模式,目前正处在走向大规模商用的关键时刻。

网络应用的发展需要相应终端的支持,随着政府上网、企业上网、个人上网、汽车上网、设备上网、家电上网等的普及,必须开发相应的 IP 终端来与之适配,这也使得 IP 终端的研发成为 NGN 发展的关键内容之一。

此外,由于 NGN 的本质要求,在 NGN 中对网络安全的要求提到了一个新的高度,除了常用的防火墙、代理服务器、安全过滤、用户证书、授权、访问控制、数据加密、安全审计和故障恢复等安全技术外,今后还要采取更多的措施来加强网络的安全。

1.3.2 软交换技术概述

在下一代网络的一系列关键技术之中,软交换是其中的核心。

软交换是下一代网络的控制功能实体,为下一代网络提供具有实时性要求的业务呼叫控制和连接控制功能,是下一代网络呼叫与控制的核心。软交换技术的核心思想是硬件软件化,通过软件来实现原来交换机的控制、接续和业务处理等功能,各实体间通过标准化协议进行连接和通信,便于在 NGN 中更快地实现各类复杂的协议,更方便地提供业务。软交换设备位于控制层,是多种逻辑功能实体的集合,提供综合业务的呼叫控制、连接以及部分业务功能,是 NGN 中语音/数据/视频业务呼叫、控制、业务提供的核心设备。

目前软交换主要完成以下功能:

- 1) 提供支持多种信令协议(包括 H.248、H.323、SIP、SCTP、ISUP+、INAP+、RADIUS、SNMP 等)的接口,实现 PSTN 和 IP/ATM 网间的信令互通和不同网关之间的互通。
- 2) 从当前应用的角度来看,软交换首先应能支持语音业务,其次是提供各种增值业务和补充业务。
- 3) 提供可编程的、逻辑化控制的、开放的 API 协议,实现与外部应用平台的互通。
- 4) 提供关口功能,包括接入认证、地址解析和带宽管理等功能,并具有计费功能。
- 5) 软交换的竞争力主要在软件上,它既可以作为独立的 NGN 的网络部件分布在网络的各处,为所有媒体提供基本业务和补充业务,也可以与其他的增强业务节点结合,形成新的产品形态。
- 6) 在电路交换网上,软交换和媒体网关及信令网关结合,完成控制转换和媒体接入转换,可作为汇接局和长途局的接入,提供现有的 PSTN 中的基本业务和补充业务。
- 7) 在电路/分组网上,软交换可与分组终端进行互通,实现分组网与电路交换网的互通。
- 8) 在智能网上,软交换与媒体网关结合完成 SSP 功能,与智能网的 SCP 结合提供各种智能业务。

此外,软交换还提供了媒体网关接入、呼叫控制、业务提供、认证与授权、计费、资源控制和 QoS 管理、协议和接口等功能。

1.4 下一代网络相关协议

NGN 的目标是建设一个能够提供语音、数据、多媒体等多种业务的，集通信、信息、电子商务、娱乐于一体，满足自由通信的分组融合网络。为了实现这一目标，IETF（因特网工程任务组）、ITU-T 制定并完善了一系列标准协议，其中包括 BICC、SIP、H.248/Megaco、SIGTRAN 和 H.323 等。NGN 的协议体系结构如图 1-1 所示。

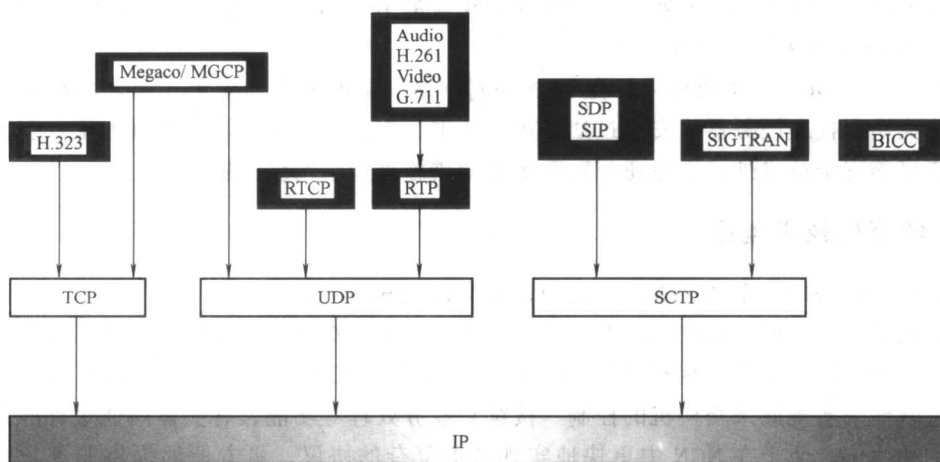


图 1-1 NGN 协议体系结构

1.4.1 BICC 协议

BICC 协议 (Bearer Independent Call Control Protocol, 与承载无关的呼叫控制协议) 是由 ISUP 演进而来的, 由 ITU-SG11 小组完成标准化。BICC 协议面向电话业务的应用, 能够为在 NGN 中实施传统电话网的业务提供很好的透明性。

BICC 协议保证了现在的网络从普通的公众交换系统向下一代以服务器为基础的网络的过渡, 利用先进的网络设计技术, 建立起以服务器、代理和媒体网关为主的网络体系结构。BICC 协议支持所有的业务, 包括现在的电路交换、ATM、IP 以及第 3 代无线通信, 甚至可无限地引入各种未来新兴的多媒体、多模式的业务和应用。BICC 协议的完成是具有历史意义的一步, 它使网络运营商可以将现在的电路 (TDM) 交换网平滑无缝地过渡到大容量宽带多媒体网。

从总体上来说, BICC 协议的确立是向综合多业务平台演进的重要一步。

1.4.2 SIP

SIP (Session Initiation Protocol, 会话初始协议) 是由 IETF 提出的 IP 电话信令协议, 是一个应用层控制协议, 与 H.323 协议并列。基于 SIP 标准, 整合了传统的语音及增值服务, 并提供最新的即时通信服务以及 IP 网络上的视频服务, 并且可以为其他更多的增值应用服务商提供一个标准的具有高扩展性的平台。

SIP 的设计思想与 H.323 完全不同，它完全采用因特网的分布式的体系结构，具有高度的灵活性和可扩展性，并具有大型电信服务所需要的高可靠性和容错性，可支持百万级及千万级的用户量。同时，SIP 是一种轻量级协议，可以轻松定义并迅速实现新功能，并可以简单地嵌入廉价终端用户设备，例如无线电话、置顶分线盒、以太网电话等。

SIP 可用来创建、修改或终止多个参与者参加的多媒体会话进程，如互联网电话呼叫。SIP 能够邀请参与者进入现有的会话，如组播会议。现有会话中可以添加或删除一定的媒体。SIP 同时通过代理和重定向请求到用户当前位置来支持用户移动性。不管用户的网络位置如何，用户都能维持单一可视标识符。SIP 支持创建和终止多媒体通信的 5 个方面包括：

- 1) 用户定位，即决定用于通信的终端系统位置；
- 2) 用户可用性，即决定参与通信的呼叫部分自发性；
- 3) 用户能力，即决定媒体和媒体参数；
- 4) 呼叫建立，即建立呼叫和被呼叫方的呼叫参数；
- 5) 呼叫管理，即包括传输和呼叫终止、修改呼叫参数和调用服务程序。

此外，SIP 还可以结合其他 IETF 协议，如 RTP、RTSP、Megaco、PSTN、SDP 等，来建立完善的多媒体结构。

SIP 通过 E-mail 形式的地址来标明用户地址，并且采用因特网的客户机服务器工作方式，主要包括两类组件：用户代理(User Agent)和网络服务器(Network Server)。其中，用户代理包括用户代理客户机(UAC)和用户代理服务器(UAS)，用户代理客户机用于发起呼叫，用户代理服务器用于响应呼叫。用户代理客户机和用户代理服务器构成用户端必备的应用程序，由它完成呼叫的发起和接收。网络服务器主要为用户提供注册、认证、鉴权、路由等服务，有 3 种服务器形式存在于网络中，即 SIP 代理服务器(Proxy Server)、SIP 重定向服务器(Redirect Server)和 SIP 注册服务器(Register Server)。

SIP 是一个分层结构的协议，如图 1-2 所示。

SIP 信息是基于文本的信息，可以在 TCP 上传输，也可以在 UDP 上传输。SIP 消息由一个起始行(Start-Line)、一个或多个字段(Field)组层的消息头、一个标志消息头结束的空行(CRLF)以及作为可选项的消息体(Message Body)组成。其中描述消息体的头称为实体头(Entity Header)。SIP 消息分为两类，从客户机发到服务器的请求(Request)消息和从服务器发到客户机的响应(Response)消息。

事务用户(TU)层
事务层
传输层
语法和编码层

图 1-2 SIP 分层

SIP 使用 3 位整数的状态码(Status Code)和原因短语(Reason Phrase)来表示对请求作出的回答。状态码用于机器识别操作；原因短语是对状态码的简单文字描述，用于人工识别操作。

1.4.3 H.248/Megaco 协议

H.248 协议，也称为 Megaco (Media Gataway Control,媒体网关控制)协议，是软交换设备或媒体网关控制器(MGC)与媒体网关(MG)之间的一种媒体网关控制协议，其中 MGC 负责呼叫控制，MG 负责资源管理和媒体处理。

H.248 协议是 ITU-T 与 IETF 的一项合作结果。H.248 在 MGCP 的基础上，结合其他媒体网关控制协议特点，提供了控制媒体的建立、修改和释放机制，同时也可携带某些随路呼叫

信令，支持传统网络终端的呼叫。H.248 协议使语音、传真和多媒体信号在公共电话交换网与新兴 IP 网络之间进行交换成为可能，在构建开放和多网融合的 NGN 中发挥重要作用。

H.248/Megaco 协议的两个重要组成部分为终端(Termination)和上下文(Context)。终端是 MG 逻辑实体，能够发送和/或接收一种或多种媒体，如模拟用户接入网关中的电话线、中继网关中的中继电路，一个终端在任一时刻属于且只能属于一个上下文。上下文指一些终端之间的联系，是描述终端间拓扑关系和媒体混合/交换的参数，可通过 Add 命令进行创建，通过 Subtract、Move 命令进行删除。

所有 H.248/Megaco 协议信息采用 ASN.1 文本信息格式。H.248/Megaco 协议通过一系列命令控制终端(Termination)、上下文(Context)、事件(Event)以及信号(Signal)等。H.248/Megaco 协议包含 8 条命令：Add、Subtract、Move、Modify、Audit Value、Audit Capabilities、Notify、Service Change，各种命令通过其携带的参数实现各种业务。

1.4.4 SIGTRAN 协议

SIGTRAN (Signaling Transport,信令传输)工作组是 IETF 的一个工作组，其任务是建立一套在 IP 网络上传送基于数据包的 PSTN 信令的协议，并重视 PSTN 信令的功能和性能要求。IP 网络为了与 PSTN 交互工作，需要传输类似 Q.931 的信令，或者在类似信令网关和媒体网关控制器或媒体网关的 IP 节点之间传送 SS7 ISUP 消息，例如在信令网关和媒体网关或媒体网关控制器之间传送信令、从媒体网关传送信令至媒体网关控制器、在信令网关和其他 IP 节点之间传送 TCAP。相关应用包括因特网拨号远程接入、与 PSTN 相互作用的 IP 电话、以及其他指定的服务。

1.4.5 H.323 协议

H.323 协议是由 ITU-T 第 16 专题组提出的，并于 2003 年通过了其第 5 版 H.323v5。H.323 标准为 LAN (局域网)、WAN (广域网)、互联网上的多媒体通信应用提供了技术基础和保障。目前，H.323 协议在 IP 电话领域得到了广泛的应用。

H.323 协议是一个框架性协议，由一系列协议组成，H.323 协议的架构如图 1-3 所示。

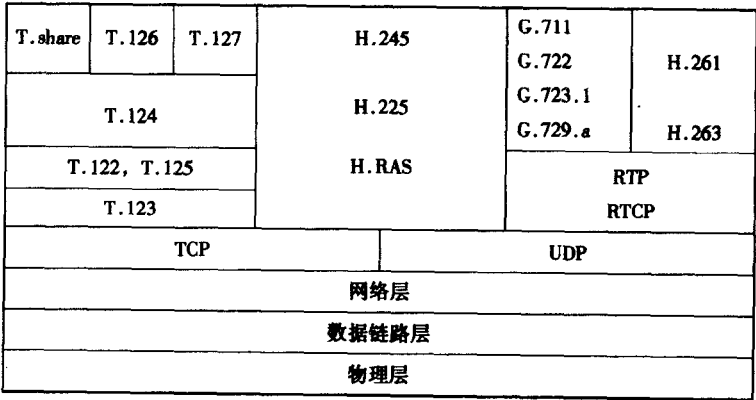


图 1-3 H.323 协议架构

在 H.323 协议栈中, H.225.0、H.225.0/HRAS 和 H.245 负责呼叫控制和信令, G.711、G.722、G.723.1、G.728 和 G.729 用于音频处理, H.261 和 H.263 用于视频处理。此外, H.323 协议栈中还包括关于终点间数据传输的协议组 T.120, 其主要负责数据会议的相关内容。

H.323 使用实时传输协议(RTP)进行媒体传输, 并提供了 RTP 控制协议(RTCP)。

H.323 中的有关安全方面的主要标准是 H.235, 其主要为基于 H.323、H.225.0、H.245 以及 H.460 的体系提供安全程序。H.235 可以应用于任何终端点对点会议和多点会议。

H.450 系列建议规定了基于 H.323 的补充业务, 这些补充业务是对 H.323 中语音基本业务的补充和功能的加强。

从整体上来说, H.323 是一个框架性建设, 涉及到终端设备、视频、音频和数据传输、通信控制、网络接口等多个方面的内容, 同时, H.323 还包括了 H.323 终端与其他终端之间的、通过不同网络的、端到端的连接。H.323 为基于网络的通信系统定义了 4 个主要的组件, 即终端(Terminal)、网关(Gateway)、关守(Gatekeeper)和多点控制单元(MCU)。

H.323 的核心优点在于其成熟性, 但是 H.323 升级和扩展性不是很好, 已经不能满足下一代网络发展的需要。随着技术的发展, SIP + H.248/Megaco 可以取代 H.323, 而 SIGTRAN 用于解决 IP 网络承载 7 号信令的问题, 同时 BICC 使得 ISUP(综合信令用户部分)可以在不同承载网络上传送。因此, 在下一代网络中, SIP 所占的比例将会逐渐上升, 逐渐成市场的主流, 而 H.323 的市场规模将会逐渐下降, SIP 终将替代 H.323。

第2章 深入浅出 IPv6

2.1 IPv6 特点

IPv6 不是 IPv4 的简单演进,而是有实质性的改进。从 IPv4 到 IPv6 的主要变化,即 IPv6 的特点主要体现在以下几个方面:

(1) 新的协议报头格式 IPv6 协议报头采用了一种新的格式,其在 IPv4 协议报头的基础上进行了简化,以最大程度地减少处理器开销,并节省网络带宽。对于非根本性和可选择的字段,IPv6 协议将它们移动到了 IPv6 协议报头之后的扩展报头(Extension Header)中。IPv6 的协议报头由一个基本报头和多个扩展报头组成,其中基本报头具有固定长度 40 字节,放置所有路由器需要的信息。因此,网络中的中间路由器在处理这种简化的 IPv6 协议报头时,速度更快,而且效率更高。由于 IPv6 采用了新的协议报头格式,因此 IPv4 报头和 IPv6 报头不具有互操作性,IPv6 并不向下兼容 IPv4。

(2) 改进的扩展和选项支持 对于 IPv4,其选项集成于 IPv4 报头中;而对于 IPv6,这些选项被作为扩展报头来处理。扩展报头是可选项,如果需要,则可以插入到 IPv6 报头和实际数据之间。通过这种方式,IPv6 数据报的生成变得更加灵活且高效,而且将来需要定义新的选项时也更容易进行集成。

(3) 巨大的地址空间 IPv6 相对于 IPv4 的最突出的优势就是巨大的地址空间。IPv6 的源地址和目标地址都是 16 字节(128 位)的,这样巨大的地址空间,“可以使地球上的每一个沙砾都有一个 IPv6 地址”,可以完全满足人们对 IP 地址的需求。同时,由于有了绝对充足的可用地址,目前网络中的许多节约地址技术,例如 NAT(网络地址转换)技术将不再需要。

(4) 全新的地址管理方案 在 IPv6 中,公共地址前缀被分配给地区的因特网注册机构,这些机构又根据正当的需求将地址前缀分配给不同的 ISP(因特网服务提供商)或者组织。这种新的地址分配管理方案使得地址在全球的分配是基于地区的连接需求,这将使得基于 IPv6 的因特网成为一个真正的全球资源。

(5) 有效的、分级的寻址和路由结构 IPv6 采用了层次化的地址结构。尽管 IPv6 的地址总数大约有 3.4×10^{38} 个,平均到地球表面每平方米将获得 6.5×10^{23} 个地址,但是 IPv6 在设计上允许使用层次化的地址结构,使用多级的子网划分和地址分配,从而创建一个高效的、分层次的、可以有效收敛的路由结构。这种路由结构是基于当前存在的多极 ISP 体系而设计的。因而,在采用 IPv6 的互联网中,骨干路由器将具有更小的路由表,从而具有更高的转发速度。

(6) 内置的安全特性 IPv4 只是作为简单的网络通信协议,因而其中没有包含安全特性。但是随着网络的不断发展,互联网应用的普及使解决安全问题日益紧迫,在报文传输过程中修改、窃取报文,对报文中数据的有效性构成了威胁。IPv6 在协议设计之初,就充分考虑到了安全问题,支持 IPSec。IPSec 由两种 IPv6 扩展报头,即验证报头(Authentication Head,